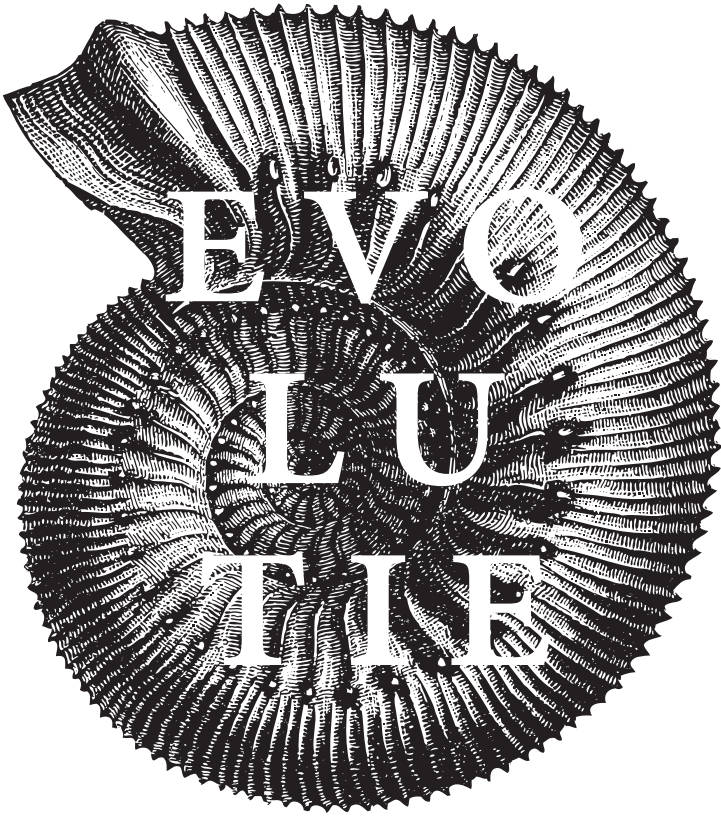


Dominique Adriaens



Verleden en toekomst van
Darwins geniale inzicht



ACADEMIA
PRESS

Uitgeverij Academia Press
Coupure Rechts 88
9000 Gent
België

www.academiapress.be

Uitgeverij Academia Press maakt deel uit van Lannoo Uitgeverij,
de boeken- en multimediativisie van Uitgeverij Lannoo nv.

ISBN 9789401460453
D/2020/45/2
NUR 922

Dominique Adriaens
Evolutie. Verleden en toekomst van Darwins geniale inzicht
Gent, Academia Press, 2020, 344 p.

Vormgeving cover en binnenwerk: Studio Lannoo (Aurélië Matthys)

© Dominique Adriaens & Uitgeverij Lannoo nv, Tielt

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

INHOUD

Dankwoord	9
1 – PROLOOG	11
2 – EVOLUTIE VAN DE EVOLUTIETHEORIE	15
VAN KLEI TOT TRANSMUTATIE	18
De oude Grieken	19
Enkele stille eeuwen	26
De geordende Zweed	30
De Franse natuurhistorici	36
De norske Brit	51
EN TOEN WAS ER NATUURLIJKE SELECTIE	56
De darwinist pur sang	56
De pretbederver	67
VAN NATUURLIJKE SELECTIE NAAR GENEN	70
De eerste genetici	70
De synthese	77
Gaan Lamarck en Darwin dan toch samen?	83
3 – EVOLUTIE VAN HET LEVEN	85
SPECIES (SOORT)	89
VARIATIE	99
Alles start met het genoom	99
Alles functioneert via het fenotype	116
Waarom draken niet bestaan... of toch?	126

