

---

## 3. Leven op aarde

*Ontstaan van leven en mens*



## *0. Inleiding*

### *1. Nut van een persoonlijk wereldbeeld*

### *2. De aarde in de kosmos*

### *3. Leven op aarde*

Overzicht .....	2
Alles draait om natuurlijke selectie .....	2
Leven ontstaat, ontdebelt en evolueert .....	3
Leven ontstaat onvermijdelijk op aarde .....	5
Cellen worden biomassa.....	9
Complexiteit van leven neemt toe .....	14
Case "Het gat in de Ozon" - Deel2: De reacties .....	29
Mens is een voorlopig hoogtepunt .....	31
Alles in één verhaal.....	40
<i>Naar je werkboek</i> .....	42

### *4. Kennis en organiseren*

### *5. State of the world*

### *6. Ken Jezelf*

### *7. Je werkboek*

## Overzicht

Warmte van zon en aardkern houden materie in beweging in kringlopen. Door het continu herschikken van atomen ontstonden over kosmische tijdsperiodes moleculen, cellen en steeds complexere organismes. Dit hoofdstuk is het verhaal van hoe op aarde onvermijdelijk leven ontstond en door een proces van "natuurlijke selectie" - zonder vooropgezet doel - evolueerde tot o.a. de mens met een huidige vorm van intelligentie. Inzicht in deze processen doet je nadenken over hoe we met acht miljard en straks met bijna 10 miljard mensen kunnen en willen samenleven in dit ruimteschip.

---

*"De kosmos zit in ons. We zijn gemaakt van sterrenstof. We zijn een manier voor het universum om zichzelf te kennen."*

*Carl Sagan<sup>1</sup>*

---

## Alles draait om natuurlijke selectie

In het vorige hoofdstuk ging het over de kosmos. De zwaartekracht drukt waterstof atomen samen tot helium en vormt sterren. Die ontploffen uiteindelijk en worden tot zwarte gaten samengedrukt. In die cycli ontstaan steeds complexere atomen. In de Melkweg, één van de miljarden sterrenstelsels, cirkelt de aarde in de schaduw van één van de miljarden sterren, de zon. De straling van de zon, een veld van toenemende entropie, en warmte van binnenuit de aarde zorgen er samen voor dat de aarde bedekt is met een enorm aantal in elkaar grijpende kringlopen van materie, water en lucht.

*Dit hoofdstuk is het verhaal van hoe de biosfeer ontstond naast de geo-, aqua- en aero-sfeer. Was dit toeval of onvermijdelijk? Diende dit een doel? Zijn de basiswetten in de biosfeer dezelfde als voor de andere sferen?*

Net zoals in het vorig deel over kosmos en materie zijn er in 't verhaal over leven twee manieren om naar het ontstaan ervan te kijken: van buiten af en van binnen uit. We kunnen om ons heen kijken en, in navolging van Charles Darwin (1809 - 1882), bedenken dat de ene vorm van leven uit een vorige volgt mits dit beter aangepast is aan de omgeving. De wet van "de natuurlijke selectie". We kunnen ook binnen in de materie kijken hoe leven ontstaat uit levenloze elementaire atomaire bouwstenen uit de kosmos. "Cellulair Darwinisme", de kwantummechanische tegenhanger van Darwins observaties.

In de huidige stand van de wetenschap zijn nog niet alle stappen van het ontstaan van het leven in even groot detail ingevuld. Biologie en natuurkunde bieden ondertussen wel voldoende theoretische én proefondervindelijke inzichten om aan te geven hoe het leven stap voor stap

---

<sup>1</sup> Carl Edward Sagan was een Amerikaanse astronoom, planetaire wetenschapper, kosmoloog, astrofysicus, astro-bioloog, auteur en wetenschap communicator.

moest ontstaan uit bouwstenen en kringloopprocessen die de kosmos aan de aarde meegeeft. Alles gebeurde en blijft nog steeds gebeuren binnen de bestaande wetten van “natuurlijke selectie” van biologie en thermodynamica van de natuurkunde.

**Door wetenschappelijk inzicht in het leven op aarde begrijpen we de existentiële bedreigingen van vandaag beter, wat aanzet tot meer respect voor alle leven.**

## *Leven ontstaat, ontdebelt en evolueert*

De aarde ontstond 4.300 miljoen jaar geleden (Mya<sup>2</sup>) uit ruimtestof en puin dat rond de jonge zon cirkelde, botste en samenklonterde. De aarde was één grote puinhoop van sterrenstof met actieve lagen die gassen en lava braakten en samen met water en waterdamp vastgehouden werden in een atmosfeer met koude randen. Die kolkende ketel creëerde energetische condities voor het ontstaan van veel levensvormen in verschillende stappen gespreid over miljarden jaren<sup>3</sup>.

*Dat allemaal terwijl de triatleet de marathon loopt.*

### *Stap 1: Cellen ontstaan*

Charles Darwin maakte tussen 1831 en 1836 zijn wereldreis aan boord van de HMS Beagle en formuleerde in 1859 op basis van zijn observaties één van de kernwetten uit de wetenschap: de wet van “natuurlijke selectie”<sup>1</sup>.

Voor Darwin is de natuur heel overvloedig in alles wat die voortbrengt. Planten en dieren maken uitbundig veel potentiële opvolgers. In die opvolgers komen soms voor één van de vele eigenschappen nieuwe varianten voor. We weten nu dat dit komt door kopieerfouten in het DNA, maar dat wist Charles Darwin toen niet. Door deze variaties reageert een plant of dier net iets anders tegenover predators en in de strijd voor schaarse hulpbronnen als water, licht, voedsel en energie. Daardoor veranderen de overlevingskansen. Het is de natuur waarin de plant of het dier leeft die een variant laat overleven of niet. We spreken van “natuurlijke selectie”. Als die variant zich vaak genoeg kopieert, blijft de variatie in het DNA verankerd en wordt die variatie het nieuw erfelijk kenmerk. Bij evolutie zijn variaties, functioneren in de omgeving en héél veel tijd belangrijk. Bij eenvoudige levensvormen die snel voortplanten kan die tijd relatief kort zijn. Zo veranderen kenmerken bij ééndagsvliegen of virussen bijvoorbeeld in uren of dagen. Natuurlijke selectie is bij uitstek een toevalgebeuren, net als kwantummechanica.

---

<sup>2</sup> Mya: Million years ago

<sup>3</sup> Net zoals in vorig deel wordt bij bepaalde tijdsaanduidingen voor de aarde gerefereerd naar de analogie van de Iron Man Marathon (IM/M) waar de looptijd van een amateur triatleet 4u20 bedraagt, zo staat elk uur voor de kosmische tijd van 1.000 miljoen jaar

---

*“Het zijn niet de sterkste van een soort die overleven en ook niet de intelligentste.  
Het zijn degene die zich het best op veranderingen aanpassen.”*

*Charles Darwin*

---

Henri Spencer (1820 - 1903) beschreef dit proces in zijn boek “The Principles of Biology” uit 1864 als *“The survival of the fittest”*<sup>4</sup>. Darwin gebruikte deze omschrijving als synoniem voor “natuurlijke selectie”.

Door terug te redeneren is het leven volgens deze wet ooit ontstaan door de vorming van eenvoudige organismen zoals we die vandaag nog terugvinden in korstmossen op de hoogste bergtoppen, aan de randen van vulkanen, in oceanen of als het eerste terugkerend leven na natuurrampen als bosbranden of vulkaanuitbarstingen. Het biologische equivalent van hoe G. Lemaître uit de relativiteitstheorie van A. Einstein afleidde dat het heelal ooit een begin had.

### *Stap 2: Cellen delen*

Cellen delen om eigenschappen van het leven door te geven.

Alexander Oparin (1894 - 1980) beschreef in 1924 voor het eerst een mechanisme waarbij cellen druppels vormen, insnoeren en opsplitsen om zich tot dochtercellen van het origineel te kopiëren.

In een onderzoek dat startte in 2007 simuleerden fysici aan het Max Planck Institute in Dresden in 2017 het ganse proces van opdelen van complexe chemische moleculen<sup>ii</sup>. Hun computermodel toont aan dat proteïnes van dierlijke cellen in een permanente vorm van onevenwicht statistisch vaak overgaan tot spontane celdeling. Volgens deze fysici is de energietoevoer van de zon de bron van het permanent onevenwicht die voor celdeling zorgt. Het theoretische model wordt verder onderzocht om het ook in een labo-omgeving te realiseren.

### *Stap 3: Cellen evolueren*

Ontstaan (stap 1) en delen (stap 2) van cellen is de basis voor evolutie. Dit houdt in dat er een mechanisme bestaat dat codeert hoe atomen geordend worden tot eiwitten, moleculen en uiteindelijk tot cellen. RNA is de meest elementaire vorm om te coderen in welke orde atomen in complexe moleculen en cellen geschikt worden. Voor complexere cellen evolueerde RNA tot de DNA dubbele helix structuur. Daarbij zijn histonen-eiwitten van groot belang omdat ze DNA laat opkrullen waardoor het beter beschermd is. Zo'n DNA dubbele helix streng in een

---

<sup>4</sup> “De meest geschikte overleeft”

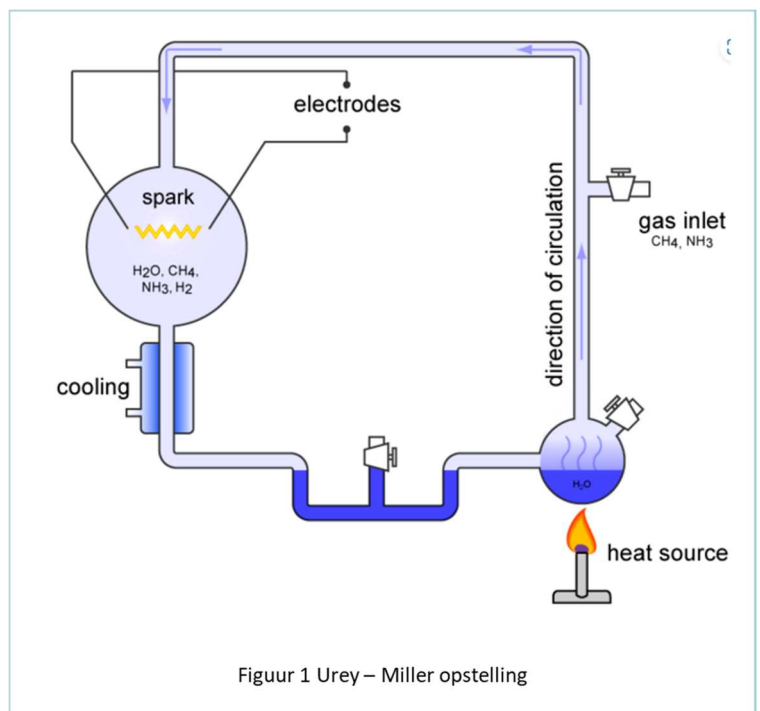
menselijke cel is twee meter lang. Elke cel bevat er één<sup>iii</sup>. Dat brengt de totale lengte aan DNA strengen bij een mens op  $2,0 \times 10^{13}$  meter of 68,8 keer naar de zon en terug!

**De stappen van ontstaan, delen en evolueren van cellen zijn essentieel in het schikken van levenloze atomen afkomstig uit de ruimte tot complexe structuren als moleculen en plantaardige en dierlijke cellen die “leven”. Cellen maken en laten opdelen ligt helemaal in lijn met de natuurwetten en natuurlijke selectie doet de rest, mits heel veel tijd.**

## *Leven ontstaat onvermijdelijk op aarde*

### *Oersoep*

Dat de basisbouwstoffen voor leven aanwezig zijn in de oer-condities op aarde werd in 1952 voor het eerst aangetoond door Harold Urey (1893 - 1981) en Stanley Miller (1930 - 2007) in een labo experiment<sup>iv</sup>. In deze abiogenese<sup>v</sup> proefopstelling simuleren de wetenschappers de “Vroege Aarde” van 4.000 tot 3.800 Mya met een atmosfeer van methaan, ammoniak, waterstof, elektrische ontladingen - die voor bliksem staan - en permanent opgewarmd water. Na één week ontstonden al concentraties aminozuren die de basis vormen voor proteïnes en essentieel zijn voor levende cellen.



<https://www.mira.be/artikels/het-experiment-van-miller-urey-ook-nu-nog-actueel>

**Het experiment is ondertussen meerdere malen overgedaan en telkens wordt het “spontaan” ontstaan van de basisbouwstoffen voor leven onder de omstandigheden van onze vroege aarde bevestigd. Nu wordt eraan getwijfeld of dit mengsel een juiste voorstelling is van de jonge aarde op dat moment.<sup>v</sup> Het experiment zette de wetenschap aan op zoek te gaan naar de oorsprong van het leven.**

*De triatleet ziet tussen 18 en 30 min of tussen of 2,9 en 4,87 km van de Iron Man / Marathon (IM/M) eerste sporen van leven ontstaan op aarde.*

<sup>5</sup> Abiogenese is de natuurwetenschappelijke verklaring voor de oorsprong van het leven, m.a.w. zonder bovennatuurlijke of metafysische inbreng

Volgens de wet van natuurlijke selectie ontstonden vanaf dan varianten. De meerderheid aan varianten stierf gewoon af, maar enkele waren meer aangepast voor hun lokale omgeving, bijv. in een andere poel, bij een andere temperatuur aan het wateroppervlak enz. Ze kopieerden steeds sneller en efficiënter zodat er uit ééncellig dan méércellig leven ontstond. Rond 550 Mya groeiden uiteindelijk de eerste vormen van planten en gewervelde dieren op aarde en creëerden zo de omgeving voor dierlijk leven<sup>vi</sup>.

*Het was dus wachten tot 3u54 of 38 km ver in de IM/M, of dus ongeveer 34 min of 5.600 meter vóór het einde van de totale Iron Man triatlon om de eerste planten en dieren te zien op onze aarde.*

### *Spontane kristalvorming*

In wat volgt wordt iets meer speculatief onderzoek behandeld dat daarom af en toe nog gecontesteerd wordt. Deze manier van denken raakt aan de fundamentele vraag hoe leven ontstond. Enerzijds puur materieel of fysiologisch? Anderzijds geschapen of op zijn minst bedacht en gestuurd door een "hogere instantie"? De argwaan uit de tijd van Darwin tegenover puur wetenschappelijk denken over het ontstaan van het leven is nog niet volledig geweken. In de echokamers van het internet wordt die benadering zelfs steeds vaker bestreden.

Alles begint bij de observatie dat levende cellen bestaan uit dezelfde levenloze atomen als gewone materie. Elk individueel atoom is "dood", er bestaan geen specifieke atomen die "leven" bevatten. Atomen beschikken over energie in de kern en tussen de kern en de elektronen op hun banen. Door "levenloze" atomen op een specifieke manier te schikken, ontstaan structuren die "leven". Daarom is het interessant te begrijpen dat deze schikkingen tot stand komen volgens elementaire natuurwetten uit de thermodynamica die de materie beheersen.

"Cellulair Darwinisme" gebruikt de tweede wet van de thermodynamica, nl. dat energie transformeert in een andere vorm van energie en dat daarbij de entropie toeneemt. D.w.z. de kwaliteit van de restenergie neemt af met toenemende entropie. Op aarde zorgen zon en vulkanen voor een continue toevoer van energie en creëren zo een permanent onevenwicht tussen de geo-, aqua- en aerosferen. Recent onderzoek over kristalvorming geeft aan dat deze unieke situatie van energietoevoer rond 3.100 Mya orde creëerde tussen atomen en de eerste kristallen vormde.

