

# Inhoud

Voorwoord 11

## DEEL I

**Onze wereld op z'n kop zetten** 15

### 1 **Inleiding**

Welkom in het oerwoud 17

De reis in vogelvlucht 21

De cartesiasaanse wond 28

Cartesiaanse zwaartekracht 32

### 2 **Vóór bacterie en Bach**

Waarom Bach? 39

In welke opzichten het onderzoeken van de prebiotische wereld op schaken lijkt 42

### 3 **Over de oorsprong van redenen**

Dood of wedergeboorte van de teleologie? 50

De verschillende betekenissen van 'Waarom' 55

De evolutie van het waarom: van 'Hoe?' tot 'Waarvoor?' 57

Gaat heen en vermenigvuldigt u 61

### 4 **Twee vreemde omkeringen van het denken**

Hoe Darwin en Turing een ban verbraken 70

Ontologie en het manifeste beeld 77

De lift automatiseren 80

De intelligente ontwerpers van Oak Ridge en GOfAI 88

- 5 **De evolutie van het begrip**  
Dieren zijn erop ontworpen om met  
gebruiksmogelijkheden om te gaan 95  
Hogere dieren als intentionele systemen: het emergente  
ontstaan van begrip 104  
Begrip komt in verschillende gradaties 114

## DEEL II

### **Van evolutie tot intelligent ontwerp 123**

- 6 **Wat is informatie?**  
Welkom in het informatietijdperk 125  
Hoe kunnen we semantische informatie kenschetsen? 133  
Handelsgeheimen, patenten, copyright en Birds  
invloed op de bebop 150
- 7 **Darwiniaanse ruimten: een intermezzo**  
Een nieuw stuk gereedschap om na te denken over  
de evolutie 160  
Culturele evolutie: de omkering van een  
darwiniaanse ruimte 168
- 8 **Hersenen die van hersenen gemaakt zijn**  
Top-down computers en bottom-up hersenen 174  
Concurrentie en coalitie in de hersenen 178  
Neuronen, muilezels en termieten 185  
Hoe pikken de hersenen gebruiksmogelijkheden op? 191  
Verwilde neuronnen? 196
- 9 **De rol van woorden in de culturele evolutie**  
De evolutie van woorden 202  
Woorden onder de loep 208  
Hoe planten woorden zich voort? 217
- 10 **Gezien vanuit het oogpunt van de meme**  
Woorden en andere memen 233  
Wat is er goed aan memen? 237

## II **Wat is er mis met memen? Bezwaren en antwoorden**

- Memen bestaan niet! 250
- Memen worden beschreven als 'los te onderscheiden' en 'getrouw doorgegeven', maar voor veel wat cultureel wordt doorgegeven geldt dat geen van beide 253
- Anders dan genen hebben memen geen concurrerende varianten (allelen) die elkaar beconcurreren om een bepaalde plek op een chromosoom (locus) 263
- Memen voegen niets toe aan wat we al weten over cultuur
- De memetica wil graag een exacte wetenschap zijn, maar voorspellingen kun je er niet mee doen 271
- Memen kunnen deze culturele eigenschappen niet *verklaren*, en de traditionele sociale wetenschappen wel 272
- Culturele evolutie is lamarckiaans 273

## 12 **De oorsprong van de taal**

- De kip of het ei? 279
- Kronkelwegen naar de menselijke taal 297

## 13 **De evolutie van culturele evolutie**

- Darwiniaanse beginnetjes 316
- De vrij zwevende grondgedachten van de menselijke communicatie 322
- Onze gereedschappen gebruiken om te denken 330
- Het tijdperk van intelligent ontwerp 337
- Pinker, Wilde, Edison en Frankenstein 353
- Bach als mijlpaal van intelligent ontwerp 362
- De evolutie van de selectieve omgeving voor de menselijke cultuur 368

## DEEL III

### **Onze geest binnenstebuiten keren 371**

## 14 **Bewustzijn als geëvolueerde gebruikersillusie**

- De geest benaderen met open ogen 373
- Hoe komen menselijke hersenen tot 'globaal' begrip met behulp van 'lokale' competenties/bekwaamheden? 378
- Hoe is ons manifeste beeld voor ons manifest geworden? 382
- Waarom ervaren we de dingen zoals we ze ervaren? 385