NATUURLIJKE SELECTIE	136
Factoren achter natuurlijke selectie	137
Selectie voor of tegen?	143
Selectie tegen natuurlijke selectie?	146
Selectie op wat?	150
Selectie in welke richting?	152
BEHOUD VAN INFORMATIE	161
Evolutie is veranderen	161
Evolutie zonder natuurlijke selectie?	161
BEVOORDEELD	177
Nieuw of recycleage?	177
Specialisatie of adaptatie?	185
Adaptatie of fitness?	187
Streven naar een optimum?	193
Adaptief of neveneffect?	199
HET OVERLEVEN VAN DE STERKSTE?	205
Overleeft alleen maar de sterkste?	209
Op het juiste moment, op de juiste plaats	214
Bedriegers!	225
Hoe meet je fitness?	231
En wat als overleven niet lukt?	235
SOORTVORMING OF SPECIATIE	242
<i>To split or not to split, that's the question!</i>	244
Gescheiden en toch samen	254
4 – EVOLUTIE IN ACTIE: DARWINVINKEN	271
STAP 1 – DE VOOROUDER	275
STAP 2 – VARIATIE EN SELECTIE	278
STAP 3 – BEPERKINGEN IN DE VARIATIE	287
STAP 4 – PRESTATIE EN COMPROMISSEN	291
STAP 5 – REPRODUCTIEVE ISOLATIE EN SPECIATIE	299

5 - DE MENS DOET EVOLUEREN	308
6 - EN NU?	324
Bibliografie	327
Figuren	344

DANKWOORD

Op een bepaald moment beslist een mens een boek te schrijven, nog niet goed wetend wat dit allemaal omvat en hoeveel mensen er uiteindelijk mee aan de basis zouden liggen. Ook dit boek had zijn huidige vorm nooit bereikt zonder de steun en inspiratie van anderen. Vooreerst wil ik talrijke personen bedanken die, zonder het te beseffen, mij gestimuleerd hebben deze stap te zetten. De vele studenten met wie ik boeiende discussies heb gehad over evolutie, maar ook de talrijke aanwezigen op de verschillende lezingen die ik over dit onderwerp heb gegeven. Hun enthousiasme om meer te willen weten over evolutie is mijn grote drijfveer geweest.

Maar ook dank aan die personen die mij concreet overtuigd hebben om daadwerkelijk een boek te schrijven. De verkennende gesprekken met de mensen van Academia Press – Lies Poignie, Freya Maenhout en Isaac Demey – waren van dien aard dat ik al snel overtuigd was om de stap te wagen. De vlotheid van het overleg tijdens het schrijfproces – zoals bij de ‘kleine’ aanpassing toen het initiële onderwerp voor het boek eventjes werd overhoopgegooid – apprecieer ik ten zeerste. Extra dank aan Isaac die mijn groeiproces naar het schrijven van vlotte Nederlandse teksten heeft doorstaan, en vooral wiens gedetailleerde revisies uitermate leerrijk zijn geweest. Ook dank aan Jeroen Bert voor de talrijke suggesties om de tekst leesbaarder te maken.

De talrijke collega's die enthousiast waren toen ze hoorden dat ik een boek zou schrijven, en dit initiatief steunden, wens ik eveneens te bedanken. Speciaal dank aan Mark Nelissen, Johan Mertens, Hans Van Dyck en Lieven Pauwels voor hun kritische blikken op

het manuscript, die het boek beter hebben gemaakt. Het doet plezier om dit soort waardering hiervoor te ervaren vanuit de professionele wereld der biologen. Maar ook de spontane enthousiaste reacties en interesse bij vrienden en familie waren een belangrijke motivatie.

Last but not least, mijn dierbare naasten. Cindy, Quinten, Noa en Glenn, bedankt voor de steun tijdens het schrijfproces. De vragen ‘Hoe is het nu met je boek?’ en ‘Komt er nog iets van?’ waren alvast de goed bedoelde stimulans om dit tot een goed einde te brengen. Ook de spontane bereidheid van Noa en Quinten om mijn pr-team te worden, zelfs voor dat er een letter op papier stond, was alvast een geruststelling dat het in orde ging komen.

