

HET VERHAAL VAN ONZE VOOROUDER

Van Richard Dawkins verschenen bij Nieuw Amsterdam:

God als misvatting

Het grootste spektakel ter wereld

De betoverende werkelijkheid (met Dave McKean)

Verwondering of hoe ik wetenschapper werd

Een kaars in het donker

Richard Dawkins & Yan Wong

**HET VERHAAL VAN
ONZE VOOROUDE**
EEN PELGRIMSTOCHT NAAR
DE DAGERAAD VAN HET LEVEN

Nieuw Amsterdam

De vertaler ontving voor deze vertaling een projectsubsidie
van het Nederlands Letterenfonds

Nederlands
letterenfonds
dutch foundation
for literature

Vertaling Bart Voorzanger

Tekst copyright © 2004 Richard Dawkins; 2016 Richard Dawkins & Yan Wong

Oorspronkelijke titel *The Ancestors's Tale. A Pilgrimage to the Dawn of Life*

Oorspronkelijke uitgever Weidenfeld & Nicolson

© 2017 Nederlandse vertaling Bart Voorzanger / Nieuw Amsterdam

Alle rechten voorbehouden

Tekstredactie Leo Polak

Register Ansfried Scheifes

Ontwerp omslag Bureau Beck

Ontwerp binnenwerk m.m.v. Yulia Knol

Omslagillustratie (gemeenouder 31, zie bijschrift afbeelding 4 laatste kleurkatern)

© Moonrunner Design

Portret Richard Dawkins © Jeremy Sutton Hibbert

NUR 949

ISBN 978 90 468 2173 2



INHOUD

Voorwoord bij de tweede editie	11
Dankwoord	15
De waan van wijsheid achteraf	19
Algemene inleiding	30
<i>Fossielen</i>	31
<i>Hernieuwde overblijfselen</i>	35
<i>Driehoeksmeting</i>	41
o De hele mensheid	45
Het verhaal van de Tasmaniër	47
Nawoord bij het verhaal van de Tasmaniër	54
Voorwoord bij het verhaal van de boer	57
Het verhaal van de boer	58
Het verhaal van de cro-magnonmens	66
De archaïsche <i>Homo sapiens</i>	69
Voorwoord bij het verhaal van Eva	72
Het verhaal van Eva	73
Nawoord bij het verhaal van Eva	90
Voorwoord bij het verhaal van de denisovamens	92
Het verhaal van de denisovamens	96
Nawoord bij het verhaal van de denisovamens	99
<i>Homo ergaster</i>	101
Het verhaal van <i>Homo ergaster</i>	107
<i>Homo habilis</i>	112
Het verhaal van <i>Homo habilis</i>	114
Aapmensen	124
Het verhaal van <i>Ardipithecus</i>	130
Nawoord bij het verhaal van <i>Ardipithecus</i>	136

1 Chimpansees	142
Voorwoord bij het verhaal van de chimpansee	147
Het verhaal van de chimpansee	148
Nawoord bij het verhaal van de chimpansee	153
Het verhaal van de bonobo	153
2 Gorilla's	160
Het verhaal van de gorilla	162
3 Orang-oetans	167
Het verhaal van de orang-oetan	170
4 Gibbons	174
Het verhaal van de gibbon	178
Nawoord bij het verhaal van de gibbon	192
5 Apen van de Oude Wereld	196
6 Apen van de Nieuwe Wereld	200
Het verhaal van de brulaap	204
7 Spookdiertjes	216
8 Lemuren, galago's en hun verwanten	220
Het verhaal van het vingerdier	223
De Grote Catastrofe van het Krijt	228
9 en 10 Vliegende katten en toepaja's	233
Het verhaal van de vliegende kat	236
11 Knaagdieren en haasachtigen	239
Het verhaal van de muis	243
Nawoord bij het verhaal van de muis	246
Het verhaal van de bever	248
12 Laurasiatheria	255
Het verhaal van het nijlpaard	259
Nawoord bij het verhaal van het nijlpaard	265
Het verhaal van de zeehond	267
13 Xenarthra en Afrotheria	276
Voorwoord bij het verhaal van de luiaard	285
Het verhaal van de luiaard	290
14 Buideldieren	298
Het verhaal van de buidelmol	302
15 Eierleggende zoogdieren	306
Het verhaal van het vogelbekdier	309
Wat de sterneusmol zei tegen het vogelbekdier	318
Zoogdierachtige reptielen	323