Humes vreemde omkering van het denken 393  
Een rode streep als intentioneel object 397  
Wat is cartesiaanse zwaartekracht en wat maakt die zo  
hardnekkig? 404

15 **Het tijdperk van postintelligent ontwerp**

Wat zijn de grenzen aan ons begripsvermogen? 412  
'Kijk eens ma, zonder handen!' 420  
De structuur van een intelligente actor 431  
Wat gaat er van óns worden? 444  
Eindelijk thuis 454

Appendix: De achtergrond 459

Noten 461

Literatuur 473

Register 495

# Voorwoord

In 1963, toen ik promovendus filosofie was in Oxford, begon ik voor het eerst serieus na te denken over de evolutie van de menselijke geest. Over de evolutie en de menselijke geest wist ik toen vrijwel niets. Kennis van de natuurwetenschappen werd in die tijd van filosofen niet verwacht, en zelfs de meest illustere filosofen die zich bezighielden met de geest hadden vrijwel geen weet van de stand van zaken in de psychologie, de neuroanatomie en de neurofysiologie. (De termen *cognitiewetenschap* en *neurowetenschap* zouden pas meer dan tien jaar later ontstaan.) Het nog piepjonge project dat John McCarthy in 1956 ‘artificiële intelligentie’ had genoemd, begon de aandacht te trekken, maar computers stonden raadselachtig te zoemen in een van airconditioning voorziene gevangenis bewaakt door technici, en maar weinig filosofen hadden er ooit een aangeraakt. Voor een volslagen onwetende amateur was het dus een perfecte tijd om een opleiding te krijgen op al deze vakgebieden. Een filosoof die goede vragen stelde over waar ze mee bezig waren (in plaats van hun te vertellen waarom hun projecten in principe onmogelijk waren) was kennelijk zo’n verfrissende noviteit dat een eersteklas kader van pionierende onderzoekers me in hun midden opnam. Ze gaven me informele hoorcolleges, attendeerden me erop wie serieus te nemen en wat te lezen, en beoordeelden mijn naïeve onbegrip heel wat milder dan ze bij een van hun collega’s of eigen promovendi gedaan zouden hebben.

Tegenwoordig zijn er tientallen, zo niet honderden jonge filosofen die over een solide interdisciplinaire opleiding beschikken in de cognitiewetenschap, de neurowetenschap en de informatica, en die terecht naar veel hogere maatstaven beoordeeld worden dan ik destijds. Sommigen van hen zijn mijn studenten, of zelfs studenten van mijn studenten, maar ook andere filosofen van mijn generatie zijn in het diepe gesprongen (vaak met meer opleiding dan ik) en

hebben hun eigen uiterst respectabele kuddes studenten die vooruitgang boeken in de voorhoede van de wetenschap, als interdisciplinaire filosofen of als filosofisch geschoolde onderzoekers met eigen laboratoria. Zij zijn professionals en ik ben nog steeds een amateur, maar inmiddels wel een goede geïnformeerde amateur, die overal ter wereld wordt uitgenodigd om lezingen te geven, aan workshops deel te nemen en laboratoria te bezoeken. Ik beleef daar meer plezier aan dan ik ooit van een academisch bestaan had verwacht.

Ik beschouw dit boek, onder meer, als een dankbare poging om iets terug te geven in ruil voor al die lessen. Dit is wat ik geleerd heb – een groot deel ervan is nog steeds heel conjecturaal, filosofisch en kwetsbaar. Ik beweer dat dit de schets is, de ruggengraat, van de beste wetenschappelijke theorie tot op heden over hoe onze geest is ontstaan, hoe onze hersenen al hun wonderen bewerkstelligen en, vooral, hoe we kunnen denken over geest en hersenen zonder in allerlei verleidelijke filosofische valstrikken te stappen. Dit is natuurlijk een controversiële bewering, en ik verheug me erop hierover de degen te kruisen met zowel natuurwetenschappelijk onderzoekers als filosofen, en met amateurs – die vaak met de scherpzinnigste opmerkingen van allemaal komen aanzetten.