En dan toch een laatste woord van dank aan Walter Verraes, bij wie niet enkel mijn academische carrière is gestart, maar bij wie ook mijn visie op de biologie, op evolutie, op de wereld is gegroeid tot wat ze nu grotendeels is. Ooit kreeg ik een gigantische, metalen sleutel als cadeau, met de opdracht om deuren te openen met biologie. Wel, Walter, ik hoop dat ik met dit boek die belofte toch grotendeels zal kunnen waarmaken.



PROLOG

'There is grandeur in this view of life, with its several powers, having been originally breathed into a few forms or into one: and that, whilst this planet has gone cycling on according to the fixed law of gravity, from so simple a beginning endless forms most beautiful and most wonderful have been, and are being, evolved.' – Darwin (1859)

Zo eindigde Charles Darwin zijn levenswerk *On the Origin of Species*, het bekendste boek over evolutie. Het boek dat je hier leest, is niet het verhaal van en over Charles Darwin, maar over het biologische proces waarover Darwin belangrijke inzichten heeft verschaft: het natuurlijke proces dat aan de basis ligt van de enorme biologische diversiteit, de grandeur van evolutie.

Uiteraard wil ik de belangrijke rol van Darwin hierin toelichten, maar ook de rol van diegenen die voor en na hem getracht hebben te verklaren hoe evolutie echt werkt. Ze waren allen gedreven om antwoorden te vinden op vragen als 'Vanwaar komen al die verschillende soorten organismen?', maar ook 'Vanwaar komen wij?'. Naast het begrijpen van die diversiteit aan levensvormen, was de grote uitdaging vooral het vinden van een verklaring voor hoe die levensvormen zijn kunnen ontstaan. Het heeft bloed, zweet en

tranen gekost om de drijfkracht en de onderliggende mechanismen van zoiets spectaculairs en complex te kunnen bevatten én te vertalen naar een logische en tastbare uitleg.

Met dit boek wil ik geen nieuwe of spectaculaire theorieën verkondigen. Ik probeer eerder een vertaalslag te maken van de technische details naar een leesbaar en bevattelijk verhaal. Als evolutionair bioloog kom ik in gespecialiseerde literatuur regelmatig in contact met nieuwe inzichten, die een voorzet zijn voor experimentele toetsing door andere wetenschappers. En hier wringt de schoen. Deze literatuur is niet altijd zo toegankelijk voor iemand die gewoon wil weten hoe evolutie in elkaar zit, en hoe de biodiversiteit is kunnen ontstaan. Biodiversiteit is ondertussen een ingeburgerde term, vanwege haar relatie met en impact op de maatschappij. Het verdwijnen van soorten komt steeds meer in de aandacht, vooral als het gaat over soorten die ‘producten’ en ‘diensten’ verzorgen waar wij afhankelijk van zijn (zogenaamde ecosysteemdiensten). Soorten verdwijnen als hun omgeving te snel en te veel verandert, waardoor ze de kans niet krijgen om zich aan te passen en te evolueren. Deze problematiek wordt duidelijker eenmaal je begrijpt hoe evolutie werkt. Dit geldt ook voor wie minder geïnteresseerd is in dieren en planten. Neem nu de problematiek van bacteriën die steeds resistent worden tegen antibiotica, of de huidige wedloop naar vaccins tegen nieuwe virussen of nieuwe varianten van virussen... Zeer relevante en actuele onderwerpen, die je beter kunt begrijpen in een evolutionaire context. Al meerdere jaren geef ik lezingen aan een breed publiek over, onder meer, evolutie en de evolutietheorie. Steeds word ik geconfronteerd met twee zaken die de aanleiding vormen voor dit boek: mensen zijn geïnteresseerd in en geïntrigeerd door het aspect ‘evolutie’, en mensen hebben daarover allerlei vragen en dikwijls ook misvattingen. Dat is begrijpelijk, want het is niet

altijd even logisch waarom iets bij evolutie wel of niet gebeurt. Het hoe en waarom van sommige evoluties is ook niet altijd bekend.