16 Sauropsida	332
Het verhaal van de kielstaartleguaan	335
Voorwoord bij het verhaal van de darwinvink	338
Het verhaal van de darwinvink	342
Het verhaal van de pauw	345
Het verhaal van de dodo	357
Het verhaal van de olifantsvogel	362
17 Amfibieën	368
Het verhaal van de salamander	373
Het verhaal van de smalbekkikker	384
Het verhaal van de axolotl	386
18 Longvissen	394
Het verhaal van de longvis	396
19 Coelacanten	403
Het verhaal van de coelacant	405
20 Straalvinnige vissen	410
Het verhaal van de zeedraak	412
Het verhaal van de snoek	414
Het verhaal van de cichlide	416
Het verhaal van de blinde holervis	424
Het verhaal van de bot	428
21 Haaien en hun verwanten	430
22 Prikken en slijmprikken	434
Het verhaal van de lamprei	439
23 Zakpijpen en hun verwanten	445
24 Lancetvisjes	451
Het verhaal van het lancetvisje	452
25 Ambulacraria	456
26 Protostomia	461
Het verhaal van de borstelworm	470
Het verhaal van het pekelkreeftje	474
Het verhaal van de parasolmier	480
Het verhaal van de sprinkhaan	482
Het verhaal van het fruitvliegje	499
Het verhaal van het raderdiertje	510
Het verhaal van de zeepok	520
Het verhaal van de fluweelworm	524
Nawoord bij het verhaal van de fluweelworm	538

27 Acoelomorpha	549
28 Neteldieren	554
Het verhaal van de kwal	559
Het verhaal van de koraalpoliep	561
29 Ribkwallen	569
30 Placozoa	573
31 Sponzen	577
Het verhaal van de spons	581
32 Choanoflagellaten	583
Het verhaal van de choanoflagellaat	585
33 Filasterea	588
34 DRIPS	592
35 Schimmels	596
36 Onzeker	602
37 Amoebozoa	605
38 Lichtoogsters en hun verwanten	609
Het verhaal van de bloemkool	620
Het verhaal van de sequoia	624
Het verhaal van het blaasjeskruid	634
Het verhaal van <i>Mixotricha paradoxa</i>	645
Het Grote Historische Rendez-vous	653
39 Archaea	660
40 Eubacteria	664
Het verhaal van <i>Rhizobium</i>	664
Het verhaal van Taq	675
Canterbury	681
Terugkeer	705
<i>Een heropvoering van de evolutie</i>	706
<i>Voortgang en vooruitgang</i>	722
<i>Evolueerbaarheid</i>	730
<i>Afscheid van de waard</i>	740
Verder lezen	743
Noten bij de fylogenieën en reconstructies	745
Literatuur	753
Verantwoording afbeeldingen	782
Register	789

John Maynard Smith

(1920–2004)

Hij heeft een conceptversie gezien en aanvaarde minzaam de opdracht die nu, helaas, plaats moet maken voor een

In memoriam

Al die lezingen, en ‘workshops’, de bustochtjes naar lokale bezienswaardigheden, de projectieapparatuur en loopmicrofoons, ’t doet er allemaal niets toe. Het enige dat echt telt op een conferentie is de aanwezigheid van John Maynard Smith en van een ruime, gezellige bar. Als hij in de beoogde periode verhinderd is, stel je de conferentie uit ... Hij zal de jonge onderzoekers betoveren en amuseren, naar hun verhalen luisteren, ze inspireren, ze enthousiasmeren als ze de moed wat beginnen te verliezen, en ze gesterkt terugsturen naar hun laboratoria of hun modderige proefveldjes, popelend om de nieuwe ideeën uit te proberen waarvan hij ze zo vrijgevig voorzag.