Veel mensen hebben me geholpen met mijn boeken, maar ik zal me hier concentreren op het bedanken van degenen die me specifiek geholpen hebben met de ideeën in dit boek – waarbij aangetekend dat zij vanzelfsprekend níet verantwoordelijk zijn voor de vergissingen waarvoor ze me ondanks al onze discussies niet hebben weten te behoeden. Dit zijn onder meer de deelnemers aan de werkgroep over culturele evolutie die ik in mei 2014 heb gehouden aan het Santa Fe Institute: Sue Blackmore, Rob Boyd, Nicolas Claidière, Joe Henrich, Olivier Morin, Pete Richerson, Peter Godfrey-Smith, Dan Sperber en Kim Sterelny, plus anderen bij het SFI: met name Chris Wood, Tanmoy Bhattacharya, David Wolpert, Cris Moore, Murray Gell-Mann en David Krakauer. Ook dank aan Louis Godbout van de Sybilla Hesse Foundation, omdat hij de workshop heeft ondersteund.

En dan zijn er mijn studenten aan Tufts University, die hebben deelgenomen aan een seminar in het voorjaar van 2015 waarbij de meeste hoofdstukken in een vroege kladversie zijn doorgenomen: Alicia Armijo, Edward Beuchert, David Blass, Michael Dale, Yufei Du, Brendan Fleig-Goldstein, Laura Friedman, Elyssa Harris, Justis Koon, Runeko

Lovell, Robert Mathai, Jonathan Moore, Savannah Pearlman, Nikolai Renedo, Tomas Ryan, Hao Wan, Chip Williams, Oliver Yang en Daniel Cloud, die het seminar bezocht om te discussiëren over zijn nieuwe boek. Plus Joan Vergés-Gifra, Eric Schliesser, Pepa Toribio en Mario Santos Sousa en de rest van het opgewekte groepje dat bijeenkwam aan de universiteit van Girona, waar ik in mei een intensieve week heb doorgebracht als gastlector voor de Ferrater Mora Chair of Contemporary Thought. Een ander proeftuintje werd geleverd door Anthony Grayling en de faculteitsmedewerkers en studenten die hij heeft verzameld aan het New College of the Humanities in Londen, waar ik de afgelopen vier jaar verschillende versies van deze ideeën heb uitgetoetst.

Anderen die met mijn kladversies hebben geworsteld, me van gedachten hebben doen veranderen, vergissingen van me hebben opgemerkt en op meer helderheid hebben aangedrongen, zijn onder meer Sue Stafford, Murray Smith, Paul Oppenheim, Dale Peterson, Felipe de Brigard, Bryce Huebner, Enoch Lambert, Amber Ross, Justin Junge, Rosa Cao, Charles Rathkopf, Ronald Planer, Gill Shen, Dillon Bowen en Shawn Simpson. Nog meer goede raad kwam van Steve Pinker, Ray Jackendoff, David Haig, Nick Humphrey, Paul Seabright, Matt Ridley, Michael Levin, Jody Azzouni, Maarten Boudry, Krys Dolega, Frances Arnold en John Sullivan.

Net als bij mijn vorige boek, *Gereedschapskist voor het denken*, hebben mijn redacteuren bij Norton, Drake McFeely en Brendan Curry, me uitgedaagd om te verhelderen, te vereenvoudigen, samen te vatten, uit te breiden, uit te leggen en soms ook te schrappen, zodat het voltooid boek veel meer samenhang vertoont en veel prettiger leesbaar is dan het zonder hun uiterst deskundige advies geweest zou zijn. Zoals altijd zijn John Brockman en Katinka Matson de volmaakte literair agenten geweest. Ze hebben de auteur geadviseerd, bemoedigd, vermaakt – en hem natuurlijk ook verkocht. Teresa Salvato, programmacoördinator bij het Center for Cognitive Studies, heeft al jarenlang alle logistieke aspecten van het academische leven voor me afgehandeld, en daarmee duizenden uren voor me vrijgemaakt die ik kon besteden aan schrijven en onderzoek. Door boeken en artikelen voor me op te sporen in bibliotheken en de bronvermeldingen te ordenen heeft ze ook rechtstreeks bijgedragen aan dit boek.