*De triatleet is dan 1u12 min of 11,7 km ver in de Iron Man marathon.*



Figuur 2: Rayleigh-Bénard Cellen

Het fenomeen van kristalvorming werd voor 't eerst gesimuleerd door John William Strutt (Lord Rayleigh, 1842 – 1919) en Henri-Claude Bénard (1874-1934) in de “Rayleigh – Bénard Convectie” proeven<sup>vii</sup>. Als water geplaatst wordt tussen twee platen waarvan de ene continu net iets warmer is dan de andere, wordt een permanent onevenwicht gecreëerd. Dat en de bijhorende energiestroom veroorzaken spontaan kristalvormige structuren om de warmte efficiënt af te voeren.

### [Rayleigh-Bénard convection - Wikipedia](#)

Chaos en entropie nemen lokaal spontaan af in deze energiestroom!

Waarom zijn deze structuren stabiel en blijven ze bestaan als de temperaturen schommelen?<sup>viii</sup>.

Ilya Prigogine (1917 – 2003), een Belg van Russische afkomst en Nobelprijswinnaar in 1977, beschreef samen met Isabelle Strengers (1949) in “Order out of Chaos”<sup>ix</sup> (1984) de theoretische thermodynamica die het ontstaan van orde verantwoordt in open systemen met beperkte temperatuurverschillen. Hij bracht verschillende losse interpretaties uit de thermodynamica samen in één geheel en toonde aan dat de creatie van lokale orde strookt met stijgende entropie in het gehele systeem.

Jeremy Engels (1982) werkte aan het MIT deze “dissipation driven adaptation”<sup>6</sup> theorie verder uit en verklaarde op theoretische basis het ontstaan van leven a.d.h.v. thermodynamica<sup>x</sup>. Zijn computersimulaties tonen aan dat volgens de thermodynamica onder omstandigheden van permanente energietoevoer en beschikbaarheid van een bad met water atomen spontaan structuren vormen die óf in evenwicht komen met hun omgeving en afsterven óf in een vorm van permanente onbalans raken en vervolgens in resonantie gaan met hun omgeving om gemakkelijker warmte af te geven<sup>xi</sup>.

Onderzoek tijdens de eerste decennia van de 21<sup>o</sup> eeuw<sup>xii</sup> door Duitse moleculaire biologen aan de universiteit van Düsseldorf<sup>xiii</sup> - Bill F. Martin (1957) en Michael Russell (1939) - en Regensburg<sup>xiv</sup> - Günter Wächtershäuser (1938) toont aan dat tussen 4,3 en 3,8 miljard jaar geleden in water, met een overvloed aan waterstofatomen en permanente toevoer van

<sup>6</sup> Dissipatie zijn de onvermijdelijke irreversibele thermodynamische processen die in de meeste realistische (niet-ideale) systemen optreden en die resulteren in een verlies van "nuttige" energie



warmte, onder de juiste basische omstandigheden de condities bestonden om de oerprocessen van het leven te onderhouden. Ook vandaag bestaan nog steeds vergelijkbare omstandigheden waar leven kan ontstaan. Een voorbeeld is "Lost City"<sup>7</sup>, een meer dan 40.000 jaar oude basische "witte schoorsteen" van 60 meter die zich in de oceaan voor de kust van de Azoren bevindt. In deze ragfijne structuur zitten holtes van één cm lang en dertig micrometer doorsnee die perfecte kraamkamers zijn voor organische moleculen door de reactie van waterstof en waterstofdioxide. De permanente toevoer van warmte en de productie van acetylthio-esters zijn de basis om ATP aan te maken en bieden mogelijkheid tot fotosynthese. Om de energie op te brengen die nodig was om aan de omgeving van de White-Smokers te ontsnappen moesten deze stoffen een gradiënt aan protonen overwinnen. Dat effende de weg voor structuren van genen en DNA. Een perfecte omgeving om de complexe overgang van dode atomen naar levende cellen te maken, mits veel tijd.

*Dit onderzoek wijst op dezelfde periode tussen de 20 en 30 min van de IM/M als de Urey-Miller proeven.*

In dit natuurlijke proces van ordecreatie en warmteverspreiding speelt vermenigvuldiging door het maken van kopieën een cruciale rol. Op die manier legt Jeremy Engels de theoretische basis voor de aanmaak van RNA<sup>8</sup>, het meest eenvoudige element waarmee cellen informatie doorgeven van moeder aan dochters. Het is de voorloper van het complexer en evolutionair voordeliger DNA. Bij deze basisbouwstenen begint de Darwiniaanse evolutie door natuurlijke selectie die na veel tijd leidt tot de complexe structuren in flora en fauna die we vandaag kennen.

Volgens Bill F. Martin (1957) en Eugene Koonin<sup>9</sup> (1956) is de evolutie van RNA naar DNA ontstaan door een natuurlijke selectie die twee keer gebeurde in de "witte schoorstenen". Ze leiden dit af door de gelijkenissen tussen de Eubacteria (Grieks voor "Echte Bacteriën") en Archaeobacteria (de zgn. "Oude Bacteriën"), twee basisvormen van het leven. De manier waarop DNA wordt vertaald naar het eenvoudiger RNA of wordt omgezet in eiwitten is in principe dezelfde. Die omzetting moet dus dezelfde oorsprong hebben<sup>xv</sup>.

De sprong van dode atomen die complex geschikt worden tot levende cellen zou evt. geholpen zijn door de toevoer uit de ruimte van basisstoffen voor proteïnes. Recent onderzoek<sup>xvi</sup> in Duitsland aan het Max Planck Institute for Astronomy en de Friedrich Schiller University in Jena, toont aan dat die basisstoffen voor proteïnes onder de vriestemperatuur van de kosmos, tot - 263 °C, aangemaakt worden op stofdeeltjes.

<sup>7</sup> Dit geologisch verschijnsel heet "Lost City" naar het gebied waar wordt gezocht naar "Atlantis", de legendarische stad waar Plato over schrijft in zijn Dialogen en in Critias, <https://oceanexplorer.noaa.gov/explorations/05lostcity/background/chem/chem.html>

<sup>8</sup> Ribonucleïnezuur, RNA, is een biologisch macromolecule die essentieel is voor de regeling van cellulaire processen in alle bekende levensvormen.

<sup>9</sup> Eugien Koonin, Ruisisch – Amerikaans bioloog aan het National Institute for Health in de VS en erkend evolutionair computer simulatie bioloog

Dergelijke deeltjes kunnen rond 3.100 Mya via meteorietinslagen op de jonge en plastische aarde terecht gekomen zijn. Van daaruit hebben ze zich dan vermengd met het kristallisatieproces in de "witte schoorstenen".

**Labotesten en thermodynamica tonen praktisch en theoretisch aan hoe tussen 4.000 en 3.100 Mya de eerste eenvoudige moleculen tot stand moesten komen onder de natuurkundige toestanden van toen op aarde. Dergelijke eenvoudige cellen bestaan nog steeds en zijn samengesteld uit een membraan (een vlies dat het water waaruit ze ontstaan zijn opsluit), eerste eiwitten als levend materiaal en eenvoudig DNA dat los ligt in het membraan.**

---

*"Er zitten patronen in de code van het leven, patronen die de werking van zowel de chemie als evolutie verraden"*

*Nick Lane in "Levenswerk"*

---

## *Cellen worden biomassa*

Hoe houden cellen zich in stand? Waarom evolueren ze tot steeds complexere structuren zoals planten en zoogdieren tot aan zelfbewuste wezens als de mens?

Complexere dierlijke cellen zoals we die vandaag kennen bestaan uit

Een celwand of membraan:

Een celkern met DNA (voor de mens zijn dat 23 paar chromosomen);

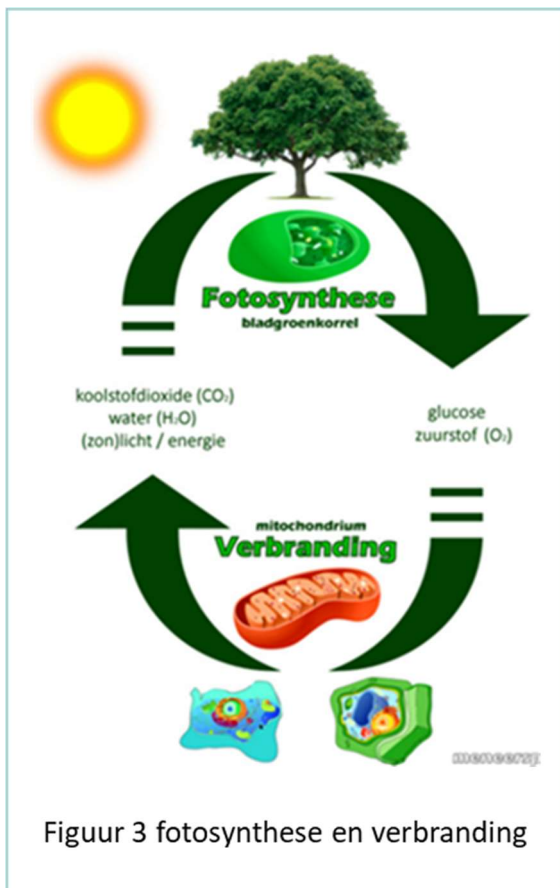
Mitochondria organellen die energietransport opwekken en transporteren via ATP stoffen;

Lysosomen die voedingsstoffen verteren of schadelijke stoffen onschadelijk maken;

Endoplasmatisch Reticulum (ER) dat eiwitten aanmaakt en celdeling op gang brengt.

## *Zuurstofmotor*

In de vorige paragraaf staat dat één- en meercellig leven in relatief warm water wel moet ontstaan in de drukpan tussen stralingsenergie van de zon en vulkanische energie uit de kern van de aarde. De geo-, aqua-, aero- en de (beginnende) biosfeer onderhouden een dynamisch onevenwicht, waardoor – eenmaal leven verschijnt – dezelfde permanente energiestromen de processen van fotosynthese op gang zetten en onderhouden.



Op de grens tussen lucht, water en land valt energie van het zonlicht op watermoleculen. Telkens een watermolecule onder invloed van lenswerking in de originele fragile organismen wordt opgesplitst, ontstaat waterstof en zuurstof. Koolstof uit de atmosfeer van de vroege aarde reageert met de vrijgekomen waterstof tot glucose als organische stof, het begin van biomassa. Dit "autotroof"<sup>10</sup> proces heeft voldoende aan licht, water en koolstof. Op deze manier zet fotosynthese energie uit zonlicht om in chemische energie en creëert organische stoffen en vrije zuurstof.

Oorspronkelijk was er in de atmosfeer geen vrije zuurstof. Die ontstond pas door fotosynthese op grote schaal en door massale aangroei van biomassa. Het percentage vrije zuurstof in de atmosfeer steeg stilaan tot hogere concentraties (zie figuur 22 in vorig hoofdstuk). Dit leidde naar een eerste massa-uitroeiing van bijna alle eerste levensvormen.

<https://www.meneerspoor.nl/fotosyntheseverbranding.html>

Biomassa groeit niet oneindig aan omdat die weer wordt afgebroken door "verbranden". "Heterotrofe"<sup>11</sup> organismen leven door het verbranden van plantaardige glucose die op gecontroleerde manier verbindt met beschikbare zuurstof. Dit maakt energie vrij, terwijl koolstof en water worden afgescheiden. Dit is de meest elementaire vorm van predator-schap waarbij een (dierlijk) organisme leeft door een ander (plantaardig) organisme te "verbranden" of "verteren". De aarde creëert géén afvalberg!

Zuurstof speelt in deze processen een belangrijke aandrijvende rol.

Dat komt doordat het zuurstofatoom twee ontbrekende elektronen op de buitenste elektronenschil heeft. Deze ontbrekende elektronen worden zowat overal vandaan gehaald om die buitenste schil te vervullen. Bij die uitwisseling van elektronen komt energie vrij. Er komen energiestromen op gang waardoor moleculen binnenin cellen stapsgewijze nieuwe bindingen aangaan met elkaar en energie vrijmaken om uiteindelijk te binden met zuurstof.

<sup>10</sup> Autotrofe organismen maken hun eigen voedsel door fotosynthese of chemosynthese

<sup>11</sup> heterotrofe organismen zijn afhankelijk van autotrofe organismen voor voedsel en energie

Deze stromen gebeuren in complexere dierlijke cellen door toedoen van ATP<sup>12</sup> en onder controle van mitochondriën<sup>13</sup> en xvii.

### **Op die manier ontstonden biologische kringlopen die**

**Zonlicht en water (aqua-sfeer) met koolstof (geo-sfeer) “fotosynthetiseren” tot plantaardig leven (biosfeer) met zuurstof (areo-sfeer) als bijproduct;**

**Zuurstof gebruiken om plantaardig leven door dierlijk leven te “verbranden” met water en koolstof als bijproducten;**

**Zuurstof houdt die kringlopen op gang. Hoe meer zuurstof, hoe hoger de mogelijke complexiteit van de ontstane structuren.**

Deze kringloop werd tussen 200 tot 40 Mya enorm versneld door continentale drift. Het uitdeinen van continenten zorgde voor heel veel bijkomende kusten die sedimenten en afgestorven organismen toeliet een omgeving te creëren waar zuurstof gebonden werd en zo een basis creëerde voor de groei van nieuwe organismen zoals bijv. plankton die nog meer zuurstof konden ontwikkelen<sup>xviii</sup>. Plankton is nog steeds een belangrijk onderdeel van de biomassa, als basisvoedsel in de voedselketen én als leverancier van zuurstof.

*De triatleet ziet dit hele proces van ontstaan van eerste leven gebeuren tussen 12 min en 2 u 24 min of 1.950 m na start en 390 meter vóór het einde van de Iron Man Marathon, m.a.w. tot net voor de laatste rechte lijn.*

Door het stijgend aanbod aan zuurstof in de atmosfeer werd het de motor voor cellen om zich te ontwikkelen en organismen te vormen uit samenstelling van vele soorten gespecialiseerde cellen. Na een lange evolutie van schaaldieren, vissen, amfibieën, kwallen, kruiddieren en dinosauriërs ontstonden uiteindelijk zoogdieren die konden leven en overleven in meerdere moeilijke natuurlijke omstandigheden op het land. De mens is op dit moment een van de meest complexe organismen die op aarde ontstond.

---

<sup>12</sup> ATP of Adenosinetrifosfaat vervult in de celstofwisseling een sleutelrol als drager van chemische energie

<sup>13</sup> De belangrijkste functies van mitochondriën zijn productie van ATP door middel van ademhaling en reguleren van cellulaire stofwisseling

## *Leven is informatie verwerken*

DNA van een levend organisme kan ook geïnterpreteerd worden als een code voor hoe het organisme energie verwerkt. De code bepaalt namelijk hoe in de cellen elektronen tussen atomen stapsgewijs uitgewisseld worden en energie vrijgeven om uiteindelijk als afvalwarmte geloosd te worden. Zolang het organisme leeft, is het in een permanente toestand van onevenwicht en wisselt het energie uit<sup>xix</sup>. Een andere codering in DNA leidt tot een andere manier van energie verwerken en dus tot andere manieren van voortplanten, groeien en handelen om te overleven in de omgeving.