Het zijn niet alleen de conferenties die nooit meer zullen zijn wat ze ooit waren.

VOORWOORD BIJ DE TWEEDE EDITIE

Tien jaar na het verschijnen van de eerste editie van dit boek bespraken Yan Wong en ik, in de passende ambiance van het Museum voor Natuurlijke Historie te Oxford, de mogelijkheid ter ere van dit jubileum een nieuwe editie voor te bereiden. Yan, ooit een student van mij, was mijn onderzoeksassistent bij het schrijven van de eerste versie, voor hij universitair docent in Leeds werd en carrière maakte als tv-presentator. Hij speelde een enorm belangrijke rol bij de opzet en uitwerking van de eerste uitgave en figureert daarin als medeauteur van een aantal hoofdstukken. Tijdens ons gesprek tien jaar later beseften we dat er veel nieuwe informatie beschikbaar was, vooral afkomstig uit wereldwijd moleculair-genetisch onderzoek. Yan nam het leeuwendeel van de herziening voor zijn rekening en ik stelde de uitgever voor dat hij nu netjes als medeauteur van het hele boek zou worden opgevoerd.

Het nieuwe onderzoek leidde gelukkig niet tot ingrijpende veranderingen in de volgorde van rendez-vouspunten waar nieuwe deelnemers zich aansluiten bij de grote pelgrimage naar de oorsprong van het leven die we, overeenkomstig onze chauceriaanse beeldspraak, aanduiden als Canterbury. U zult hierin een of twee kleine verschuivingen aantreffen, plus een paar nieuwe rendez-vouspunten en wat veranderingen in de datering. In de eerste uitgave wezen we er al met zorg op dat verschillende genen langs een verschillende route kunnen zijn doorgegeven. Dat heeft verrassende gevolgen die in een aantal nieuwe en herziene verhalen voor deze uitgave verder worden uitgewerkt. We geven met name een nadere precisering van het tijdstip voor elk rendez-vous, en een genuanceerder beeld van de genetische verwantschap tussen soorten. Een enkelvoudige stamboom van het leven is een noodzakelijke versimpeling van het evolutionaire proces – en gegeven de steeds veelvuldiger voorbeelden van horizontale genenuitwisseling tussen onze verre bacteriële verwanten geldt dat nadrukkelijker naarmate we dichterbij het hoogtepunt, bij Canterbury, komen.

De onderliggende verwantschap tussen de miljoenen levende soorten op aar-

de kan nu veel eleganter worden weergegeven dan in de eerste uitgave. James Rosindell, voorheen Yans medewerker in Leeds, en nu werkzaam bij het Imperial College in Londen, ontwikkelde een prachtige manier om enorme evolutionaire stambomen weer te geven met behulp van fractalen. Zijn 'OneZoom'-weergaven met hun prachtige mogelijkheden voor verkenning zijn ideaal voor onze pelgrimstocht langs de boom des levens. Plaatjes van deze fractalen verlevendigen onze presentatie van elk rendez-vouspunt. Zij vormen de basis van de interactieve stamboom van het leven op www.ancestorstale.net, die bij dit boek aansluit.

Er zijn wat nieuwe verhalen toegevoegd, terwijl andere moesten wijken of werden overgedragen aan andere pelgrims die geschikter waren om een herziene versie te vertellen. Yan had het lumineuze idee om mijn (in 2012 met het oog op een tv-programma geheel in kaart gebrachte) genoom te gebruiken ter illustratie van een fascinerende nieuwe techniek om de demografische geschiedenis van de mens te reconstrueren aan de hand van het DNA van één enkel individu. Samen met soortgelijke analyses op basis van verscheidene andere menselijke genomen,* maakt die deel uit van het Verhaal van Eva.