En ten slotte mijn vrouw Susan, die al meer dan een halve eeuw mijn steun en toeverlaat, adviseur, criticus en beste vriendin is, en

die door alle ups en downs heen het fornuis precies warm genoeg heeft gehouden om te zorgen dat de inhoud van de pan lekker bleef stoven. Ze verdient hulde voor haar bijdrage aan ons 'gemeenschappelijke project'.

Daniel Dennett  
North Andover, Massachusetts  
28 maart 2016



DEEL I

ONZE WERELD OP Z'N  
KOP ZETTEN

# I

## Inleiding

### Welkom in het oerwoud

Hoe komt het dat er denkers zijn?<sup>1</sup> En hoe is het mogelijk dat denkers deze vraag stellen en beantwoorden? Het korte antwoord luidt dat denkers zijn geëvolueerd en denkgereedschappen hebben vervaardigd die na verloop van tijd de denkers in staat hebben gesteld om te achterhalen hoe denkers zijn geëvolueerd, en zelfs om te achterhalen hoe deze gereedschappen hen in staat hebben gesteld om vast te stellen wat denken is, en wat de menselijke geest is. Wat voor denkgereedschappen? De eenvoudigste, waarvan alle andere op verschillende wijzen afhankelijk zijn, zijn gesproken woorden, gevolgd door lezen, schrijven en rekenen, gevolgd door navigatie en kaarten maken, allerlei meester- en leerlingrelaties, en alle concrete middelen die we hebben uitgevonden om informatie te vergaren en te manipuleren: het kompas, de telescoop, de microscoop, de camera, de computer, het internet enzovoort. Die vullen op hun beurt ons leven weer met wetenschap en technologie, en stellen ons in staat om vele dingen te weten die andere soorten niet weten. Wij weten dat er bacteriën zijn, maar honden niet, en dolfijnen en chimpansees al evenmin. Zelfs bacteriën weten niet dat er bacteriën zijn. De menselijke geest is anders dan de geest waarover de leden van andere soorten

- 1 De auteur gebruikt in dit boek regelmatig het woord *minds*. Een probleem bij de vertaling daarvan is dat het Nederlandse 'geest' in de zin waarin het hier gebruikt wordt, eigenlijk geen meervoud kent. (Bij 'geesten' denken we eerder aan spoken.) Een uitdrukking als *hearts and minds* wordt dan ook over het algemeen overdrachtelijk vertaald als 'harten en hoofden'. Om het lelijke 'geesten' te vermijden is hier ook voor dergelijke oplossingen gekozen, en wordt in plaats van 'geesten' bijvoorbeeld 'denkers' of 'de geest' gebruikt. – Vert.

beschikken. Je hebt denkgereedschappen nodig om te begrijpen wat bacteriën zijn, en wij zijn (tot nu toe) de enige soort die is toegerust met een uitgebreide verzameling denkgereedschappen.

Dat is het korte antwoord, en teruggebracht tot kale algemeenheden zou dat niet controversieel moeten zijn, maar bij nader inzien heeft het enkele verrassende en zelfs schokkende implicaties, die nog niet goed doorgrond of op waarde geschat worden. Van de eerste, onomstreden aanname dat wij mensen materiële objecten zijn, die gehoorzamen aan de wetten van de fysica, leidt een kronkelig pad door een oerwoud van wetenschap en filosofie naar begrip van onze bewuste geest. Het pad is bezaaid met moeilijkheden, zowel empirisch als conceptueel, en er zijn een heleboel deskundigen die elkaar in de haren vliegen over hoe deze problemen aangepakt dienen te worden. Ik worstel me nu al meer dan vijftig jaar door al dit drijfzand en struikgewas heen en heb een pad gevonden naar een toereikende – en bevredigende – verklaring van de manier waarop de ‘magie’ van onze geest zonder ook maar iets van magie tot stand komt, maar dat pad is noch recht, noch makkelijk begaanbaar. Het is niet het enige pad dat wordt aangeboden, maar zoals ik hier hoop aan te tonen, is het tot nu toe wel het beste en veelbelovendste. Het vereist wel van iedereen die de tocht maakt dat hij enkele dierbare intuïtieve overtuigingen achter zich laat, maar ik denk dat ik eindelijk een manier heb gevonden om het overboord gooien van deze ‘evidente waarheden’ niet alleen draaglijk maar zelfs bevrijdend te maken: op een bepaalde manier keert dit proces je hoofd binnenstebuiten, en dat verschaft enkele opvallende nieuwe perspectieven op wat er aan de hand is. Je zult echter wel enkele ideeën moeten loslaten die veel mensen dierbaar zijn.