Dat er veel misverstanden zijn is begrijpelijk, zeker als je er de populariserende literatuur, informatie op het internet of zelfs kranten op naslaat. Bewust of onbewust wordt evolutie regelmatig verkeerd of verwarrend uitgelegd, of in een verkeerde context geplaatst. Zelfs begrippen als ‘evolutie’ en ‘evolutietheorie’ worden vaak door elkaar gehaald, alsof ze synoniem zouden zijn van elkaar. Dat is niet zo, wat ik verder zal toelichten. Charles Darwin heeft niet de basis gelegd van de evolutie maar wel van de evolutietheorie. Evolutie was er namelijk al lang vóór Darwin, en is al meer dan 3,9 miljard jaar aan de gang, sinds het ontstaan van het leven. Dan is er nog het verschil in connotatie die bepaalde termen krijgen, afhankelijk van wie je het vraagt. Als je tegen een wetenschapper zegt: ‘Evolutie is maar een theorie’, dan zal de wetenschapper dat beamen en daar geen probleem mee hebben. Een theorie is voor hem of haar namelijk een hypothese die door het uitvoerig testen en aanleveren van meetbare feiten beschouwd kan worden als een ‘waarheid met hoge betrouwbaarheid’. Als je tegen de man of vrouw in de straat zegt ‘Evolutie is maar een theorie’, dan zal die dit eerder interpreteren als ‘Het is maar theoretisch, en er is geen bewijs voor’. Dat zijn toch wel zeer uiteenlopende interpretaties, niet? Een derde factor die mee aan de basis van misvattingen kan liggen, is dat velen zich mogelijk oncomfortabel voelen bij de gedachte dat wij, mensen, evengoed het resultaat zijn van een natuurlijk proces, net zoals er zich evolutionaire scenario’s hebben afgespeeld voor de merel in je tuin, de kwal in de oceaan, de mestkever in de Afrikaanse savanne of de bacterie in je darmkanaal.

Omdat niet iedereen die gedachte kon aanvaarden, probeerde men lang vol te houden dat de mens superieur was aan andere organismen. Dat die visie wetenschappelijk niet langer verdedigbaar is,

neemt niet weg dat bepaalde strekkingen mensen er alsnog van proberen te overtuigen. Dit is echter een aparte discussie, die ik hier bewust niet ga voeren. Ik beperk me tot feiten, onderbouwde visies en hypothesen. Ik laat het aan de lezer over om op basis daarvan zelf een gefundeerde mening te vormen over de zin of onzin van een ideologisch geïnspireerd beeld over de diversiteit van het leven.

Om de lezer door de logica van evolutie en de evolutietheorie te loodsen, start ik dit boek met een kort historisch overzicht van het beeld dat men had over de natuur en het ontstaan van soorten, en hoe dit beeld in de loop van de tijd is veranderd. Het is tegelijkertijd boeiend en bizar hoe zaken die nu zo logisch zijn, toen op een heel andere, soms zeer exotische manier werden geïnterpreteerd. Daarna ga ik dieper in op wat evolutie en de evolutietheorie nu juist zijn, en hoe het evolutionaire proces te werk gaat. Ik licht de belangrijkste kernconcepten toe, zoals die ook centraal stonden in het tot stand komen van Charles Darwins boek *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. Ik gebruik deze titel als rode draad in dit boek. Hoe al deze aspecten op een zeer complexe en boeiende manier op elkaar kunnen inspelen, en hoe dit dan aanleiding kan geven tot nieuwe soorten, licht ik toe aan de hand van een concreet voorbeeld: evolutie en de soortvorming bij de darwinvinken. Ik eindig met een kritische nabeschuiving over hoe wij, de soort ‘mens’, erin geslaagd zijn om de evolutie van andere soorten bij te sturen.

Alvast veel leesgenot!