Genetisch materiaal ontleend aan fossielen heeft ons inzicht in de recente evolutie van de mens grondig bijgesteld. Het bevestigde ons eerdere vermoeden dat er sprake was van kruising tussen neanderthalers en mensen en bracht een voorheen onbekende menselijke ondersoort aan het licht. Deze 'denisova'-mensen vertellen nu wat eerst het Verhaal van de neanderthaler was. Tot mijn grote genoegen haalde oud DNA ook het Verhaal van de olifantsvogel onderuit. Zijn boodschap wordt nu, in een nieuw verhaal, gebracht door de luiaard. De publicatie van complete genomen van recente organismen leidde tot meer nieuwe verhalen; het is haast onvoorstelbaar dat zo'n rijke bron van informatie voor toekomstige onderzoekers doodgewoon zal zijn. Hier zien we drie nieuwe vertellers: chimpansee, coelacant en blaasjeskruid. In andere gevallen, zoals de gibbon, de muis en de lamprei, leidde nieuwe genetische inzichten tot een ingrijpende herziening van het oorspronkelijke verhaal, of in enkele gevallen tot een nieuw voor- of nawoord. Recent ontdekte fossielen (spectaculaire *Australopithecus*- en *Ardipithecus*-vondsten bijvoorbeeld) leidden tot herzieningen, en ook tot een nieuw Verhaal van de longvis. Tot slot verdient ook het Verhaal van de kielstaartleguaan te worden genoemd – een capricieuze toe-

* Hier, en zeer veelvuldig elders in dit boek, het meervoud van 'genoom' (uitgesproken met een lange 'ee', en niet het voltooid deelwoord van 'nemen' waarvan het qua spelling niet te onderscheiden is). (vert.)

voeging die ik schreef op een boottocht langs de Galapagoseilanden, en die eerder verscheen als artikel in *The Guardian*.

Gegeven hoe snel de biologie zich ontwikkelt, zal ook nieuw materiaal in deze editie deels vast weer achterhaald raken. Zo gaat dat met wetenschap. In de laatste paar maanden voor het uitkomen van dit boek verschenen alweer verscheidene wetenschappelijke artikelen waarin nieuwe vertakkingen aan de basis van de levensboom onthuld werden. Dankzij steeds betere methoden voor DNA-analyse verkeren onderzoekers nu in de merkwaardige situatie dat ze het complete genoom kennen van overigens bijna volledig onbekende soorten, variërend van denisovamensen aan het ene uiteinde van onze reis tot verschillende onkweekbare bacteriegroepen aan het andere. Wie weet wat we nog zullen ontdekken? Niettemin bleef veel van wat we in de eerste druk schreven tien jaar later overeind. Het beeld dat we hier van het leven op aarde geven is kennelijk al aardig raak.

Het doet me goed te zien dat de benadering van fylogenetische vragen waarvoor we in de eerste editie met enige aarzeling kozen – een reconstructie van de afstammingslijnen van genen onafhankelijk van de lichamen waarin ze zitten – inmiddels de grondslag van veel biologie vormt. In veel van de nieuwe stukken in deze nieuwe uitgave speelt die een wezenlijke rol. Ik hoop dat u mij toestaat dat ik dit zie als een zoveelste bevestiging van de ideeën over de cruciale positie van het gen waarvoor ik me een groot deel van mijn werkzame leven heb ingezet.

Elk boek met meer dan één auteur vergt een ongemakkelijke besluit over het persoonlijk voornaamwoord: ‘ik’ of ‘wij’? De eerste druk was geheel vanuit mijn gezichtspunt geschreven, compleet met persoonlijke anekdotes en grillen, en gebruikte overal ‘ik’. De uitgever meende terecht dat het niet zou werken daar ‘wij’ van te maken, en adviseerde ons, omwille van de eenheid, dat ‘ik’ te blijven gebruiken, zelfs in hoofdstukken die grotendeels door Yan geschreven zijn. Maar er zijn passages waar wij samen onze nek wensen uit te steken, bijvoorbeeld wat betreft een bepaalde theoretische kwestie of taxonomische techniek. In zulke gevallen hebben we ‘wij’ gebruikt, en bedoelen we dat ook echt.