Er zijn eminente denkers die het in de loop der jaren met mijn theorieën oneens zijn geweest, en ik verwacht dat sommigen van hen mijn nieuwe strooptochten al net zo schandalig zullen vinden als mijn eerdere inspanningen. Toch vind ik op mijn pad inmiddels goed gezelschap, nieuwe steun voor de oriëntatiepunten die ik heb voorgesteld en nieuwe thema’s ter motivatie van de verschillende vreemde omkeringen van het denken waartoe ik je zal uitnodigen. Sommige daarvan zullen vertrouwd zijn voor degenen die mijn vroegere werk hebben gelezen, maar deze ideeën zijn gerepareerd, versterkt en opnieuw ontworpen zodat ze zwaardere lasten kunnen tillen dan tot nu toe het geval was. De nieuwe omkeringen zijn aanvankelijk al net zo contra-intuïtief als de oude, en pogingen om ze op

waarde te schatten zonder mijn kronkelige pad te volgen zijn waarschijnlijk tot mislukken gedoemd – na vele jaren waarin ik zonder succes heb geprobeerd mensen stukje bij beetje te overtuigen besef ik dat terdege. Hier is een waarschuwingslijstje met enkele gevaren (voor het behaaglijke denken) die je op mijn pad zult aantreffen, en ik verwacht niet dat je die allemaal zult accepteren als je ze voor het eerst tegenkomt:

- 1 Darwins merkwaardige omkering van het denken
- 2 Redenen zonder redeneerders
- 3 Competentie zonder begrip
- 4 Turings vreemde omkering van het denken
- 5 Informatie als ontwerp dat het stelen waard is
- 6 Darwinisme over darwinisme
- 7 Verwilderde neuronen
- 8 Woorden die proberen zich voort te planten
- 9 De evolutie van de evolutie van de cultuur
- 10 Humes vreemde omkering van het denken
- 11 Bewustzijn als gebruikersillusie
- 12 Het tijdperk van postintelligent ontwerp

‘Informatie die het stelen waard is? Bent u dan niet bekend met Shannons mathematische informatietheorie?’ ‘Verwilderde neuronen? In tegenstelling tot tamme neuronen soms? Méént u dat nou?’ ‘Bewustzijn als gebruikersillusie? Maakt u soms een grapje?’

Als er niet steeds meer gelijkgezinde theoretici, goed geïnformeerde natuurwetenschappers en filosofen waren die zich, in elk geval in vele opzichten, met mijn zienswijze kunnen verenigen en daar veel aan bijgedragen hebben, zou ik ongetwijfeld de moed verliezen en besluiten dat ik degene ben die diep in de war is; en natuurlijk is het niet uitgesloten dat wij in onze stoutmoedige gemeenschap van enthousiastelingen elkaar bevestigen in onze waanideeën, maar laten we voordat we ons aan een oordeel wagen eerst maar eens kijken wat die zienswijze van mij inhoudt.