Toepassing van de wetten van de thermodynamica op deze manier van informatieverwerking toont aan dat in een veranderende omgeving het organisme overleeft dat het meest efficiënt energie verwerkt en restwarmte afvoert. Zo geformuleerd is de evolutietheorie van Darwin een variant van de thermodynamica. Deze zienswijze werd voor 't eerst geformuleerd door James Clerk Maxwell (1831 – 1879) in zijn “Maxwell Demon experiment”<sup>xx</sup> en later door Erwin Schrödinger (1887 – 1961, de man van de kwantummechanica!) in zijn voordrachtenreeks “What’s life?” uit 1944<sup>xxi</sup>.

De DNA-code geeft o.a. aan hoe eiwitten, de echte bouwstenen van cellen, gevormd zijn en zich opvouwen om hun functies uit te voeren. Van 0,1 % van alle eiwitten kunnen we nu uit DNA afleiden hoe die opgevouwen zijn. Alfabet, het moederbedrijf van Google, zet groots in op AI om dat voor de overige 99,9% ook te doen<sup>xxii</sup>. Als die code ontcijferd wordt, is er – na de ontcijfering van het DNA genoom – een flinke stap gezet om cellen te manipuleren m.b.v. geneesmiddelen. Het IT bedrijf Alfabet neemt dan de leiding over in de big farma industrie!

**Tot slot: op een planeet vergelijkbaar met onze vroege aarde – waar een zon op schijnt en energie komt uit de kern in de vorm van vulkanische activiteiten en een beschermend schild als onze atmosfeer – is het ontstaan van leven eerder onvermijdbaar dan toeval. Dat zegt iets over de mogelijkheid van leven op de meer dan 5.000 waargenomen<sup>xxiii</sup> “Exo-Planeten”<sup>14</sup>. Een belangrijk deel van het James Webb telescoop programma is daaraan gewijd.**

## *Kosmische spiraal*

Als synthese van de concepten van Shubin en Greene<sup>xxiv</sup> en recente onderzoeken kunnen we één geneste structuur van kringlopen formuleren die de kosmos, de Melkweg, de zon, de aarde en het leven op aarde omvat

De zwaartekracht maakt sterren die schijnen, na miljarden jaren opbranden en door dezelfde zwaartekracht worden samengedrukt tot zwarte gaten;

---

<sup>14</sup> Exo-planeten zijn planeten die draaien om een andere ster dan de zon en kandidaten zijn voor een of andere vorm van leven

In één van de actieve sterrenstelsels, de Melkweg, is onze zon als ster halverwege haar levenscyclus van ongeveer tien miljard jaar. De zon bestaat uit een kern van waterstofatomen die onder druk van de zwaartekracht fuseren tot helium. Dat maakt zoveel energie vrij dat de ruimte eromheen continu bestookt wordt met straling en fotonen waarin de entropie netto stijgt;

De aarde tolt rond die zon in een ruimtetijd kromming en bestaat uit land, lucht en water in verschillende toestanden omgeven door een atmosfeer die alles rond de aarde houdt. Die atmosfeer was oorspronkelijk gevuld met ammoniak maar door de permanente dynamiek van opwarming door de zon en vulkanische energie uit de hete kern van de aarde ontstaat biomassa van planten en dieren. Door respectievelijk fotosynthese en verbranding ontstaat een zuurstofoverschot. Die zuurstof blijft in de atmosfeer hangen;

De huidige toestand van die evolutie in geneste kringlopen is de natuur om ons heen met daarin ons als mensen die voldoende bewust zijn om die natuur te observeren, erover na te denken en te gebruiken.

Zoals alle sterren zal de zon uitdoven en verdwijnen in het zwarte gat in het centrum van de Melkweg. De aarde zal daarin worden meegesleurd tenzij die aan de zwaartekracht van de ineensstortende zon ontsnapt en een zwerfplaneet wordt zoals vele andere.

Dit is een complete set van kringlopen die kosmos, zon en aarde en leven op aarde omsluiten. Kerngedachte is dat die kringlopen gedreven worden door enkele eenvoudige natuurwetten en dat "leven" door permanent onevenwicht er een evident onderdeel van is. Dat is één van de kernen van Earth Systems Science zoals weergegeven in de figuur die alle interacties bij elkaar brengt. Zie figuur 17 uit vorig hoofdstuk.

**We zijn als mensensoort wat we zijn, omdat we precies in al die onevenwichten passen qua gewicht, volume, beweeglijkheid, beharing, uithoudingsvermogen, levensverwachting, enz. Dit is onze tijdelijke staat in de "survival of the fittest" evolutie. Als iets aan die onevenwichten verandert blijft leven in vele mogelijke vormen bestaan. Het zal zich aanpassen door sommige aspecten te transformeren naar andere vormen.**

## Complexiteit van leven neemt toe

Dat biosfeer op onze aarde moest ontstaan als sluitstuk tussen geo-, aqua- en aero-sfeer wordt aangetoond door laboproeven en door verschillende simulaties en interpretaties van de thermodynamica. "Natuurlijke selectie" zorgt voor groeiende complexiteit. Hoe ontstaat complexiteit?

### Definities?

Voor leven en complexiteit bestaan geen exacte definities. Daardoor zijn er ook geen eenheden waaraan we de hoeveelheid van leven of complexiteit kunnen afmeten of een schaal om ze van hoog naar laag te rangschikken.

Leven en complexiteit vergelijken we enkel relatief. Iets is of lijkt althans levendiger of complexer dan iets anders. Tenminste als we voor die vergelijking meerdere aspecten en relaties gebruiken, want afgaan op één kenmerk kan misleidend zijn. Deze beschrijvingen zullen volgens C. Rovelli altijd subjectief zijn.

### Leven

Wat is leven? Edward Trifonov (1937) analyseerde 123 definities en concludeerde dat "zelfreproductie en variaties" de gemeenschappelijke kenmerken zijn van die definities.

---

*"Leven is het gevolg van een exceptionele manier waarop atomen geschikt zijn"*

*Jeremy Engelsxxv*

---

Definities over leven dienen vaak een impliciet doel. Enkele voorbeelden

Wikipedia: *"Leven is een open fysico-chemisch systeem dat door middel van uitwisseling van energie en materie met de omgeving en door een inwendig metabolisme in staat is om zich in stand te houden, te groeien, zich voort te planten en zich aan te passen aan veranderingen in de omgeving, zowel op korte (fysiologische en morfologische adaptatie) als op lange termijn (evolutie)."*, voor algemeen gebruik;

NASA *"Life is a self-sustained chemical system capable of undergoing Darwinian evolution"*, eerder geschikt om leven buiten de aarde te definiëren;

Daniel Koshland: *"a living organism is an organized unit, which can carry out metabolic reactions, defend itself against injury, respond to stimuli, and has the capacity to be at least a partner in reproduction"*, neutraal maar vanuit Bijbelse invalshoek geformuleerd;



Encyclopedia: *“Het leven is Gods handelen binnen een plan van goedheid en met een doel, dat alleen Hijzelf ten volle kent. [...] Menselijk leven is Gods manifeste handelen in de mens en het gehoorzame antwoord van de mens aan God, eerbiedig weergegeven door zijn handelen ten opzichte van zijn medemensen en, samen met hen, ten behoeve van het welzijn van de hele schepping. De mens bezit het leven als een geschenk, zo vrij dat hij ervoor kan kiezen om buiten Gods plan van goed te handelen en zo het geschenk te verliezen. Handelen buiten Gods voornemen om is geen leven maar de dood.”* Dient een religieus standpunt.

Leven definiëren ligt gevoelig omdat het naadloos aansluit bij levensbeschouwingen. Is het leven spontaan ontstaan en enkel op basis van natuurlijke evolutie ontwikkeld? Is er een vorm van ‘Creative Design’ dat doelgericht ingegrepen heeft, maar nu niet actief meer ingrijpt? Is er een duidelijke aansturing in dagdagelijks leven van vandaag?

Daarom volgen we beter wetenschapsfilosofen Daniel E. Koshland Jr (1920 - 2007) en Carol Cleland (1948) en i.p.v. op zoek te gaan naar een definitie van leven ons concentreren op wat het betekent “te leven”<sup>xxvi</sup>.

Wat zijn basisprincipes van “leven”? We kunnen voor allerlei vormen van leven aangeven hoe dit gerealiseerd is en hoe ermee om te gaan. Een overzicht van dergelijke principes volgens Daniel Koshland Jr.<sup>xxvii</sup>

Principe volgens Koshland	Invulling bij zoogdieren
Een programma dat beschrijft hoe te overleven	RNA en DNA codering
Improvisatie om zich op termijn aan te passen aan veranderende omgeving	Creëren van toevallige varianten
Compartimenteren in delen die specialiseren en samenwerken	o.a. organen, zintuigen en ledematen
Voortdurend energie verbruiken	Eten, ademen, bewegen
Regeneratie mechanisme om afval af te voeren en fouten te herstellen	Uitademen, zweet, urine, ontlasting, stollen van bloed



Aanpassen op korte termijn om te overleven en leren om fouten niet te herhalen	Ervaren, leren
Vorm van afzondering van andere levende organismes waardoor interactie ontstaat	Zelfherkenning

Figuur 4: Principes om leven te omschrijven

In dergelijke beschouwingen zijn woorden heel belangrijk. Evolutie is niet doelgericht maar sommige woorden suggereren gemakkelijk de idee van een hogere doelstelling of gericht handelen door een opperwezen terwijl dat niet essentieel is.

### *Complexiteit*

Complexiteit gaat over het aantal componenten waaruit iets bestaat en de diversiteit tussen die componenten en hun relaties<sup>xxviii</sup>. Een object wordt complexer als

Er meerdere methodes nodig zijn om het te beschrijven, bijv. taal gecombineerd met wiskundige formules;

Het bestaat uit subsystemen die elk op zichzelf al complex zijn;

Er gedifferentieerde en gespecialiseerde subsystemen zijn;

Het doelstellingen nastreeft;

Er aspecten als taal, bewustzijn, communicatie en sociale contacten betrokken zijn.

---

*“Complexiteit van een systeem of organisme is puur relatief voor een gegeven observator; ik verwerp alle pogingen voor een absolute of intrinsieke meting ervan; de enige werkbare oplossing is volgens mij te accepteren dat complexiteit iets is dat hoort bij de observator”*

*William Ross Ashby (1903 – 1972)<sup>xxix</sup>*

---

Deze visie over complexiteit toegepast op “het leven” geeft enkele mijlpalen aan waarin de meeste waarnemers het eens zijn over waar de complexiteit toenam tot aan de mens die we vandaag kennen<sup>xxx</sup>. Hoe verder in de lijst hoe meer niet fysieke aspecten meegenomen worden in het beschrijven van complexiteit om het verschil met de vorige in rang te maken.

<b>Periode (Mya)</b>	<b>Gebeurtenis</b>	<b>Vóór einde Iron Man/Marathon (minuten / meter)</b>
2.100	Eerste eukaryotes, cellen met inwendige structuur en organellen	126 / 20.601
640	Ediacatium fauna, de vroegst bekende meercellige organismen	38,4 / 6.278
570	Chorda dieren, eerst gewervelde dieren	34,8 / 5.592
65	Eerste primaten, orde van zoogdieren waar apen en mensen toe behoren	3,9 / 638
30	Eerste homiden, mensachtigen	1,8 / 294
5	Australopithecus, overgangsvorm naar mens	0,3 (18 sec) / 49
1,8	Homo geslacht, de soort mens	0,1 (6 sec) / 17,7
0,3	Homo Sapiens, huidige mensensoort	0,018 (0,9 sec) / 2,94

Figuur 5: Stappen van toenemende complexiteit van leven

## *Complexiteit groeit*

In een periode van 640 miljoen jaar is het leven van eerste meercellige organismen geëvolueerd tot de complexiteit die we vandaag kennen bij planten en dieren. Hoe wordt complexiteit toegevoegd? Waarom herstelt leven zich na een terugval en wordt het complexer?

De basisreden is steeds dezelfde: atomen zitten in een systeem dat voortdurend in onevenwicht is. Ze bewegen continu en creëren daardoor varianten, d.i. een interne reden voor toenemende complexiteit. Variaties in de omgeving van het organisme zorgen ervoor dat nieuwe varianten beter of minder geschikt zijn om te overleven, d.i. een externe factor voor complexiteit.

Dit proces leidt tot drie mogelijke situaties. Mutaties

Blijven zonder resultaat en verdwijnen weer;

Blijven bestaan maar creëren geen functionele meerwaarde;

Hebben een effect en zorgen voor een functionele meerwaarde.

Als de functionele meerwaarde inhoudt dat het organisme beter overleeft in de omgeving zal het blijven bestaan en op termijn soortgenoten verdringen of overheersen en gebruiken. Bijv. omdat het met minder energieverbruik hetzelfde doet of met quasi hetzelfde energieverbruik beter doet.

Dat er maar zelden echt significante functionele verschillen ontstaan, resulteert in het feit dat er vandaag nog heel veel varianten uit het verleden overleven en al miljoenen jaren voldoende aangepast zijn om te blijven leven in hun omgeving zonder verdrongen te worden door "betere" soortgenoten.

## *Leven organiseert zich*

Over de voorbije 640 miljoen jaar ontstonden vanuit meercellige organismen complexe structuren zoals zoogdieren en mensen. Welke evoluties of krachten zijn er aan het werk? Kan dit alles zonder een ontwerp, doelstelling of plan?

## *Oercellen*

Hoe proto-cellen ontstaan, werd hiervoor al behandeld. De meest elementaire vorm van complexiteit toevoegen is dat de ene cel de andere opeet en dat leven gebruikt om als complexer organisme verder te leven.

Een voorbeeld van dergelijke cellen binnen in cellen zijn mitochondria. Dit celorganel heeft zijn eigen gelaagd membraan, DNA en ruimte gevuld met opgevouwen eiwitten. Deze cel in de cel heeft als belangrijkste functie ATP te produceren door oxidatie zodat ons lichaam de

energie van voedsel overneemt en warmte afvoert. Daarnaast helpt het een aantal afvalstoffen af te voeren.

### *Evolutie naar complexe structuren*

Soms wordt getwijfeld of heel complexe structuren door evolutie kunnen ontstaan. Het oog wordt vaak opgevoerd als een orgaan dat niet door evolutie ontstond maar door een designer ontworpen werd<sup>xxxix</sup>.

Darwinianen voeren echter aan dat het bestaan van verschillende soorten ogen én dat het oog alles behalve optimaal in elkaar zit dé redenen zijn om aan te nemen dat het door evolutie ontstaan is en juist niet door een designer ontworpen kan zijn.