EVOLUTIE VAN DE EVOLUTIETHEORIE

Vanaf wanneer is de mens zich vragen beginnen te stellen over zijn eigen bestaan, ontstaan en plaats in de natuur? Zou Lucy, onze bekendste voorouder uit Oost-Afrika, zich dit ongeveer drie miljoen jaar geleden op een zwoele avond al hebben afgevraagd? Kon Lucy zich die vraag wel stellen? Met andere woorden, beschikte ze reeds over voldoende denkvermogen om dat te kunnen? Die vragen stellen vereist immers een vermogen om 'bewust' te zijn en aan zelfherkenning te doen. Mark Nelissen beschrijft in zijn boek *De bril van Darwin* uitvoerig verschillende niveaus van bewustzijn, gaande van 'niet in slaap zijn' tot 'het gebruik van ethische en esthetische waarden'. Daartussen bevindt zich het vermogen om niet alleen zichzelf, maar ook een ander te kunnen herkennen. Met andere woorden, het besef van een 'ik' ten opzichte van een 'ander' is een vereiste om de vraag te kunnen stellen 'Waar sta ik in de natuur?' en 'Waar kom ik oorspronkelijk vandaan?'

Primateen, de groep zoogdieren waar de mens en al zijn directe voorouders toe behoren, beschikken over zeer goed ontwikkelde hersenen, wat complexe vormen van bewustzijn evolutionair moge-

lijk heeft gemaakt. Dat ze beschikken over het vermogen om aan zelfherkenning te doen, is dan ook niet zo verwonderlijk. Maar hoe meet je zo iets? Aan een kapucijnaap vragen of hij beseft dat hij als een individu in de wereld rondloopt, zal niet veel wijsheid opleveren. Peilen naar het antwoord op die vraag vereist een speciale aanpak, zoals het bekende experiment met de vlek op het voorhoofd. Als je bij een mens van anderhalf jaar of ouder een vlek op het voorhoofd zou aanbrenge, en hem of haar voor een spiegel zou zetten, dan zal die begrijpen dat die zichzelf ziet en een vlek op het voorhoofd heeft. Voor heel wat dieren is dat niet zo vanzelfsprekend. Neem bijvoorbeeld een merel. Het mannetje is nogal territoriaal. Zet hem voor een spiegel en hoogstwaarschijnlijk zal hij beginnen te vechten tegen zijn eigen spiegelbeeld. Hij aanziet de weerspiegeling voor een ander mannetje dat zijn territorium is binnengedrongen. Deze test met de vlek en de spiegel werd in 1970 voor het eerst gebruikt door de psycholoog Gordon Gallup en is ondertussen uitgetest op talrijke diersoorten, van inktvissen tot mensapen, en zelfs walvisachtigen. Het verrassende is dat er geen duidelijke lijn te trekken is. Je zou kunnen verwachten dat alleen de naaste verwanten van de mens zouden slagen voor de test. Onder de primaten slagen daar inderdaad alleen de mensapen in (tot nu toe althans). Maar ook olifanten, enkele walvisachtigen en zelfs eksters (nauw verwant aan die merel) slagen in deze spiegeltest. Dit illustreert alvast de complexe relatie tussen hersenen en gedrag.

Belangrijk is hier dat we er dus van uit kunnen gaan dat de gemeenschappelijke voorouder van de mens en onze naaste verwant, de chimpansee, in staat moet zijn geweest tot zelfherkenning. De kans dat die zich dan ook werkelijk de vraag heeft gesteld 'En, hoe ben ik hier nu gekomen?' is dan wel een heel andere kwestie. We kunnen pas echt weten wanneer mensen zich bewust werden van hun positie in de natuur en waar ze vandaan komen, van het mo-

ment dat daar concrete bewijzen voor waren. De oudste grottekeningen, zoals die in grotten in Spanje en Frankrijk, kunnen als oudste getuigen dienen. Daaruit kan op z'n minst worden afgeleid dat de mens zijn positie ten opzichte van de andere dieren in de natuur kon bepalen, namelijk als jager op grote zoogdieren. Hieruit kunnen we dan ook afleiden dat dit besef op z'n minst 40.000 jaar oud moet zijn (mogelijk zelfs ouder, aangezien er grottekeningen van naar schatting 52.000 jaar oud werden gevonden in Borneo).