Ik weet hoe gemakkelijk en verleidelijk het is om deze vreemde ideeën als je er voor het eerst mee geconfronteerd wordt te negeren of zonder te luisteren van de hand te wijzen, want ik heb dat zelf ook vaak gedaan. Ze doen me denken aan die raadsels die achteraf gezien zo’n voor de hand liggende oplossing hebben dat je die aanvankelijk met een ‘dát kan het niet zijn’ van de hand wijst, of die niet

eens bij je opkomt omdat die zo weinig lijkt op te leveren.<sup>2</sup> Voor iemand als ik, die anderen er vaak van heeft beschuldigd dat ze hun gebrek aan verbeeldingskracht ten onrechte beschouwen als het onderkennen van een noodzaak, is het gênant om mijn eigen tekortkomingen in dit opzicht te moeten erkennen. Omdat ik echter ben gestuit op nieuwe manieren om deze kwesties in te kleden (of daar met veel geduld op gewezen ben), wil ik mijn pas verworven inzichten in de grote vraagstukken over de geest graag doorgeven. Deze twaalf ideeën, en de achtergrond om ze beter verteerbaar te maken, zullen ruwweg in de hierboven aangegeven volgorde aan je voorgelegd worden. Ruwweg, omdat ik gemerkt heb dat sommige ervan niet op simpele wijze te verdedigen zijn: je kunt ze niet op waarde schatten voordat je inziet wat ze je kunnen opleveren, maar je kunt ze niet gebruiken voordat je ze op waarde weet te schatten. Daarom moet ik beginnen met onvolledige uiteenzettingen die het idee schetsen om pas na die omweg, zodra je het idee in actie hebt gezien, volkomen duidelijk te maken wat ik bedoel.

Het betoog dat in dit boek wordt opgezet, bestaat uit drie inspannende oefeningen in verbeeldingskracht:

- onze wereld op zijn kop zetten, in de voetsporen van Darwin en Turing;
- de evolutie laten evolueren naar intelligent design;
- en ten slotte onze geest binnenstebuiten keren.

Eerst zullen we, in de eerste vijf hoofdstukken, zorgvuldig de grondslagen moeten leggen, om onze verbeelding stevig te verankeren voor het tweede staaltje geestelijke acrobatiek. In de daaropvolgende acht hoofdstukken verdiepen we ons in de empirische details van de evolutie van geest en taal zoals die vanuit ons omgekeerde perspectief aan ons verschijnen. Dit stelt ons in staat om nieuwe vragen te formuleren en nieuwe antwoorden te schetsen, en daarmee richten we het toneel

- 2 Eén van mijn favorieten: vier mensen komen 's nachts bij een rivier. Er is een smalle brug, die niet meer dan twee mensen tegelijk kan dragen. Ze hebben een fakkel bij zich en omdat het donker is moeten ze die bij zich hebben als ze de brug oversteken. Persoon A kan de brug in één minuut oversteken, B in twee, C in vijf en D in acht. Als twee mensen samen de brug oversteken, kunnen ze niet harder lopen dan de langzaamste. De vraag luidt: kunnen ze allemaal binnen vijftien minuten oversteken?

in voor de moeilijkste omkering van allemaal: kijken hoe het bewustzijn eruitziet vanuit dit nieuwe perspectief. Het is een uitdagende route, maar er zijn trajecten waarop ik vertrouwd materiaal bespreek om er zeker van te zijn dat we allemaal weten waar het over hebben. Dege-  
nen die over meer kennis van deze onderwerpen beschikken dan ik kunnen dan doorbladeren, als ze dat willen, of ze kunnen mijn behan-  
deling van voor hun bekende thema's gebruiken om te beoordelen in  
hoeverre ze me kunnen vertrouwen als ik het over onderwerpen heb  
waar ze niet veel van af weten. Laten we beginnen.

## De reis in vogelvlucht

Het leven evolueert al bijna vier miljard jaar op deze planeet. De eerste twee miljard jaar (zo ongeveer) werden besteed aan het optimaliseren van de elementaire mechanismen voor zelfonderhoud, energieverwerving en reproductie, en de enige levende dingen waren betrekke-  
lijk eenvoudige eencellige wezens – bacteriën, of hun neefjes, *archaea*, die samen de prokaryoten vormen. Toen gebeurde er iets opmerke-  
lijks: twee verschillende prokaryoten, een bacterie en een archaeon, elk met zijn eigen competenties en gewoonten, die het gevolg waren van miljarden jaren onafhankelijke evolutie, botsten op elkaar. Botsin-  
gen van dit soort hebben zich naar we mogen aannemen talloze malen voorgedaan, maar bij (minstens) één gelegenheid slokte de een de ander op, en in plaats van de ander te vernietigen en de onderdelen daar-  
van als brandstof of bouw materiaal te gebruiken (met andere woorden: in plaats van hem op te eten), liet hij de ander in leven, en door domme mazzel bleek hij vervolgens beter aangepast dan hij als alleen-  
staande solist was geweest.