Enkele kritische momenten uit de ontwikkeling van het oog<sup>xxxix</sup>:

Lichtgevoeligheid ontstaat bij ééncellige organismen die naar licht toe of ervan weg bewegen;

Lichtgevoelige cellen bij wormen en kwallen: eiwitten reageren op licht en genereren elektrische stromen. Daardoor wordt beweging aangestuurd om voedsel te vinden en vijanden te ontlopen. Trilobieten waren de eerste jagers uitgerust met goede ogen. Prooien die ook ogen ontwikkelden konden beter overleven;

Cellen gaan in een holle vorm staan en halen daardoor meer informatie uit licht, bijv. lichtsterkte of richting van waar het licht komt;

Cellen gaan in een steeds hollere vorm staan en vormen op den duur een holte, zoals nog steeds bij inktvissen;

Cellen vullen de holte op en vormen een lens. Zo creëren ze scherper beeld waar ze meer informatie uit halen. De lens en retina ontstaan. Dergelijke oogconstructies komen nog steeds voor bij kwallen die er twaalf paar van hebben en objecten buiten het water gebruiken om zich te oriënteren;

Uiteindelijk ontstaat een complexe vorm als het menselijk oog, met 125 miljoen cellen per oog, waaronder cellen die licht opvangen en signalen naar de hersenen sturen volgens lichtsterkte via transducine proteïnes, cGMP moleculen en kanaalwitten. Belangrijk is dat deze mechanismen van signaaloverdracht op meerdere plaatsen in het lichaam voorkomen, zoals voor de hartspier, neus en tong. De natuur hergebruikt wat goed is!

**Moleculen en cellen evolueren naar erg complexe mechanismen die op hun beurt gespecialiseerde subsystemen vormen. Toegepast op de mens leidt dat tot een lichaam**

**met ledematen, zintuigen, vele functionele organen als hersenen, hart of huid en ook twee kg. ingesloten bacteriën die instaan voor bijv. de spijsvertering.**

### *Dood en recyclage zijn ingebouwd*

Zowel eenvoudige als complexe cellen delen zich voortdurend. Bij dat delen en kopiëren gaan zaken fout en sterven cellen. De moedercellen veranderen voortdurend, zijn blootgesteld aan stralingen en pollutie, oxideren, verzwakken membranen, genereren afvalstoffen en kunnen die niet blijvend even efficiënt kwijt. Nadat de moedercel zich een aantal keer heeft gekopieerd is ook zij gedoemd om uiteindelijk te sterven.

**Kopiëren en sterven is voor de natuur een efficiënter mechanisme dan een celstructuur bouwen die eeuwig blijft leven. Atomen van de dode cellen komen weer beschikbaar voor kringlopen. Dood en recyclage zijn een wezenlijk onderdeel van natuurlijke cycli.**

Wat geldt voor één cel geldt op grote schaal ook voor organismen die samengesteld zijn uit vele gespecialiseerde cellen<sup>xxxiii</sup>.

De mens is één complex organisme waarvoor dezelfde wetten gelden als voor elke cel

Cellen in een mens worden voortdurend vernieuwd. Stamcellen spelen hierin een belangrijke rol omdat daaruit gespecialiseerde cellen ontstaan;

Celdeling blijft intact en goed functioneren zolang de mens zich nog moet voortplanten (= genen doorgeven). Op deze manier zijn menselijke genen nu verspreid over acht miljard individuen die overal op aarde leven. Die verspreiding is de beste garantie voor het overleven van de soort als iets dramatisch verandert in de natuur;

Stamcellen<sup>15</sup> beginnen af te sterven en het vernieuwingsproces binnen het lichaam stopt langzaam tot het stopt met functioneren en sterft;

Sterven gebeurt normaal voldoende laat om zichzelf voort te planten, dDNA door te geven en mee te helpen met de opvoeding van kleinkinderen. Doordat de mens zo'n complex organisme is, is opvoeding een belangrijke fase in het ontwikkelen en overleven van de soort. Dat laatste geldt nog meer voor vrouwen dan voor mannen;

Na de dood valt het permanente onevenwicht veroorzaakt door het verbranden van voedsel weg en stoppen alle energiestromen. Op dat moment komt er een evenwicht met de natuur waardoor de cellen uiteenvallen in de samenstellende atomen. Daarbij stijgt de entropie;

---

<sup>15</sup> Stamcel: een cel die in staat is om in een reeks van andere celtypes te veranderen (differentiëren)

Atomen komen weer ter beschikking van de kosmos voor hergebruik. Recycling is een essentieel onderdeel van de kringlopen.

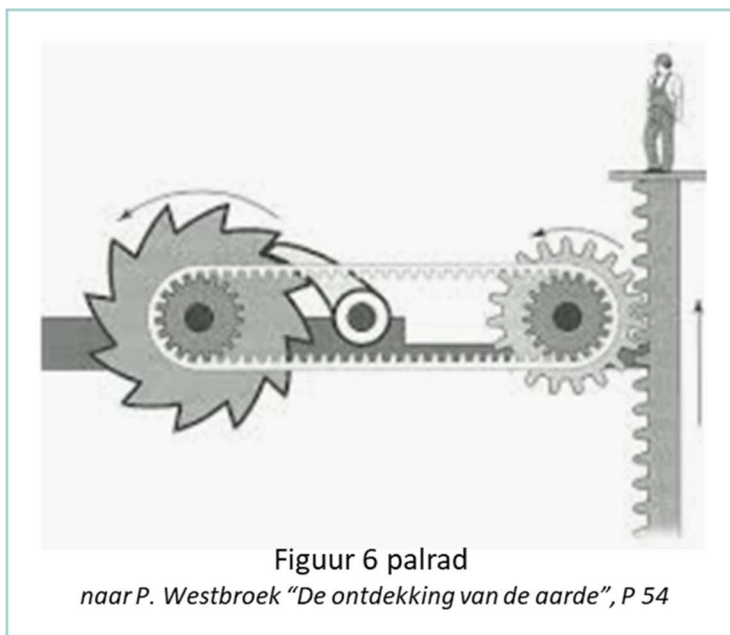
### *Stadia van leven op aarde*

Het zal ondertussen duidelijk zijn: evolutie gaat niet in één rechte lijn. Leven kopieert zich, maakt daarbij fouten en kan daar per toeval van profiteren in de natuur. Die voortdurende herhaling over miljoenen jaren ervaren wij mensen als "evolutie". Als we terugkijken in het verleden zien we een aantal radicale breuklijnen waarna evolutie doorschiet, met daartussen grote periodes van langzame evolutie.

### *Uitsterven en weer opleven*

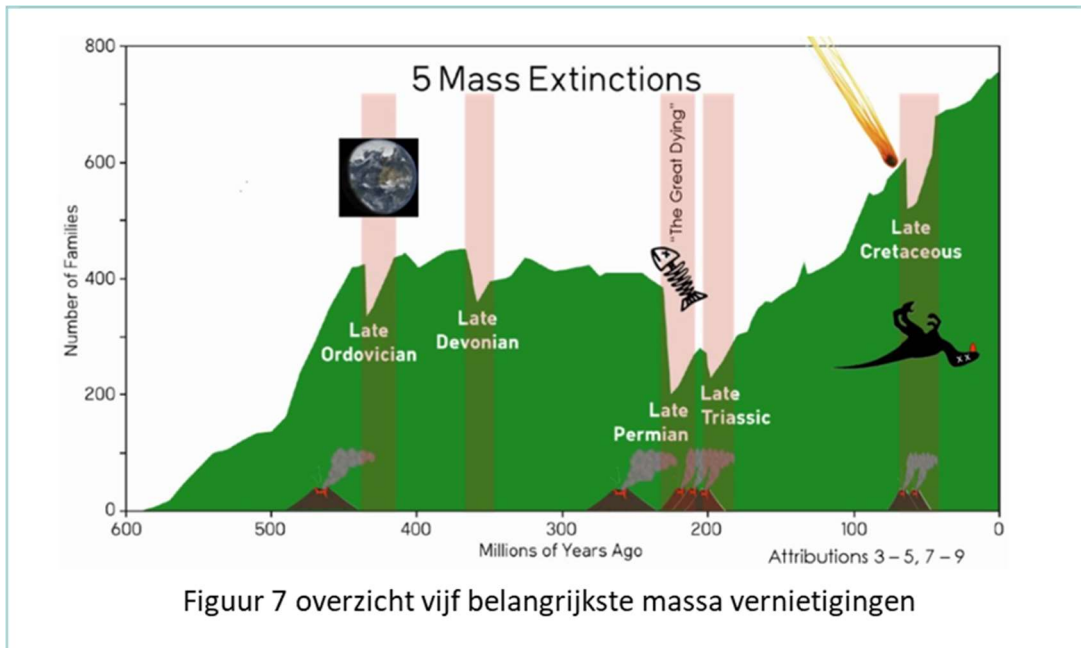
Dat er in de voorbije honderden miljoenen jaren grote evoluties en scherpe breuken zitten, werd duidelijk in de jaren '80 van vorige eeuw tijdens een systematische data-analyse van boringen uit de oceanbodembodem en ijslagen op beide polen en gletsjers<sup>xxxiv</sup>.

In normale periodes waarin stabiliteit heerst tussen de vier sferen evolueert het leven langzaam volgens de wetten van "natuurlijke selectie". In die periodes overleven organismen die net iets beter aangepast zijn aan hun omgeving dan hun soortgenoten en verdringen langzaam voorgaande types. Aangepast zijn aan de omgeving betekent in heel veel gevallen ook "samenwerken" met de omgeving. Samenwerken als betere strategie dan concurreren.



Op bepaalde momenten gaan er grote schokken door de relaties tussen de geo-, aqua en aero-sfeer en zien we de consequenties in de biosfeer. Bepaalde klassen aan leven stierven uit waardoor overblijvende soorten vrije baan kregen omdat hun natuurlijke bedreigingen weg vielen. Dat soort leven groeide dan exponentieel aan en creëerde nieuwe varianten. Deze functie in de biomassa om overlevende soorten te laten uitgroeien en niet tot volledig "nul" terug te vallen is een soort "palrad". De pal-beveiliging zorgt ervoor dat het plateau niet ver

terugvalt en bij volgende cycli steeds hoger getild wordt. Daardoor bouwt de ene laag boven op andere met de mogelijkheid complexer te worden dan de voorgaande. Zo ontstaan groei en complexiteit die niet gestuurd worden, ook al denken of geloven we graag van wel<sup>xxxv</sup>.



<https://www.mtcares.org/climate-crisis/>

In het (verre) verleden werd “de omgeving” al een aantal keer heel grondig verstoord. Zo erg dat bijna alle leven op aarde verdween. Bij elke uitroeiing schommelde de koolstofdioxide concentratie heel sterk. Volgende vijf “mass extinctions” met hun oorzaak zijn bekend uit de data analyses van ijsboringen.

Periode	% verdwenen leven	Belangrijkste oorzaken
450 Mya	86%	Opkomst zeeleven, ijstijd, lage zeespiegel
370 Mya	75%	Meer planten en grote O <sub>2</sub> schommeling
250 Mya	96%	Vulkanen in Siberië, Methaan
200 Mya	80%	Vulkanen? Methaan?
60 Mya	75%	Meteoriet Mexico, Vulkanen in India

Figuur 8: overzicht vijf belangrijkste uitroeiingen van leven op aarde

**Is er hier & nu een zesde uitroeiing aan de gang? Overal om ons heen daalt de biodiversiteit en vooral ook de hoeveelheid biomassa.**

## Hoofdpijnen in de ontwikkeling van leven

Tussen de extinctie periodes door waren er periodes van bloei van biologisch leven. Hier volgt een zeer bondige samenvatting en een duiding van die periodes. Voor meer volledige informatie wordt verwezen naar gespecialiseerde literatuur.

*Bedenk hierbij: we hebben het nu over het laatste half uur van de 13 u 40 min. durende Iron Man!*

**Cambrium**, 540- 484 Mya ( *van 32,4 naar 16,9 min. of 5.297 naar 4.395 meter vóór einde Iron Man Marathon*): vóór het Cambrium komen slechts sponzen en kwallen voor. In het begin van het Cambrium, de "oerknal van het leven", verschijnt ongeveer de helft van alle bekende biologische stammen, vaak zonder dat directe voorouders gevonden zijn;

**Siluur** (445 – 420 Mya) en **Devoon** (420- 360 Mya) (*van 26,7 naar 21,6 min. of van 4.365 naar 3.570 meter vóór einde Iron Man*): in het Siluur was het klimaat warmer en lag het zeeniveau meer dan 200 meter hoger dan vandaag. De eerste planten verschenen op het land. Gewervelde dieren kwamen nog niet voor op het land, maar in de oceanen verschenen steeds beter gevormde soorten vissen;

Het **Devoon** was een periode met een relatief warm klimaat en hoog zeeniveau. Er werden enorme riffen gevormd in ondiepe zeeën, terwijl zich op het land primitieve silurische planten en insecten ontwikkelden. De eerste echte bossen ontstonden, waar o.a. de eerste zaadplanten groeiden. In de zee werden kaakvissen steeds dominanter en ook de eerste gewervelde landdieren verschenen, amfibieën die zich uit vissen ontwikkelden;

**Carboon** (360 – 300 Mya) en **Perm** (300 – 250 Mya) (*van 21,6 naar 15 min. of 3.570 naar 2.453 meter vóór einde Iron Man*): tijdens het Carboon kwam een einde aan de vorming van het supercontinent Pangea. Het zeeniveau was tussen 50 en 100 meter hoger dan vandaag en grote delen van het continent waren bedekt met moerassen. In deze moerassen werden afgestorven plantenresten opgeslagen die een groot deel van de tegenwoordige steenkoolvoorraden op aarde vormen. Er verschenen veel nieuwe soorten insecten en amfibieën en ook de eerste reptielen en zaadplanten;

In het **Perm** versnelde de evolutie van reptielen en andere landdieren;

**Trias** (250 – 200 Mya ) (*respectievelijk van 15 tot 12min. of van 2.453 naar 1.962 meter vóór einde Iron Man Marathon*): in het begin van het Trias lagen alle continenten nog verenigd in Pangea. Aan het einde van deze periode begon dit op te breken. Het klimaat was wereldwijd droog en warm en het zeeniveau lag op het huidige niveau. Gedurende het Trias ontstonden veel nieuwe soorten, waaronder de eerste dinosauriërs en gevleugelde



pterosauriërs, nieuwe soorten koralen en vroege zoogdieren. Bij de planten diversifieerden de zaadplanten sterk.