Richard Dawkins

2016

DANKWOORD

Anthony Cheetham, de grondlegger van Orion Books, haalde me over om dit boek te schrijven. Dat hij alweer vertrokken was voor het verscheen, komt vooral doordat ik er schandalig lang over deed het af te maken. Michael Dover verdroeg mijn uitstelgedrag beheerst en met humor en wist me met zijn snelle en heldere inzicht in wat ik nastreefde altijd weer moed te geven. Het beste van zijn vele goede besluiten was om Latha Menon in te huren als freelancedacteur. Net als bij *A Devil's Chaplain* was Latha's steun van onschatbare waarde. Haar inzicht in zowel de hoofdlijn als de details, haar encyclopedische kennis, haar liefde voor de wetenschap en haar onbaatzuchtige toewijding aan de bevordering daarvan hebben mij, en dit boek, op ontelbare manieren geholpen. Andere medewerkers van de uitgeverij droegen het hunne bij, maar Jennie Condell en de vormgever, Ken Wilson, deden meer dan ik mocht verwachten.

Mijn onderzoeksassistent Yan Wong was nauw betrokken bij elke fase van de voorbereiding, het onderzoek en het schrijven. Zijn vindingrijkheid en gedetailleerde kennis van de moderne biologie werden hoogstens nog overtroffen door zijn computervaardigheid. Waar ik wat dat betreft dankbaar de leerlingrol op mij heb genomen, voeg ik graag toe dat hij mijn leerling was voor ik de zijne werd, want ik was zijn studiebegeleider bij het New College. Hij promoveerde vervolgens bij Alan Grafen die ooit bij mij promoveerde, dus zou je Yan zowel mijn student als mijn kleinstudent kunnen noemen. Leerling of leraar, Yans bijdrage was zo groot dat ik erop stond dat hij, bij bepaalde verhalen, als mede-auteur zou worden opgevoerd. Toen Yan vertrok voor een fietstocht door Patagonië, profiteerde het boek in zijn laatste ontwikkelingsfase nog zeer van Sam Turvey's uitzonderlijke dierkundige kennis en de gewetensvolle zorg waarmee hij die inzette.

Voor verschillende vormen van hulp en advies tekenden Michael Yudkin, Mark Griffith, Steve Simpson, Angela Douglas, George McGavin, Jack Pettigrew, George Barlow, Colin Blakemore, John Mollon, Henry Bennet-Clark, Robin Eli-

sabeth Cornwell, Lindell Bromham, Mark Sutton, Bethia Thomas, Eliza Howlett, Tom Kemp, Malgosia Nowak-Kemp, Richard Fortey, Derek Siveter, Alex Freeman, Nicky Warren, A.V. Grimstone, Alan Cooper en vooral ook Christine DeBlase-Ballstadt. Anderen noem ik in de Noten aan het eind van het boek.

Zeer dankbaar ben ik Mark Ridley en Peter Holland, die door de uitgeverij als kritische lezers werden aangezocht en die me precies het advies gaven dat ik nodig had. Het cliché van de auteur die zich aansprakelijk stelt voor de resterende tekortkomingen is in mijn geval zeer aangemeten.

Als altijd vermeld ik graag en dankbaar de geïnspireerde vrijgevigheid van Charles Simonyi. En mijn vrouw, Lalla Ward, was ook hier weer mijn steun en toeverlaat.