De volgende vraag is dan vanaf wanneer de mens zich is beginnen af te vragen hoe hij in die natuur is terechtgekomen. Anders gezegd, vanaf wanneer trachtte de mens het proces achter zijn eigen ontstaan te verklaren en zocht hij naar verbanden met het ontstaansproces van alle andere organismen? Misschien dateert dit wel van dezelfde periode als de grottekeningen, want er zijn voldoende aanwijzingen dat de mens toen al een beeld had van een hiernamaals en al de basis voor religie had gelegd. Een handige en eenvoudige verklaring was immers dat een of meer goden ons op de wereld hebben gezet. Eeuwenlang was deze verklaring de regel, want welke andere logische verklaring kon er zijn? Zowat alle culturen gingen ervan uit dat een of andere goddelijke entiteit, die beschikt over bovennatuurlijke krachten, in staat was om een hoopje dode materie leven in te blazen. De oude Grieken, bijvoorbeeld, die de eer toeschreven aan Prometheus, een titaan uit de Griekse mythologie. Hij had de mens gemaakt met klei. Ook de joodse god gebruikte het stof van de aarde om er Adam en Eva uit te maken. Er was dus nog een heel eind af te leggen vooraleer een alternatieve hypothese naar voren werd geschoven: zou het leven op aarde misschien toch mogelijk zijn geweest zonder een goddelijke interventie? Is er een natuurlijk mechanisme dat kan verklaren hoe soorten zijn ontstaan zonder tussenkomst van een entiteit met superkrachten?

De eersten die daar echt zijn beginnen over na te denken, moeten diezelfde oude Grieken zijn geweest. We starten met dat deel van het verhaal en bouwen zo op, via de klassieke grondleggers van de evolutietheorie (Darwin en Wallace), naar het evolutionair denken in de 21e eeuw.

VAN KLEI TOT TRANSMUTATIE

Er is heel wat water naar de zee gestroomd voor Charles Darwin en Alfred Wallace tot het inzicht kwamen dat aan de basis van de evolutietheorie ligt. Vanaf ongeveer 600 jaar voor Christus begon de nieuwsgierigheid naar een andere dan een religieuze verklaring voor de diversiteit aan leven langzaam te groeien. Via enkele interessante zijsprongen werden de theorieën in het begin van de 19e eeuw steeds meer wetenschappelijk onderbouwd. We kunnen hier spreken van een pre-darwiniaanse periode, met hoofdrolspelers als de oude Grieken (onder wie Aristoteles), Carolus von Linnaeus, Jean-Baptiste Lamarck, Georges-Louis Buffon, George Cuvier en Richard Owen. Stap voor stap raakten ze ervan overtuigd dat de omgeving weleens de drijvende factor kon zijn die organismen door de tijd heen deed veranderen. Waar ze nog niet van overtuigd waren, was dat er ook een natuurlijke oorzaak kon zijn voor het ontstaan van nieuwe soorten. Ze bleven vasthangen aan de gedachte dat een goddelijke interventie noodzakelijk was. Geleidelijk aan begon alles toch in de plooi te vallen, zodat Darwin en Wallace niet van nul hoefden te starten. Je zou kunnen stellen dat zij eerder de kers op de taart hebben gezet: natuurlijke selectie, die kon verklaren hoe soorten zijn ontstaan. De taart was echter nog niet volledig afgewerkt. Pas in de 20e eeuw kon een belangrijk, nog ontbrekend ingrediënt worden toegevoegd: genen en overerving. Vanaf dat punt

ging het snel en werd een door feiten onderbouwde en samenhangende theorie over het ontstaan en het veranderen van soorten geboren. Ondertussen is deze theorie door onnoemelijk veel studies bevestigd. Dit wil niet zeggen dat alle details van de onderliggende mechanismen bekend zijn. Soms leveren nieuwe studies ook meer vragen op dan dat ze er beantwoorden, maar dat gaat dan over een dieper niveau van onderliggende mechanismen achter het evolutieprincipe. Deze vragen doen geen afbreuk aan de essentie van de theorie, waarover dit boek gaat.