**Jura** (200 – 145 Mya) en **Krijt** (145 – 66 Mya) (*van 12 naar 3,96 min. of van 1.962 naar 647 meter vóór einde Iron Man Marathon*): in het Jura brak het supercontinent Pangea volledig uit elkaar. Het noordelijk deel van de Atlantische Oceaan opende zich. Het was een warme periode, zonder ijskappen op de polen. De zeespiegel stond wereldwijd vrij hoog, vooral aan het begin van het tijdvak. Het was de bloeiperiode van dinosauriërs en ook het ontstaan van de eerste vogels;

Het **Krijt** was een periode met een relatief warm klimaat met een zeespiegel 20 meter hoger dan vandaag. In het water leefden nu uitgestorven groepen dieren waaronder zee-reptielen, ammonieten en rudisten. Op het land leefden diverse soorten dinosauriërs, tegelijkertijd verschenen veel van de moderne groepen kleine zoogdieren en vogels. Bij planten verschenen bloemdragende planten;

**Tertiair** (66 – 2,8 Mya) en **Quartair** (2,8 – 0,012 Mya) (*respectievelijk van 3,96 min. tot 4,3 sec. of 647 tot 12 meter, zeg maar “de laatste rechte lijn” vóór het einde Iron Man*): het Tertiair begint na de Krijt-Paleogeen-massa-extinctie veroorzaakt door de inslag van een meteoriet – met een doorsnede van 10 km<sup>xxxvi</sup> - waarbij onder andere dinosauriërs en ammonieten uitstierven. Zoogdieren werden de dominante soort en gewervelde landdieren en vogels maakten een bloeiperiode door. In het Tertiair ontstonden door het gewijzigd klimaat optimale omstandigheden voor grassen waardoor een explosie aan grasvegetatie plaatsvond. Daarin passen de voor ons zo belangrijke planten als graan, rijst, maïs. Als gevolg hiervan vond een exponentiële groei en diversificatie van grasetende zoogdieren plaats. Daarbij ook hoefdieren en carnivoren die op hen jaagden. Aan het einde van het Tertiair ontwikkelden zich uit primaten de eerste mensachtigen;

Gedurende het Quartair is er sprake van een groot aantal ijstijden. Koude periodes waarin vooral op het noordelijk halfrond vaak grote landijskappen ontstonden. Tijdens het Quartair was de ijskap op de polen met zekerheid gedurende de laatste acht van de vermoedelijk dertien glaciaal/interglaciaal-cycli permanent aanwezig. Het Quartair kenmerkt zich verder door het uitsterven van vele plant- en diersoorten, door versnelde evolutie van bepaalde groepen predator zoogdieren en door grote migratiebewegingen van vele organismen, allemaal als gevolg van grote klimaatwisselingen. Het was ook de periode waarin de moderne mens verscheen, evolueerde en zich over de aarde verspreidde. Onze streken van de Lage Landen werden gevormd op het sediment dat via het Rijn-bekken uit de Alpen naar zee stroomde.

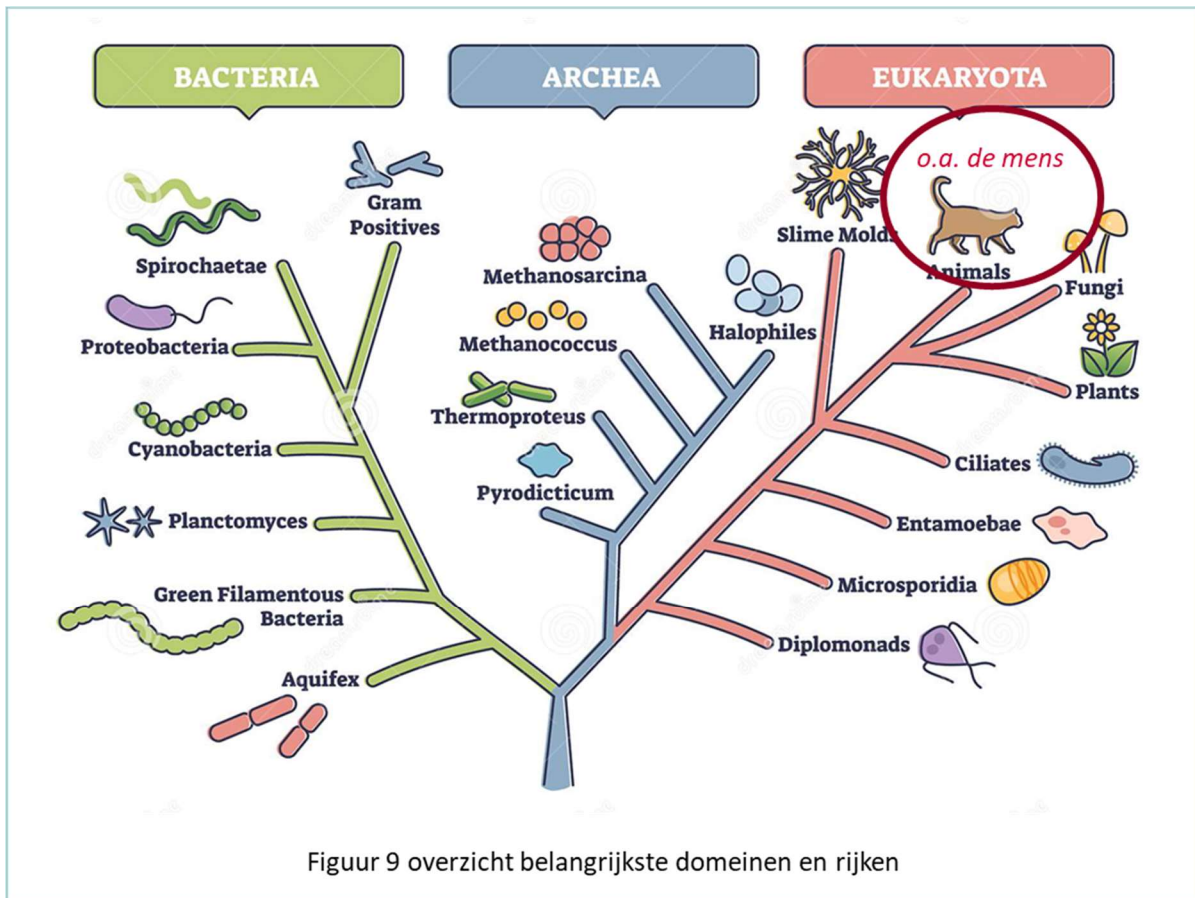
Het **Holoceen** (0,012 Mya – heden) (*de laatste 4,3 sec of 12 meter van de complete Iron Man Triatlon*): het Holoceen is de naam van het tijdperk waarin het klimaat voor een relatief lange periode mild blijft en de mens aan landbouw en recent ook industriële activiteiten doet.

Tijdens het Holoceen is het landschap van de Lage Landen in grote mate gevormd. De Noordzee ontstond, waarbij de kuststrook met duinen zich vormde evenals moerassige veengebieden en kleilandschappen.

### Biodiversiteit en biomassa

In biologisch leven is er verschil tussen bio diversiteit, de soorten, en biomassa, de hoeveelheid levende massa die alle flora en fauna samen uitmaken. Biomassa wordt gemeten op basis van de totale hoeveelheid koolstof, de belangrijke vaste bouwstof van alle organismen.

### Biodiversiteit



Figuur 9 overzicht belangrijkste domeinen en rijken

[https://nl.wikipedia.org/wiki/Fylogenetische\\_stamboom#/media/Bestand:Phylogenetic\\_tree.svg](https://nl.wikipedia.org/wiki/Fylogenetische_stamboom#/media/Bestand:Phylogenetic_tree.svg)

Het grootste deel van de levende organismen bestaat uit micro-organismen zoals bacteriën en virussen. Deze zien we niet met het blote oog wegens te klein, onder de grond of opgesloten binnen in andere organismen. De Zweed Carl Linnaeus, later Carl van Linné (1707 – 1778), ontwierp als eerste een taxonomie voor planten en dieren<sup>xxxvii</sup>. Alles werd opgedeeld in domein, rijk, afdeling, klasse, orde, familie, geslacht en soort. Een voorbeeld: Eukariota, dieren, neteldieren, kwallen, oorkwal. De “soort” mens is onderdeel van de “orde” van primaten en het “rijk” der animalia of dieren.

**In de geschiedenis van de aarde hebben er naar schatting al 900 miljard soorten bestaan waarvan 99% verdwenen zijn<sup>xxxviii</sup>.**

Op dit ogenblik wordt het aantal soorten op de aarde geschat op 8,7 miljoen waarvan zo'n 1,2 miljoen geïdentificeerd en beschreven zijn<sup>xxxix</sup>. In 2020 werden er nog 15 nieuwe geïdentificeerd, zoals een schorpioen in Sri Lanka, een slang in Vietnam en een spin in India<sup>xl</sup>. Tegelijk wordt ook het verdwijnen van soorten vastgesteld. WWF schat dat er 10.000 tot 100.000 soorten per jaar verdwijnen<sup>xli</sup>. Voor 2020 werd dat aantal op 35.780 geschat. Een voorzichtige indicatie is dat van alle beschreven soorten bijv. 100% van alle soorten vogels, 92% van zoogdieren, 73% van reptielen en 60% van vissen met uitsterven bedreigd zijn. Het is typerend dat "eenvoudiger" soorten als schimmels, algen en insecten bijna niet met uitsterven bedreigd zijn<sup>xlii</sup>.

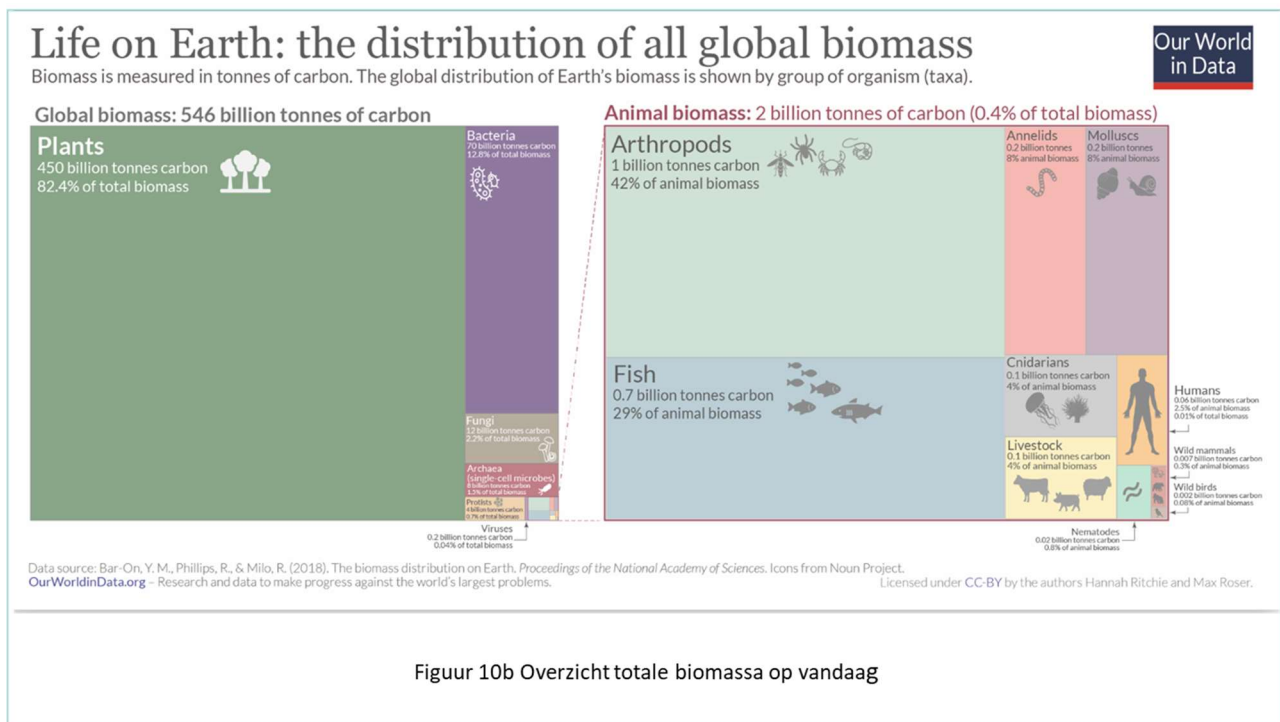
### *Biomassa*

Alle biologische soorten samen hebben een totale biomassa van 546 Gigaton aan koolstof (GtC). Waarom koolstof? Dit is een basisbouwsteen die in alle organismes voorkomt en ook goed meetbaar is<sup>xliii</sup>.

Classes	Massa (GtC)	% van totaal
Planten	450,00	82,45%
Bacteriën	70,00	12,83%
Schimmels	12,00	2,20%
Archaea	7,00	1,28%
Protisten	4,00	0,73%
Dieren	2,59	0,47%
Virussen	0,20	0,04%
<b>Totaal</b>	<b>545,79</b>	<b>100,00 %</b>

Figuur 10a overzicht biomassa

De acht miljard mensen uit de soort "dieren" maken samen 0,01 % van de biomassa uit. Zoals we later zullen zien met groot impact op de ganse omgeving op ons ruimteschip.



Figuur 10b Overzicht totale biomassa op vandaag

Figuur 10 a en b op basis van [Biodiversity and Wildlife - Our World in Data](#)

De biosfeer is een levend organisme dat in veel kringlopen genest is met de sferen van gesteente-, lucht- en water. Het geheel wordt op gang gehouden door energie van de zon en uit de aardkern. Basis levensvormen als bacteriën, schimmels, archaea en planten zijn de eenvoudigste maar met hun bijna 99% van de biomassa en basisfuncties zijn ze grote CO<sub>2</sub> slokops. Op die manier zijn ze onvervangbaar voor de regeling van CO<sub>2</sub>-concentratie en bijgevolg de thermostaat van de aarde. Bossen en andere plantengroei vervangen is niet eenvoudig, want het gaat niet enkel om bomen of planten maar ook om de grote hoeveelheden schimmels en bacteriën die erbij horen. Behouden van flora is veel effectiever dan (onoordeelkundig) herbeplanten.

**We zijn te vaak bezorgd om weer een interessante of “lieve” soort die verdwijnt en verliezen daarbij de totale biomassa uit het oog! We moeten veel bezorgder zijn voor planten, bacteriën of schimmels die verdwijnen, samen goed voor 95,2% van de biomassa.**

Door het verkleinen van biomassa worden allerlei kringlopen waar biomassa in voorkomt, beïnvloed waardoor ze zelfs kunnen stilvallen. Zo daalt bijvoorbeeld de capaciteit van het Amazonewoud om CO<sub>2</sub> te absorberen drastisch door kappen. Ook de samenstelling van de biodiversiteit kan sterk veranderen, bijv. wanneer grote roofvissen wegvallen door overbevissing of verzuring. Daardoor wordt de zee nu bevolkt door meer maar kleinere vissoorten en neemt de totale biomassa af.

De Phyllosphere biologie<sup>16</sup> is een nog jonge wetenschap die leert dat het deel van een plant boven de grond bedekt is met tien miljoen bacteriën van een honderdtal soorten per cm<sup>2</sup>. Zonder deze bacteriën leeft de plant niet. Meer nog, zonder die bacteriën doet ze haar kooldioxide- en stikstof-verwerkende taken niet. Dat toont nogmaals aan dat allerlei onverwachte kringlopen tussen soorten vitaal zijn voor het in stand houden van ons levend ruimteschip aarde. Maar ook dat we veel kringlopen nog niet begrijpen.