Richard Dawkins

2004

Eind 2013 benaderde Richard Dawkins mij met het voorstel *Het verhaal van onze voorouder* bij de tijd te brengen met behulp van de tien inmiddels verstreken jaren aan onderzoek. Mijn dank geldt eerst en vooral hem. Onze soepele samenwerking rechtvaardigde mijn enthousiaste instemming volledig. Gegeven de reikwijdte van het boek, echter, was mijn voornemen het in 2014 af te ronden, achteraf gezien, veel te optimistisch.

Het was al snel duidelijk dat een nieuwe uitgave kon profiteren van mijn eerdere betrokkenheid bij het OneZoom-project en James Rosindells geïnspireerde fractalen die talloze soorten (heel het leven in feite) in één schema bijeenbrachten. Dit boek, en de biologie voor een breed publiek in het algemeen, is hem voor deze toepassing veel verschuldigd. Zijn idee voor het gebruik van silhouetten bouwde voort op het PhyloPic-project onder de deskundige leiding van Mike Keeseey; de verantwoording van individuele silhouetten vindt u achter in het boek. Een vermelding hier verdient ook het team van de Open Tree of Life, een van de vele ambitieuze projecten die voortkomen uit het lofwaardige streven naar 'open access' in de wetenschap. Al even 'open' zijn de blogs die vol toewijding worden bijgehouden door John Hawks en Larry Moran: ik heb veel te danken aan korte uitwisselingen met beide auteurs.

Het doet mij buitengewoon goed dat evolutiebiologie zo'n bloeiend vakgebied is, maar bijhouden wat daar gebeurt, vergt meer dan een voltijdbaan. Mijn interpretatie van de vroege fylogenie van dieren, eukaryoten en zelfs bacteriën dank ik aan een aantal gesprekken met de altijd enthousiaste Jordi Paps. Ste-

phan Schiffels hielp mij zeer bij de genoom-analyse, en Tamas David-Barrett gaf zeer waardevol commentaar op het menselijke deel van het verhaal. Ryan Gregory hield het nieuwe Verhaal van het blaasjeskruid tegen het licht en Steven Balbus verifieerde onze interpretatie van zijn theorie. Uiteraard zijn alle eventuele fouten of vertekeningen voor mijn rekening.

Nuttig advies wat betreft specifiek onderzoek of mogelijk ongelukkige formuleringen kreeg ik van Peter Holland, Tim Lenton, Caro-Beth Stewart, Fabien Burki, David Legg en Michael Land. Dank verdienen ook Rand Russell, Alex Freeman en mijn vrouw Nicky Warren, evenals Isabella Gibson en Dinah Challen voor hun hulp bij de illustraties.

Bij de uitgeverij zorgde Bea Hemming voor een bewonderenswaardig subtiele sturing, terwijl redacteur Holly Harley ondanks onophoudelijke wetenschappelijke aanpassingen even standvastig vrolijk bleef als ontwerpster Helen Hewing onder een stortvloed aan fractalen.

Yan Wong

2016

DE WAAN VAN WIJSHEID ACHTERAF

De geschiedenis herhaalt zich niet, maar ze rijmt wel.

Mark Twain

De geschiedenis herhaalt zich; dat is een van haar tekortkomingen.

Clarence Darrow

Geschiedenis is wel gekarakteriseerd als de ene stomme gebeurtenis na de ander. Dat laat zich lezen als een waarschuwing voor twee verleidingen, maar gewaarschuwd als ik ben, zal ik voorzichtig met beide spelen. Allereerst is het voor een historicus verleidelijk het verleden af te schuimen op zich herhalende patronen of ten minste, Mark Twain indachtig, overal reden en rijm te zien. Die voorliefde voor patronen ergert iedereen die er, alweer met Mark Twain, op staat dat 'Geschiedenis ... meestal een willekeurige, rommelige aangelegenheid' is die nergens heen gaat en geen regels kent. De tweede, daarmee verbonden, verleiding is de waan van het heden: het verleden te zien als voorspel voor het nu – alsof de personages in het toneelstuk van de geschiedenis niets beters te doen hadden dan een voorbode van ons te zijn.