De oude Grieken

De oudste onder de oude Grieken die al duidelijk had nagedacht over variatie in de natuur en hoe die tot stand zou zijn gekomen, was **Anaximander van Milete** (610-540 v.Chr.). Net zoals vele wijsgerige Grieken was hij zeer geïnteresseerd in de natuur, die hij actief bestudeerde. Hij stelde zich vragen over het ontstaan van leven, levende organismen en zelfs over het ontstaan van de mens. Dit was op zich al zeer vooruitstrevend voor die tijd, want de mens zien als een levend organisme als de andere levende organismen, paste toen (en nog lang daarna) niet echt binnen het heersend gedachtegoed.

Toch hield Anaximander vast aan slechts één aanvaardbare hypothese: dieren zijn spontaan ontstaan. Volgens de filologen die de werken over en van Anaximander bestuderen, was hij ervan overtuigd dat de eerste, meer eenvoudige organismen zijn ontstaan door het verdampen van vocht door de zon. Daaruit zouden dan op hun beurt meer complexe organismen zijn ontstaan. Zo was hij ervan overtuigd dat de mens voortkwam uit vissen, letterlijk dan. Vermoedelijk geïnspireerd door het voortplantingsgedrag bij haaien (bewoners van het Middellandse Zeegebied zijn altijd goed op de hoogte geweest van de biologie van mariene organismen), ging hij ervan uit dat mensen zijn ontstaan vanuit het binnenste van vissen,

of iets gelijkaardigs. Haaien vertonen namelijk verschillende voortplantingsstrategieën. Sommige leggen eieren, maar er zijn er ook die, net zoals zoogdieren, een baarmoeder met een placenta hebben die via een navelstreng verbonden is met een haaienfoetus. Bij haaien die eieren afzetten, komen de jongen tot ontwikkeling binnenin een eikapsel, waar ze via een soort navelstreng verbonden zijn met een grote dooierzak. Deze bevat het voedsel dat embryo's en foetussen meekrijgen via de eicel van het moederdier. Zo ontstond het idee dat de eerste mensen via zo'n navelstreng in zo'n viskapsel moeten zijn ontstaan.

De redenering hierachter was als volgt: als een nieuwe mens geboren wordt, dan is dat een hulpeloze baby. Daarom was het onmogelijk dat de allereerste mens geboren zou zijn als een baby, want die kon onmogelijk voor zichzelf zorgen om te overleven. Die moest dus zijn ontstaan uit een ander organisme, vissen in dit geval. Eenmaal deze eerste mensen volwassen waren, waren ze ook zelf in staat om voor baby's te zorgen en waren de vissen niet meer nodig. Hiermee was de basis gelegd om al één aspect van evolutie te verklaren: niet alle soorten moeten afzonderlijk geschapen worden, er kunnen ook soorten ontstaan uit andere soorten! Hij steunde hier op het concept van een 'oervorm' of 'archetype', iets wat nog lang en op verschillende manieren werd gehanteerd in de biologie. Hiermee wordt een basisvorm bedoeld, waarvan andere vormen kunnen worden afgeleid. Dit idee was een belangrijke wijziging in het toen gangbare gedachtegoed. Anaximander kan wel beschouwd worden als diegene die de eerste (aantoonbare) aanzet heeft gegeven voor de evolutietheorie. Maar, er was nog een lange weg af te leggen.