---

*“Klimaatverandering is nog niet de helft van ons probleem. We vernielen de levende schil van onze aard”*

*Tamar Stelling, De Correspondent<sup>xliv</sup>*

---

**Met 0,01 % van de biomassa heeft de mens door de gekozen manieren van organiseren en werken een onevenredig groot impact op de andere 99,99% van de biosfeer.**

---

<sup>16</sup> Phyllosphere: term uit de microbiologie voor het deel van de plant dat boven de grond in de atmosfeer steekt (Rhizosphere is voor het deel onder de grond)

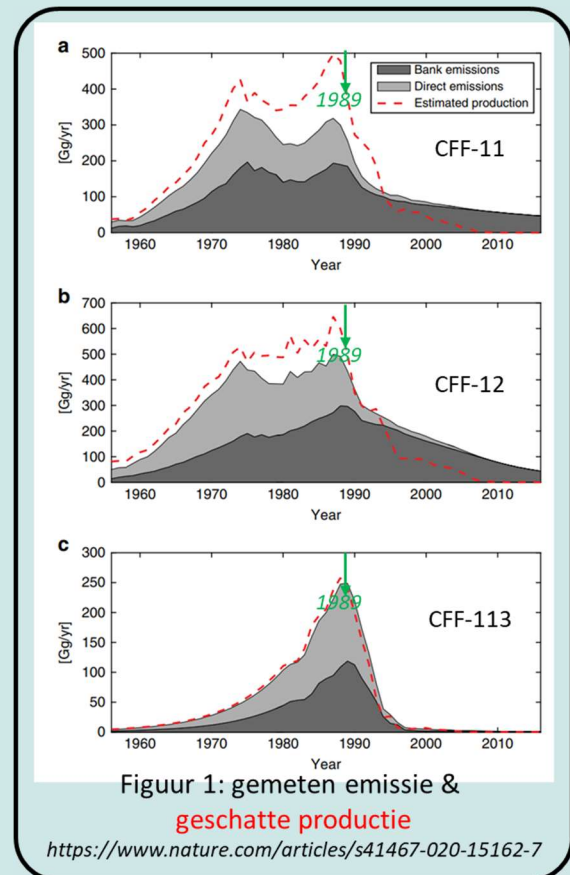
## Case "Het gat in de Ozon" - Deel2: De reacties

### Big Business

Voor bedrijven die CFK's als eerste patenteerden (Frigidaire) en op grote schaal produceerden (General Motors en DuPont) waren CFK's booming business. De eerste vormen waren CFC-11, CFC-12 en CFC-113 (het cijfer verwijst naar de Cl en F atomen). Daarvan zijn dan ook de meeste emissie- en afgeleide productiegegevens beschikbaar. Vandaag pronken deze bedrijven niet meer met hun historische verkoopcijfers.

### De voorspelbare reactie

Nadat de schadelijke effecten van CFK's bekend raakten, was de eerste reactie van de bedrijven heel traditioneel: ze ontkenden het probleem en bleven vooral alle voordelen aanprijzen. Eén daarvan was werkgelegenheid. Resultaten uit onderzoeken en argumenten van wetenschappers werden in een mist gehuld:



"Er is nog geen wetenschappelijk sluitend bewijs dat de CFK's de afbraak van de Ozonlaag veroorzaken", of;

"Het verband tussen afbraak van de Ozonlaag en het aantal kankers staat niet vast".

De fabrikanten haalden er wetenschappers en lobbyisten bij die hun sporen verdiend hadden in de tabaksindustrie. De producenten schoven ook nieuwe producten naar voor die volgens hen deze nadelen niet zouden hebben.

Onder druk van de publieke opinie – vooral in de VS – bemoeide de politiek er zich mee. De bevolking maakte zich zorgen. Er is een "Gat in de Ozonlaag" waar schadelijke Uv-straling doorheen komt. En een gat moet en kan je dichten. Begrijpbare boodschappen die ngo's bespeelden en die de wetenschap bij het grote publiek brachten.



## *De druk groeit*

De eerste hoorzittingen in het Amerikaanse congres over CFK's en hun effecten hadden al plaats in 1974. Het meest tastbare gevolg hiervan was dat kredieten werden vrijgemaakt voor onderzoek. Ze financierden onder andere de metingen, labotesten en simulaties uit vorig deel.

Onder druk van de publieke acties van ngo's en betogingen gingen de Verenigde Staten als eerste achter beperking van productie en verkoop van CFK's staan. Europa en ook Azië bleven maatregelen tegenhouden.

Maar hoe moest dit aangepakt worden? Er waren een resem problemen

De gevolgen waren wereldwijd voelbaar;

De belangen van industrie, politiek en burgers lagen "onverzoenlijk" ver uit elkaar;

De rijke landen gebruikten en profiteerden van de producten, maar ze werden in ontwikkelingslanden gemaakt.

In 1985 kwamen twintig rijke landen samen om een manier van aanpak vast te leggen. In de "Conventie van Wenen voor bescherming van de Ozonlaag" legden ze principes vast

Politiek, wetgeving, business en wetenschap werken samen op lokaal en internationaal niveau om tot een goede oplossing te komen;

Specifieke noden van ontwikkelingslanden worden in rekening gebracht voor de gekozen oplossingen.

Het gat groeide tot 28,4 miljoen km<sup>2</sup>, maar de industrie gaf niet op!

---

*"Wij geloven niet dat er een dreigende crisis is die unilaterale regelgeving vereist"*

*Alain Dupont, Voorzitter RvB Du Pont de Nemours, 1987*

*"Wij zullen geen product produceren tenzij het veilig en in overeenstemming met passende criteria inzake veiligheid, gezondheid en milieukwaliteit kan worden vervaardigd, gebruikt, behandeld en verwijderd. Op dit moment wijst wetenschappelijk bewijs niet op de noodzaak van een drastische beperking van de CFK-emissies. Er is geen meting beschikbaar van de bijdrage van CFK's aan een waargenomen verandering van de ozonlaag."*

*Ontwerp van communicatie van Du Pont, 1988*

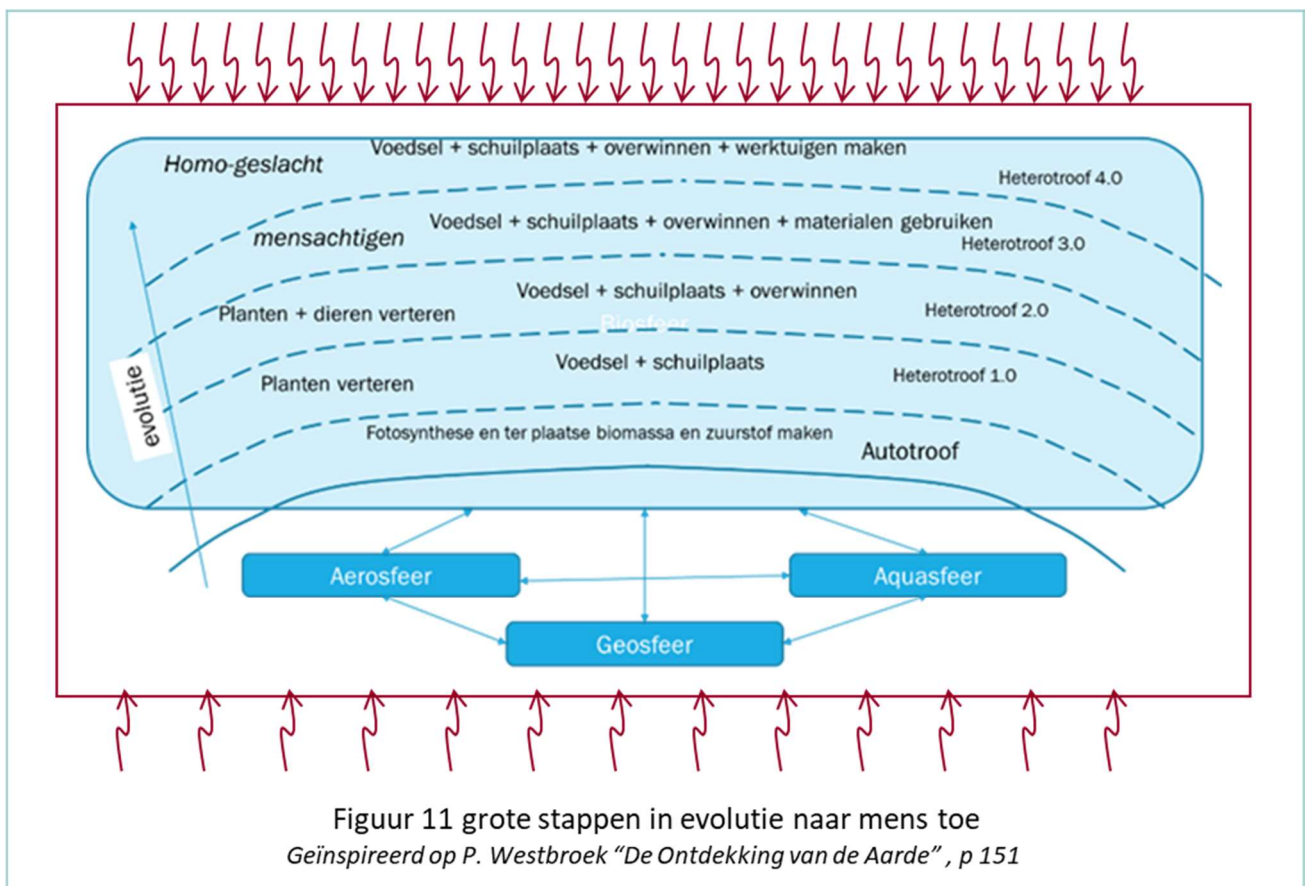
---

## Mens is een voorlopig hoogtepunt

Als Homo Sapiens zien we onszelf als het (voorlopige) hoogtepunt van de biologische evolutie. Dat doen we op basis van complexiteit als organisme, het feit dat we bewust zijn van ons zelf, dat we ons organiseren en – volgens we weten – op een punt van beschaving staan dat nog nooit bereikt werd.

## Aanloop naar de menselijke soort

In grote lijnen neemt de complexiteit van biologische soorten toe in volgende fases tot het leven dat we vandaag kennen, met de mens als voorlopig meest complex wezen. Kijk even terug naar figuur 5 voor de grote tijdvakken van toenemende complexiteit van leven.



Autotroof leven: pure fotosynthese

Heterotroof 1.0: dieren leven door verbranding van planten en / of andere dieren als bron van energie. Ze schuilen of vluchten om niet gepakt te worden;

Heterotroof 2.0: dieren zoeken, gebruiken en bouwen een schuilplaats om zich te beschermen tegen de vijand. Ze ontwikkelen strategieën om vijanden te verschalken of voedsel te veroveren;



Heterotroof 3.0: dieren gebruiken gevonden materialen om voedsel te zoeken en betere schuilplaatsen te bouwen, vaak door samen te werken;

Heterotroof 4.0: sommige diersoorten gebruiken gemaakte werktuigen om het leven dragelijker te maken en samen te werken om voedsel te vinden, te verwerken en in groep te leven.

## *De mens als biologisch wezen*

We staan hoog op de ladder als complex organisme. We zijn echter niet overal kampioen in. Sommige organismen zijn sterker of sneller, of horen of zien beter...

Hier volgen enkelen kenmerken van ons organisme.

We worden geboren met 2.000.000.000.000 cellen en groeien uit tot ongeveer 37,2 biljoen cellen of 37.200.000.000.000. Sommige cellen leven kort en andere gaan lang mee<sup>xiv</sup>:

Witte bloedcellen leven enkele uren;

Epitheelcellen van onze maag gaan 2 tot 3 dagen mee;

Huidcellen houden het 4 weken uit;

Rode bloedcellen werken 4 maanden;

Skeletcellen dienen 8 tot 10 jaar;

Zenuwcellen gaan ons ganse leven mee!

De mens bevat ongeveer evenveel microben en bacteriën als eigen cellen, samen goed voor gemiddeld 2 kg. Onze hersenen wegen 1,4 kg. De wisselwerking tussen de bacteriën in ons darmstelsel en onze hersenen is heel bepalend voor de werking van ons immuunsysteem en ons gevoel van welbehagen. Dat immuunsysteem houdt virussen en bacteriën van buitenaf tegen.

In deze vervangingsprocessen kan het ook verkeerd gaan. Dan sterven cellen te snel af of ze groeien juist wild.

Onze cellen bestaan voor 99% uit waterstof, zuurstof, koolstof en stikstof voor de rest uit een hele reeks van atomen uit de kosmos, zoals weergegeven in onderstaande tabel.

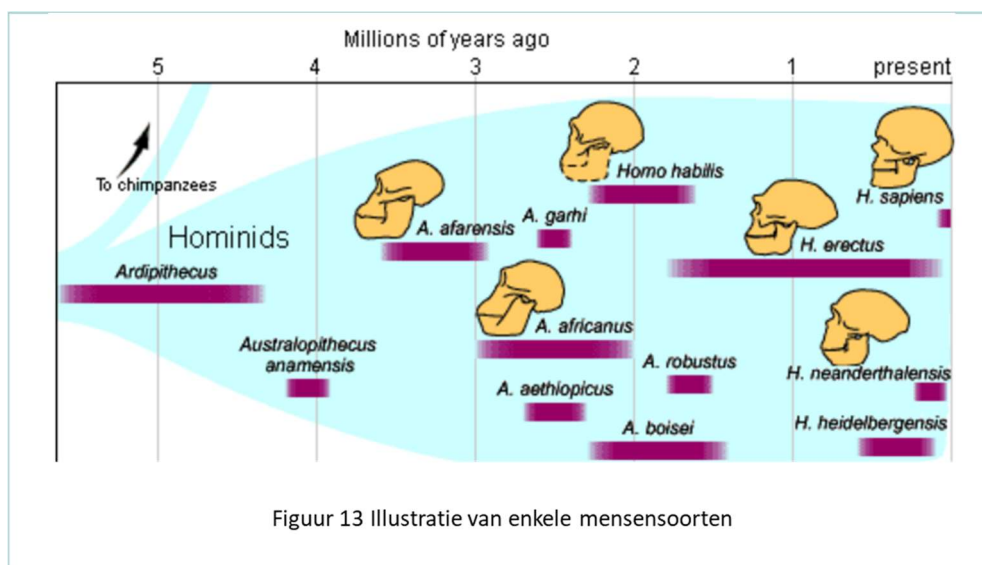
Element	Naam	Plaats in tabel	Elektronen buitenste schil	Relatief aantal bij de mens	% aandeel
H	Waterstof	1	K1	375.000.000	62,2610296
O	Zuurstof	8	L6	132.000.000	21,9158824
C	Koolstof	6	L4	85.700.000	14,2287206
N	Stikstof	7	L5	6.430.000	1,0675691
Ca	Calcium	20	N2	1.500.000	0,2490441
P	Fosfor	15	M5	1.020.000	0,1693500
S	Zwavel	16	M6	260.000	0,0431676
Na	Natrium	11	M1	183.000	0,0303834
Cl	Chloor	17	M7	127.000	0,0210857
Mg	Magnesium	12	M2	40.000	0,0066412
Si	Silicium	14	M4	38.000	0,0063091
Fe	Ijzer	16	N2	2.680	0,0004450
Zn	Zink	30	N2	2.110	0,0003503
Cu	Koper	29	N1	76	0,0000126
I	Jodium	53	O7	14	0,0000023
Mn	Mangaan	25	N2	13	0,0000022
F	Fluor	9	L7	13	0,0000022

Cr	Chroom	24	N1	7	0,0000012
Se	Seleen	34	N6	4	0,0000007
Mo	Molybdeen	42	O1	3	0,0000005
Co	Kobalt	27	N2	1	0,0000002

Figuur 12 procentuele verdeling atomen in lichaam van een mens

De mens is een vrij complex organisme. Door dierlijk en plantaardig voedsel te eten, te verbranden en om te zetten in afvalstoffen houdt lichaam het een permanent onevenwicht in stand. Leven houdt in dat onze cellen voortdurend delen en afsterven zodat we elke tien jaar een "nieuw" persoon zijn, op onze zenuwcellen na. Ligt in het behoud van de zenuwcellen de kern van ons bewustzijn, van een "entiteit", van een "IK"?