Onder hoofdjes die er hier verder niet toe doen, zijn dit brandende kwesties in de menselijke geschiedschrijving en ze spelen nadrukkelijker, en met even weinig overeenstemming, op de langere tijdschaal van de evolutie. Je kunt de evolutionaire geschiedenis presenteren als de ene stomme soort na de andere. Maar veel biologen zullen dat net als ik een armzalig beeld vinden. Als je zo naar evolutie kijkt, gaat het meeste van wat ertoe doet aan je voorbij. Evolutie rijmt, patronen herhalen zich. En dat is geen toeval. Er zijn goed begrepen redenen voor: darwinistische redenen doorgaans, want de biologie heeft, anders dan de menselijke geschiedschrijving of zelfs de natuurkunde, al wel een alomvattende theorie die door al haar deskundige beoefenaren wordt onderschreven, zij het ook in verschillende varianten en interpretaties. Bij het schrijven van een evolutio-

naire geschiedenis deins ik niet terug voor patronen en principes, hoezeer ik daarbij ook op mijn hoede blijf.

En hoe zit het met de tweede verleiding, de waan van wijsheid achteraf, het idee dat het verleden erop uit is óns heden voort te brengen? Stephen Jay Gould zaliger wees terecht op een allesoverheersend beeld van de evolutie in de gangbare mythologie, een karikatuur die vrijwel even alomtegenwoordig is als dat van lemmingen die zich in de afgrond storten (en ook die mythe is onwaar): een rij van aapachtige voorouders die steeds rechterop voortsukkelen in het voetspoor van de fier opgerichte, majestueus voortschrijdende gestalte van *Homo sapiens sapiens* — de mens als laatste woord van de evolutie (en in deze context is de mens altijd man, nooit vrouw), de mens als dat waar de hele onderneming op uit is, de mens als een magneet die de evolutie uit het verleden naar zijn verheven positie omhoogtrekt.

Er is ook een natuurkundige versie waarvan de ijdelheid minder in het oog springt en die ik alleen als terzijde memoreer. Dat is het ‘antropische’ idee dat natuurwetten zelf, of de fundamentele natuurconstanten, een zorgvuldig voorgerekookt geheel vormen dat zo in elkaar steekt dat het uiteindelijk tot de mens moet leiden. Het berust niet noodzakelijk op ijdelheid. Het hoeft niet te betekenen dat het heelal er bewust op is ingericht om ons voort te brengen. Het betekent slechts dat we bestaan, terwijl we dat niet hadden gedaan in een heelal dat het vermogen mist ons tot stand te brengen. Zoals natuurkundigen betoogden is het geen toeval dat we aan de hemel sterren zien, want sterren zijn een noodzakelijk bestanddeel van elk heelal dat ons kan voortbrengen. Opnieuw, dat betekent niet dat die sterren er zijn met het doel ons te maken. Alleen, zonder sterren zou het periodiek systeem geen zwaarder atoom dan lithium bevatten, en een scheikunde van slechts drie elementen is te armzalig om leven mogelijk te maken. Zien is een bezigheid die alleen mogelijk is in het soort van heelal waarin je sterren te zien krijgt.

Maar daarmee is het verhaal niet af. Dat onze aanwezigheid natuurwetten en constanten vereist die ons kunnen voortbrengen is triviaal, maar het bestaan van zulke machtige basisvoorwaarden heeft wellicht nog steeds iets tergend onwaarschijns. Afhankelijk van hun vooronderstellingen zouden natuurkundigen tot de slotsom kunnen komen dat de verzameling van mogelijke heelallen zeer veel groter is dan de deelverzameling waarvan de wetten en constanten de natuurkunde toestaan om via sterren een chemie en via planeten een biologie voort te brengen. Voor sommigen impliceert dit dat de wetten en constanten van meet af aan bewust beraamd zijn (hoewel ik werkelijk niet begrijp waarom iemand dat als oplossing voor wat dan ook zou zien, gezien hoe snel het ver-