Dit was misschien wel het eerste succesvolle geval van *technologie-overdracht*, een situatie waarin twee verschillende verzamelingen competenties, die elk miljarden jaren van onderzoek en ontwikke-  
ling achter de rug hadden, samen opgingen in iets groters en beters. We lezen bijna elke dag hoe Google, Amazon of General Motors weer een kleine start-up opslokt om de technologische innovaties en knowhow daarvan in handen te krijgen. Vooruitgang in onderzoek en ontwikkeling is gemakkelijker te bereiken in kleine bedrijfjes dan in reusachtige organisaties, maar de oorspronkelijke exploitatie van deze tactiek heeft de evolutie zijn eerste grote sprong voorwaarts op-  
geleverd. Lukrake fusies en overnames leveren niet altijd zo'n mooi

resultaat op. Eigenlijk leveren ze bijna nooit zo'n mooi resultaat op, maar evolutie is een proces dat afhankelijk is van het uitvergroten van dingen die zich bijna nooit voordoen. Een mutatie in het DNA doet zich bijvoorbeeld bijna nooit voor – nog niet één keer op een miljard kopieën – maar de evolutie is daar wél van afhankelijk. Bovendien is de overgrote meerderheid van deze mutaties schadelijk of neutraal; een mutatie die gelukkigerwijze 'goed' uitvalt, komt bijna nooit voor. Maar de evolutie is wél afhankelijk van die allerzeldzaamste gebeurtenissen.

Soortvorming, het proces waarbij een nieuwe soort ontstaat doordat sommige leden van de soort geïsoleerd raken van hun 'ouderlijke' populatie en afdwalen binnen de genetische ruimte om een nieuwe genenpoel te vormen, is een buitengewoon zeldzame gebeurtenis, maar de miljoenen of miljarden soorten die op deze planeet hebben bestaan, zijn allemaal voortgekomen uit zo'n gebeurtenis. Elke geboorte in elke afstammingslijn kan de geboorte van een nieuwe soort zijn, maar soortvorming doet zich bijna nooit voor, nog niet één keer op een miljoen geboorten.

In het onderhavige geval had de zeldzame verbetering die het resultaat was van de fortuinlijke botsing tussen een bacterie en een archaeon een ingrijpend gevolg. Omdat dit samengevoegde duo beter aangepast was, kon het zich succesvoller voortplanten dan de concurrentie, en elke keer dat het zich in tweeën deelde (de manier waarop bacteriën zich vermenigvuldigen) bevatten beide dochtercellen ook een nakomeling van de oorspronkelijke gast. Voortaan deelden ze hetzelfde lot – symbiose – in een van de productiefste episodes in de geschiedenis van de evolutie. Dit was endosymbiose, omdat de ene partner zich letterlijk in de andere bevond, en daarin verschilde die van de 'zij aan zij'-symbiose van de tweebandanemoonvis en de zeeanemoon of die van schimmels en wieren in korstmossen. Zo werd de eukaryotische cel geboren, die over meer werkende onderdelen beschikte en daarom veelzijdiger was dan zijn voorouders, simpele prokaryotische cellen, zoals de bacteriën.<sup>3</sup> In de loop der tijd werden deze eukaryoten veel groter, complexer, competentier en be-

3 Lane (2015) heeft een fascinerende update (en revisie) van het verhaal van de endosymbiotische oorsprong van de eukaryoten dat ik nu al een jaar of twintig overal vertel. Het is nu heel zeker dat Adam en Eva een bacterie en een archaeon waren en niet twee verschillende bacteriën, zoals ik vaak heb gezegd.