### De mens als evolutionair wezen



Figuur 13 Illustratie van enkele menssoorten

<https://evolution.berkeley.edu/human-evolution/>

Dat de mens ouder was dan de 6.600 jaar die de bijbel voorschrijft, drong pas door na de ontdekking van de Brixham Cave in Devon (UK) op 15 januari 1858<sup>xlvi</sup>. Hierdoor en door Darwins theorie van natuurlijke selectie (1859) werd vanaf dan de mens gezien als een evolutionair wezen met een intrigerende geschiedenis. De oorsprong van de mens wordt nog volop onderzocht want er zijn maar een beperkt aantal skeletten die goed genoeg bewaard zijn om te spreken van verschillende menssoorten. In bepaalde periodes leefden vijf soorten naast en met elkaar. Sommige soorten leefden gedurende meer dan een miljoen jaar. Er wordt nog

volop gespeculeerd over wanneer onze voorouders rechtop zijn gaan lopen en beharing inruilden voor zweten om langer en beter te presteren in de warmte van de zon. Recente vondsten geven aan dat er in Afrika op meerdere plaatsen in het noorden, oosten en zuiden mensachtigen leefden die redelijk van elkaar verschilden qua schedelinhoud, gestalte en lichaamsbouw. Ze maakten allemaal werktuigen en enkele beheersten het vuur. Sommigen zwierven uit tot in Azië. Daarbij leefden deze soorten in wisselende klimatologische omstandigheden. Vaak lange koude periodes van 100.000 jaar afgewisseld met mildere periodes. Pas sinds de meest recente soort 80.000 tot 120.000 jaar geleden uit Oost-Afrika uitzwierf over Eurazië en zich vermengde met eerder uitgezworven mensensoorten evolueerde de mensheid naar één homogeen type, de Homo Sapiens<sup>xlvii</sup>. Johan Braeckman beschrijft deze boeiende zoektocht naar de oorsprong van de mens overzichtelijk in zijn gesprek met Dirk Verhofstadt<sup>xlviii</sup>.

**Heel veel over de evolutie van de mens is nog giswerk. De materiële vondsten verspreid over de wereld zijn beperkt, ook al worden er nog steeds nieuwe gevonden. Door DNA-onderzoek en koolstof-14 tijdsbepaling worden relaties en tijdsinschattingen steeds duidelijker. Maar omdat er geen geschreven bronnen zijn over de prehistorische mens blijft veel vatbaar voor speculatie.**

Schedelinhoud is één van de manieren om orde in opeenvolgende mens-soorten te brengen. Inzichten over de vroege samenlevingen veranderen nog regelmatig. In het begin van de 21<sup>e</sup> eeuw was het nog gewoon om te beweren dat de Homo Neanderthalencis werd uitgeroeid door de Homo Sapiens. Vandaag is men er zeker van dat de twee soorten door en met elkaar leefden. De sporen daarvan zijn terug te vinden in ons DNA. De neanderthaler vervaardigde kunst, had een dodencultus en stierf als soort waarschijnlijk een “zachte” dood omdat die in te kleine en te verspreide groepen leefde. In “Het Boek Eva”<sup>xlix</sup> evoceert Marianne Fredriksson hoe zo’n gemengde samenleving zou kunnen functioneren.

Recent onderzoek bevestigt dat wat we nu begrijpen over het samenleven van Neanderthaler en Homo Sapiens in Europa ook geldt voor Homo Sapiens en de Denisova-mens in een gebied van Siberië tot Zuidoost Azië<sup>l</sup>.

De Homo Sapiens is als meest recente soort ontstaan iets meer dan 300.000 jaar geleden, volgens datering van de Jebel Irhoud skeletten uit Marokko<sup>li</sup>. Ook al wordt dat weer in twijfel getrokken en gaan er stemmen op dat die ouder zijn. Dit type mens trok – net als twee van zijn voorgangers - in een aantal golven weg uit Afrika naar Azië, later naar Europa en nog later over land vanuit Azië naar Noord Amerika. Recente vondsten laten vermoeden dat de mens ook langs kusten naar het Amerikaanse continent voer.

Zo bestreek de Homo Sapiens de ganse wereld en paste zich aan lokale omstandigheden aan. Dit strookt met de strategie dat een soort het best rampen overleeft door zich over de ganse aarde te verspreiden.

*De triatleet is nog net 3 meter vóór het einde van de triatlon als de Homo Sapiens verschijnt!*

Op zijn trektochten als jager-verzamelaar volgde de mens het spoor van dieren en planten. In die tijd liet de Homo Sapiens al sporen na in de vorm van tekeningen op rotswanden en van bouwwerken uit de lange transitieperiode tussen jager-verzamelaar en sedentaire boer. Bouwwerken waarvan we ons nog steeds afvragen waartoe die grote constructies dienden. In ieder geval: deze mensen maakten kunst, hadden een dodencultus en wisselden medemensen, producten en kennis uit tussen rondtrekkende groepen over veel grotere afstanden dan we tot voor kort vermoedden.

De mens leefde in en met de natuur, in samenlevingsvormen waar de groep centraal stond eerder dan het individu. De mens voelde zich getolereerd in de natuur, op gelijke voet met andere dieren en planten. De religie, het animisme<sup>17</sup>, was één met de natuur. Voorouders werden vereerd in functie van lokale omgeving en omstandigheden. De religieuze praktijken verschilden tussen rondtrekkende groepen.

Onze hersenen ondergingen tijdens dit verblijf in “de moederlanden<sup>18</sup>” een aantal bijzondere veranderingen door zich aan te passen aan veranderende omgeving. Enkele voorbeelden:

Op twee benen lopen en de handen vrij hebben om er iets mee te doen (10 – 5 miljoen jaar geleden);

Aanpassen aan de omgeving (droogte, hoogte, land, kusten of rivieren, planten- en diersoorten...) (7 – 2 miljoen jaar geleden);

De ontwikkeling van grotere frontale hersenen en ingrijpen op de omgeving met werktuigen (3 miljoen – 30 000 jaar geleden);

Uitbreiden van bewustzijn, taal, technieken om dingen te maken (200.000 jaar geleden – nu).

Een van de meest recente mutaties in het DNA van de Homo Sapiens in onze streken was lactose tolerant worden en melk van vee te drinken. Veranderingen in dieet veroorzaakten ook veranderingen in gebit, zoals het aantal tanden.

**We zijn vandaag allemaal lid van de grote Homo Sapiens familie, met een stel hersenen dat in verschillende tijdvakken voorgeprogrammeerd werd gedurende omzwervingen in “de moederlanden”, en aangepast aan omstandigheden in verschillende regio's<sup>lii</sup>.**

---

<sup>17</sup> Animisme: is het filosofisch, religieus of spiritueel concept waarbij zielen of geesten niet alleen bestaan in mensen en dieren, maar ook in planten, stenen of natuurlijke fenomenen zoals donder en geografische zoals bergen en rivieren.

<sup>18</sup> “moederlanden”, de term die evolutionair bioloog Mark Nelissen gebruikt voor de vele millennia waarin de mens rondzwierf over de wereld en evolueerde van type. Deze periode is bepalend voor veel van onze fysieke en geestelijke kenmerken

## *De mens als bewust wezen*

De mens beseft dat hij een bewust wezen is (Homo Sapiens, sapientia = wijsheid<sup>19</sup>) en stelt zelf de criteria van bewustzijn op <sup>liii</sup>

Aanwezigheid van aandacht en de mogelijkheid om die aandacht te richten;

Creatie van en het omgaan met abstracte ideeën en communicatie daarover;

Mogelijkheid om de betekenis en gevolgen van een handeling in te schatten, te plannen en verwachtingen te hebben;

Zelferkenning en erkennen van anderen;

Hanteren van ethische en esthetische waarden.

Bewustzijn heeft de mens ertoe aangezet intens samen te werken om samen bepaalde doelstellingen te realiseren. Dat gedrag was er al heel vroeg in “de moederlanden” om gezamenlijk te jagen. Samenwerken groeide verder uit toen de mens sedentair ging leven en zich specialiseerde in rollen om nieuwe samenlevingen te vormen<sup>liv</sup>.

De mens is niet het enige bewuste wezen. In 1970 bedacht Gordon Gallup (1941) de spiegelproef voor zelferkenning bij dieren. Volgens deze test herkennen mensapen, dolfijnen, olifanten en varkens zichzelf en hebben dus kenmerken van bewustzijn tot aan dit punt. Deze kenmerken van bewustzijn kunnen niet toegewezen worden aan één plaats in de hersenen. Dit wijst bij meerdere diersoorten op de emergentie van het geheel van de hersenen dat bestaat uit ongelooflijk veel subsystemen.

**Brein-chauvinistische mensen stellen dat de mens het enige intelligente wezen is en daarom het recht heeft de wereld te beheersen. Alom tegenwoordige regelkringen in de natuur en de veerkracht die in die regelkringen is ingebouwd getuigt van meerdere verschillende vormen van intelligentie.**

---

<sup>19</sup> Sapientia: Wijsheid of levenswijsheid is de kunst om in alle levensomstandigheden juist te oordelen en te handelen

De mens heeft niet het patent op intelligentie. "Natuurlijke Intelligentie"<sup>iv</sup> ontstond door natuurlijke selectie in veel domeinen, bijv.

Bossen onderhouden zichzelf door processen van onderlinge communicatie die bomen aangaan met netwerken van schimmels;

Stoffen die supersterk zijn (spinrag);

Stoffen die kleven (mosselen op mosselbanken, gekko's);

Stoffen die ontsmetten (huid van haai), enz.

Alles wordt gemaakt zonder extra energieverbruik of teveel aan CO<sub>2</sub> als bijproduct en zonder de creatie van een afvalberg.

De basisbouwstenen van onze hersenen (zetel van bewustzijn en intelligentie) zijn precies dezelfde levenloze atomen als materie en de rest van ons lichaam. Dit plaatst ons voor het dilemma van "the hard problem of consciousness", in 1994 geformuleerd door David Chalmers (1966):

Ofwel komt bewustzijn door de enorme hoeveelheid cellen en verbindingen tussen de synapsen in de hersenen en het lichaam in 't algemeen;

Ofwel zijn er toch speciale "geestrijke cellen" die we op de dag van vandaag nog niet kennen.

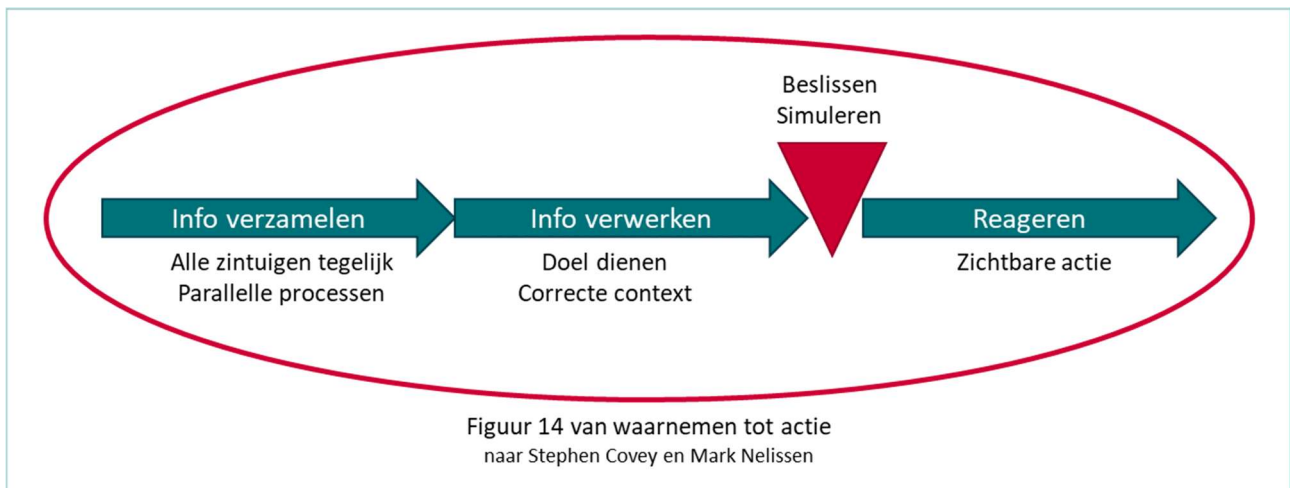
Als dat laatste waar is dan moeten we de volledige natuurkunde herbekijken en bijv. Qualia<sup>20</sup> introduceren.

### *De mens als verantwoordelijk wezen*

**Alle afzonderlijke atomen, moleculen en cellen waaruit we bestaan zijn gebonden aan de natuurwetten. In die zin hebben we geen "vrije wil". Onze complexe systeemstructuur geeft ons een breed scala aan reactiemogelijkheden om bij alle omstandigheden die zich voordoen keuzes te maken, te beslissen en uiteindelijk te handelen. We leren op basis van de gevolgen van deze keuzes en acties en we passen daarop ons gedrag aan. We zijn dus verantwoordelijk voor ons gedrag.**

---

<sup>20</sup> Qualia: een bepaalde manier van kwalitatieve eigenschappen van waarneming en waarop wij de werkelijkheid en ons eigen denken ervaren die niet door de natuurwetenschappen kan worden beschreven



Handelen is het resultaat van een proces van<sup>vi</sup>

*Info verzamelen*: signalen van alle zintuigen;

*Info verwerken*: die signalen vergelijken met alles wat in het geheugen opgeslagen ligt uit voorbije ervaringen. Hierbij anticiperen onze hersenen op de situatie die direct gaat volgen om sneller te reageren<sup>vii</sup>. Daarbij maken ze fouten en gaan terug op wat ze weten uit het verleden;

*Beslissen*: bewust kiezen van wat te doen, als er al iets moet gebeuren;

*Reageren*: tot actie(s) overgaan, maar ook je beelden die bij de situatie horen aanpassen.

Beslissen is "slechts" de derde stap in dit proces. Een beslissing is dus geconditioneerd door

Wat waargenomen wordt vanuit een bepaalde positie;

De beelden die al in onze hersenen aanwezig zijn waartegenover die waarnemingen worden uitgezet.

Onder de fMRI scan wordt waargenomen dat de zone van actie eerder reageert dan die van redeneren en beslissen. Is die beslissing dan nog vrij? Of geven we er een logische uitleg aan... achteraf?

---

*"Alles kan een mens ontnomen worden, behalve één ding: de laatste van de menselijke vrijheden om zijn houding te kiezen in een gegeven situatie, om zijn eigen weg te kiezen."*

*Viktor Frankl<sup>lviii</sup> (1905-1997), neuroloog, psychiater en overlever concentratiekampen*

---



Een model van hoe ons brein als biologisch organisme werkt komt van Nobelprijswinnaar Daniel Kahneman (1934). Hij introduceert, als uitleg voor het feit dat de mens geen logisch handelend economisch wezen is, twee modi operandi voor ons brein <sup>lix</sup>:

Systeem 1: het basissysteem dat 98% van ons denken uitmaakt evalueert snel, onbewust en automatisch een situatie, “wat je ziet is wat er is”, en handelt moeiteloos. In deze modus werken we met eenvoudige heuristieken die een snelle inschatting van de situatie toelaten maar die vol vooroordelen zit en geen alternatieven inbrengt;

Systeem 2: neemt het in 2% van de tijd over van systeem 1, zoekt bewust en doordacht naar nieuwe feiten en informatie, werkt zelfbewust, logisch, is sceptisch en neemt beslissingen vooraleer te handelen.