Dat de natuur verandert, was ook **Empedocles van Agrigento** (480-430 v.Chr.) niet ontgaan. Alleen was hij van mening dat de verschillende vormen onder de organismen op een tamelijk speciale manier

tot stand waren gekomen: eerst zijn lichaamsdelen ontstaan die achteraf aan elkaar zijn gaan hangen, met als resultaat functionerende organismen. Empedocles was vermoedelijk een romantische ziel, want wat volgens hem nog ontbrak was liefde. Dankzij liefde konden organismen zich onderling voortplanten, waardoor soorten zijn kunnen ontstaan. Deze denkpiste is uiteraard nooit ondersteund door effectieve observaties. Stel je voor, een zee van drijvende armen, poten, oren, tenen... die dan in allerlei mogelijke combinaties samenkomen. Een snuifje liefde er bovenop, en hop: functionerende organismen. Wat wel relevant was voor het evolutionair denken, is dat Empedocles alles in een tijds kader zag. Het tot stand komen van vormen en soorten kende namelijk een geschiedenis. Sommige waren levensvatbaar, andere dan weer niet. Je zou kunnen stellen dat dit de *struggle for life* avant la lettre was.

Een opmerkelijke omschakeling in het beeld dat men had over de organisatie van de natuur, vond plaats met de opkomst van de zogenaamde 'atomisten'. Deze strekking van wijsgerige Grieken stelde dat alle materie op de wereld, en de wereld zelf dus ook, bestond uit microscopisch kleine, ondeelbare elementjes (atomen), van elkaar gescheiden door grote, lege ruimtes. Al deze deeltjes hadden een grootte, massa en vorm, maar eigenschappen zoals wij ze kunnen waarnemen (zoals kleur) worden enkel bepaald door de manier waarop die deeltjes met elkaar interageren. **Democritus van Abdera** (460-356 v.Chr.) was, samen met Leucippus, de grondlegger van het atomisme. Hij maakte de gedachtesprong van dode materie naar levende materie, waaruit levende wezens zijn opgebouwd. Beide zijn opgebouwd uit die kleine elementjes.

Toch beschouwde hij de ontwikkeling van de mens als een soort overdracht van een ondeelbaar geheel, van de ene generatie naar de volgende. De mens was dan weliswaar opgebouwd uit atomen, maar



Figuur 1: Homunculus.

niet uit onderdeeljes (zoals cellen) ontstaan uit één zaadcel die versmelt met één eicel. Hij zag het zaad, waaruit zich een nieuw individu vormde, als iets afkomstig van het volledige lichaam en tegelijk ook opgebouwd als een miniatuur van het volledige lichaam. Dit beeld is populair gebleven tot in de 18e eeuw, bij de preformisten. Volgens hen was het bouwplan al 'voorgevormd' (*preformatie*) in een zaadcel, die als een soort omhulsel een microscopisch klein maar volledig ontwikkeld mensje omhulde. Later werd dit de *homunculus* genoemd: het kleine mensje (zie figuur 1). Pas in de 17e eeuw, met de ontdekking van de microscoop door Antonie van Leeuwenhoek, werd het duidelijke

dat een organisme gevormd wordt uit meerdere cellen, afkomstig van een bevruchte eicel. Alhoewel van Leeuwenhoek de zaadcellen met hun bewegend staartje duidelijk kon waarnemen met zijn microscopen, was hij er nog steeds van overtuigd dat er kleine mensjes in de zaadcellen zaten.

De grootste onder de Grieken, toch als het op wetenschappelijke benadering en het leren uit observaties aankomt, was ongetwijfeld **Aristoteles** (384-322 v.Chr.). Zijn kennis, die hij in talrijke werken heeft neergeschreven, zijn nog lang een bron van inspiratie gebleven voor 19e-eeuwse natuurwetenschappers. Zelfs nu nog. Ook Charles Darwin had een groot respect voor het werk van Aristoteles, vooral omdat voor Darwin de kracht in dergelijk empirisch onderzoek zat: onderzoek dat steunt op uitgebreide observaties. Net zoals vele pio-