In de evolutie is Systeem 1 veel ouder dan Systeem 2. Recente proeven met mobiele hersenscanning met MEG<sup>21</sup> technologie tonen aan dat Systeem 2 in de prefrontale cortex ligt, het meest recente deel van onze hersenen<sup>lx</sup>. In feite is Systeem 2 slaaf van Systeem 1 waardoor we veel minder rationeel denken en handelen dan we graag geloven. Niet dat dit erg is, zo overleven we in een overweldigende wereld. We kunnen ons daar maar beter van bewust zijn als we nadenken over onszelf, ons standpunt en houding bepalen tegenover de uitdagingen van elke dag. Systeem 2 neemt het ook over van Systeem 1 om angst voor het onbekende te overwinnen. Systeem 1 houdt de mens van nature aan de status quo, maar dankzij Systeem 2 overwinnen we die angst, gaan we nieuwe uitdagingen aan, leren we en gaan we vooruit.

Roman Krznaric komt via een andere aanvliegroute op een vergelijkbare tweedeling van het brein. Hij spreekt van het “Marshmallowbrein” en het “Eikelbrein”. Het Marshmallowbrein prikkelt ons om voor snel genot en beloningen te gaan en tegelijkertijd alle vormen van pijn te vermijden. Het Eikelbrein stelt ons in staat de toekomst in te beelden en zaken te doen om dat toekomstbeeld te realiseren. De geest vertoeft meestal in het hier en nu maar is in staat om ook zich de toekomst elders en later voor te stellen<sup>lxi</sup>.

## *Alles in één verhaal*

De kosmos vermaakt voortdurend basismaterialen tot sterren, planeten en zwarte gaten. De aarde wordt in een permanente vorm van onevenwicht gehouden door continue energietoevoer door de zon en vanuit het binnenste van de aarde. Die energie stuwt vele op elkaar ingrijpende kringlopen van gesteentes, lucht en water waaruit onvermijdelijk levende biomassa geconstrueerd wordt. Deze kringlopen zorgden in de entropische schaduw van de zon en in de loop van kosmische tijdsperiodes voor toenemende complexiteit aan materialen (atomen), structuren (moleculen) en levende organismen (cellen). Alle evolutie in biomassa is gebaseerd op willekeurige variaties en overleven in een omgeving die zelf van tijd tot tijd

---

<sup>21</sup> MEG: magneto-encefalografie

verandert. Na verschillende periodes van verval en heropbouw ontstond uiteindelijk de biomassa die wij als bewust wezen om ons heen waarnemen en ervaren.

**Als mens zijn we één van de meest complexe organismen en maken voor 0,01% integraal deel uit van de totale biomassa op het levende “ruimteschip aarde”.**

---

*“Een van de dingen die een langdurig verblijf in de ruimte zo interessant maken, is dat je de aarde in de loop van de weken en maanden die je daar bent, kan zien veranderen. Je ziet het ijs in stukken breken, je ziet de seizoenen komen en gaan. Doordat je de tijd op die manier ziet verstrijken dringt het echt tot je door dat de aarde een levend, ademend organisme is dat in de duistere ruimte hangt en zich door het heelal verplaatst”*

*Ronald Garan (1961), verbleef in 2011 gedurende 164 dagen in ISS ruimtestation*

---

Ondanks het kleine aandeel van 0,01% in de biomassa heeft de mens door de manier waarop hij energie gebruikt om producten te maken en diensten te realiseren een onevenredig groot impact op zowat alle bestaande kringlopen. Vooral na WOII wegen de geïndustrialiseerde en op monocultuur gebaseerde activiteiten zwaar door. Dit word nog eens versterkt door het feit dat we vandaag met acht miljard zijn.

**We hebben geen vrije wil in de absolute betekenis van het woord, maar we zijn volledig verantwoordelijk voor ons gedrag. Dus ook verantwoordelijk voor de manier waarop we**

**Nu met de levende aarde omgaan;**

**De levende aarde doorgeven aan nog grotere volgende generaties.**



*In het volgend hoofdstuk over de derde laag van het wereldbeeld wordt ingegaan op de samenleving. Beheersen dezelfde wetten uit de natuurkunde en de biologie ook onze samenleving? Hoe staan we er dan voor op vandaag? Wat kunnen we ondernemen om de aarde in goede conditie door te geven aan volgende generaties?*

## *Naar je werkboek*

NA HET LEZEN VAN DIT HOOFDSTUK KAN JE OP WERKBLAD 1 VAN “ACTIE 1: OPBOUW EIGEN WERELDBEELD” UIT HET “WERKBOEK” IN HOOFDSTUK 7 BESCHRIJVEN HOE JIJ HET ONTSTAAN VAN LEVEN ZIET OP AARDE EN DAARBINNEN DE MENS.

OP DIE MANIER FORMULEER JE DE TWEEDE LAAG VAN JE EIGEN WERELDBEELD.

- <sup>i</sup> “On the origin of species”, Charles Darwin, 1859, John Murray Albemarle Street London en [https://en.wikipedia.org/wiki/On\\_the\\_Origin\\_of\\_Species](https://en.wikipedia.org/wiki/On_the_Origin_of_Species)
- <sup>ii</sup> Quanta Magazine, 2017, [Dividing Droplets Could Explain Life’s Origin | Quanta Magazine](#)
- <sup>iii</sup> <https://dodona.ugent.be/nl/activities/434589381/>
- <sup>iv</sup> [Miller-Urey Experiment | Science Facts](#)
- <sup>v</sup> Nick Lane, p 18, 2011, “Levenswerk, de tien sterkste statltjes van de evolutie, Uitgeverij Veen Magazines
- <sup>vi</sup> Luc De Roy VRTnws, 2018, <https://www.vrt.be/vrtnws/nl/2018/02/20/planten-verschenen-eerder-op-aarde-dan-tot-nu-toe-gedacht--500-m/>
- <sup>vii</sup> [Benard Cells - an overview | ScienceDirect Topics](#)
- <sup>viii</sup> T. H. Solomon and J. P. Gollub, 1988, “Chaotic particle transport in time-dependent Rayleigh-Bénard convection”, <https://journals.aps.org/prabstract/10.1103/PhysRevA.38.6280>
- <sup>x</sup> Quanta 2014, [A New Physics Theory of Life | Quanta Magazine](#)
- <sup>xi</sup> Jeremy L. Engels, 2013, <http://www.Englandlab.com/uploads/7/8/0/3/7803054/2013jcpsrep.pdf>
- <sup>xii</sup> [Frontiers | Energy at Origins: Favorable Thermodynamics of Biosynthetic Reactions in the Last Universal Common Ancestor \(LUCA\) | Microbiology \(frontiersin.org\)](#)
- <sup>xiii</sup> [Het eerste leven was simpeler dan gedacht | De Standaard](#) en [Frontiers | Energy at Origins: Favorable Thermodynamics of Biosynthetic Reactions in the Last Universal Common Ancestor \(LUCA\) | Microbiology \(frontiersin.org\)](#)
- <sup>xiv</sup> Nick Lane, p 27- 38, 2011, “Levenswerk, de tien sterkste statltjes van de evolutie, Uitgeverij Veen Magazines
- <sup>xv</sup> Nick Lane, p 58-60, 2011, “Levenswerk, de tien sterkste statltjes van de evolutie, Uitgeverij Veen Magazines
- <sup>xvi</sup> [Peptides on Stardust May Have Provided a Shortcut to Life | Quanta Magazine](#)
- <sup>xvii</sup> Brian Greene, 2020, P98 - 100, “Tot het einde der tijden. De zoektocht naar de reden van ons bestaan in een nieuwe wereld”, Spectrum, Amsterdam
- <sup>xviii</sup> Neil Shubin, 2013, p 136 - 138, “Het heelal in ons, de gemeenschappelijke geschiedenis van stenen, planeten en mensen”, NwA'DAM
- <sup>xix</sup> Quantamagazine, 2017, [How Life \(and Death\) Spring From Disorder | Quanta Magazine](#)
- <sup>xx</sup> [Maxwells demon - Wikipedia](#)
- <sup>xxi</sup> <http://www.arvindguptatoys.com/arvindgupta/whatislife-schrodinger.pdf>
- <sup>xxii</sup> <https://www.nature.com/articles/d41586-020-03348-4>
- <sup>xxiii</sup> <https://www.allesoversterrenkunde.nl/!actueel/nieuws/detail/gli/astronomische-mijlpaal-meer-dan-5000-exoplaneten-o/>
- <sup>xxiv</sup> Een synthese op basis van het ganse boek van Niel Shubin (2014) “Het heelal in ons, de gemeenschappelijke geschiedenis van stenen, planeten en mensen” en de eerste twee hoofdstukken uit het boek van Brian Greene (2020) “Tot het einde der tijden. De zoektocht naar de reden van ons bestaan in een nieuwe wereld”
- <sup>xxv</sup> Quantamagazine, 2017, [First Support for a Physics Theory of Life | Quanta Magazine](#)
- <sup>xxvi</sup> Quantamagazine, 2021, [What Is Life? Its Vast Diversity Defies Easy Definition. | Quanta Magazine](#)
- <sup>xxvii</sup> Daniel E. Koshland Jr, 2002, [The Seven Pillars of Life | Science \(sciencemag.org\)](#)
- <sup>xxviii</sup> David Espeset, 2018, [\(PDF\) THE CONCEPT OF COMPLEXITY IN EVOLUTIVE BIOLOGY: A SYNTHETIC REVIEW. | David ESPESSET - Academia.edu](#)
- <sup>xxix</sup> William Ross Ashby, 1973, “some peculiarities of complex systems”, P 1 to 8 Cybernetics Medicine 9
- <sup>xxx</sup> Claus Emmeche, 1997, P 4/16, [Aspects of Complexity in Life and Science \(nbi.dk\)](#)
- <sup>xxxi</sup> Logos Instituut, 2020, [Kunnen ogen door evolutie zijn ontstaan? - Logos Instituut](#)
- <sup>xxxii</sup> Kris Verburgh, p 104 – 106, “Fantastisch! Over het universum in ons hoofd”, Houtekiet, Antwerpen
- <sup>xxxiii</sup> Kris Verburgh, p 453 - 459, “Fantastisch! Over het universum in ons hoofd”, Houtekiet, Antwerpen
- <sup>xxxiv</sup> Neil Shubin, 2013, p 219 - 223, “Het heelal in ons, de gemeenschappelijke geschiedenis van stenen, planeten en mensen”, NwA'DAM
- <sup>xxxv</sup> Peter Westbroek, 2013, P 52 - 54, “De ontdekking van de aarde. Het grote verhaal van een kleine planeet” Uitgeverij Balans, Amsterdam
- <sup>xxxvi</sup> <https://www.nationalgeographic.nl/meteorietinslag-die-dinos-de-das-omdeed-was-waarschijnlijk-in-voorjaar#:~:text=Ongeveer%2066%20miljoen%20jaar%20geleden,huidige%20Amerikaanse%20staat%20North%20Dakota.>

- 
- xxxvii Carl von Linné, 1758, "Systema Naturae", [https://nl.wikipedia.org/wiki/Systema\\_naturae](https://nl.wikipedia.org/wiki/Systema_naturae)
- xxxviii <https://ourworldindata.org/extinctions#how-many-species-have-gone-extinct>
- xxxix <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/biodiversity/>
- xl <https://news.mongabay.com/2020/12/photos-top-15-species-discoveries-from-2020/>
- xli [https://wwf.panda.org/discover/our\\_focus/biodiversity/biodiversity/#:~:text=But%20if%20the%20upper%20estimate,are%20becoming%20extinct%20each%20year.en](https://wwf.panda.org/discover/our_focus/biodiversity/biodiversity/#:~:text=But%20if%20the%20upper%20estimate,are%20becoming%20extinct%20each%20year.en) <https://ourworldindata.org/extinctions>
- xlii <https://ourworldindata.org/extinctions#how-many-species-have-gone-extinct>
- xliii <https://www.visualcapitalist.com/all-the-biomass-of-earth-in-one-graphic/>
- xliv Tamar Stelling en Leon De korte, De Correspondent 2021, *Klimaatverandering is nog niet de helft van ons probleem. We vernielen de levende schil van de aarde*, Decorrepondent.nl
- xlvi <https://www.newscientist.nl/nieuws/ware-leeftijd-van-cellen-ontrafeld-alvleesklier-en-lever-ouder-dan-gedacht/> en <https://www.meneerspoor.nl/cellen.html#:~:text=Sommeige%20cellen%20blijven%20enkele%20uren,de%20cellen%20van%20ons%20skelet>).
- xlvii <https://www.historyofinformation.com/detail.php?id=4097>
- xlviii David Graeber en David Wengrow, 2021, p 113, "The dawn of everything, A history of humanity", Farrar, Straus en Giroux
- xlviii Johan Breckman, 2021, p 101 – 148, "Dirk Verhofstadt in gesprek met Johan Braeckman, Deel 1", Houtekiet
- xlix Marianne Fredriksson, "Het Boek Eva", 2003, Singel Uitgevers
- i ['Aziatische neanderthaler' komt boven water | De Standaard](#) en [A Middle Pleistocene Denisovan molar from the Annamite Chain of northern Laos | Nature Communications](#)
- ii [https://givingcompass.org/article/scientists-have-found-the-oldest-known-human-fossils/?gclid=CjwKCAiAxJSPBhAoEiwAeO\\_fP35rOAJf9ZHigN4KjosJko-S8rx-mUFRDA6U8qBwJkkBiR54cnJNahoCVmUQAvD\\_BwE](https://givingcompass.org/article/scientists-have-found-the-oldest-known-human-fossils/?gclid=CjwKCAiAxJSPBhAoEiwAeO_fP35rOAJf9ZHigN4KjosJko-S8rx-mUFRDA6U8qBwJkkBiR54cnJNahoCVmUQAvD_BwE)
- lii Mark Nelissen, 2009, P35 - 37, "Door de bril van Darwin, Op zoek naar de wortels van ons gedrag", Lannoo N.V. Tielt
- liii <https://www.ensie.nl/mark-nelissen/bewustzijn>, Marc Nelissen
- liiv Mark Nelissen, 2009, P 28- 43, "Door de bril van Darwin, Op zoek naar de wortels van ons gedrag", Lannoo N.V. Tielt
- lv <https://www.naturalintelligence.info/>
- lvi Stephen Covey, 1989, "The seven habits of highly effective people", Free Press en Mark Nelissen, 2009, "Door de Bril van Darwin. Op zoek naar de wortels van ons gedrag", Lannoo N.V. Tielt
- lvii [AI Researchers Fight Noise by Turning to Biology | Quanta Magazine](#)
- lviii Vikto Frankl, Wenen 26/03/1905 – 02/09/1997, Overleefde Theresienstadt, Auschwitz en Türkheim, [https://nl.wikipedia.org/wiki/Viktor\\_Frankl](https://nl.wikipedia.org/wiki/Viktor_Frankl)
- lix Daniel Kahneman, 2016, P 28- P 32, "Ons feilbare denken", Business Contact
- lx <https://www.wtnschp.be/wetenschap/technologie/de-timing-van-het-brein/>
- lxi Roman Krznaric, 2021, p 25-30, De goede voorouder, Langetermijndeke voor een korte termijn wereld", Uitgeverij Ten Have, Utrecht