

HET DNA  
VAN HET LEVEN  
OP AARDE



Richard Dawkins

HET DNA  
VAN HET LEVEN  
OP AARDE

*Hoe genen ons helpen  
de evolutie beter te begrijpen*

*Illustraties Jana Lenzová*

Nieuw Amsterdam

Vertaling Aad Janssen, Koos Mebius en Pon Ruiter

Eerste druk 2024

© 2024 Richard Dawkins

© 2024 illustraties Jana Lenzová

Oorspronkelijke titel *The Genetic Book of the Dead*

Oorspronkelijke uitgever Head of Zeus

© 2024 Nederlandse vertaling Aad Janssen,

Koos Mebius en Pon Ruiter/Nieuw Amsterdam

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd bestand, of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. Tekst- en datamining van (delen van) deze uitgave is uitdrukkelijk niet toegestaan.

*All rights are reserved, including those for text and data mining, AI training and similar technologies.*

Tekstredactie Marianne Tieleman

Correctie Yulia Knol

Register Ewout van der Hoog

Omslagbewerking Rouwhorst + Van Roon

Auteursfoto Jana Lenzová

NUR 949

ISBN 978 90 468 3323 0

[www.nieuwamsterdam.nl](http://www.nieuwamsterdam.nl)

Nieuw Amsterdam maakt deel uit van Park Uitgevers



Mike Cullen (1927-2001)  
In dankbare herinnering

Soms stuitte je op een probleem bij je onderzoek. Dan wist je precies bij wie je moest zijn voor hulp: hij stond altijd voor je klaar. Ik herinner het me nog als de dag van gisteren: zijn pezige, jongensachtige gestalte in een rode trui, iets voorovergebogen als een veer die was opgewonden met een intense intellectuele kracht, waarbij hij soms geconcentreerd heen en weer wiegde. Zijn uiterst intelligente ogen, die al begrepen wat je bedoelde voordat je iets had kunnen zeggen. De achterkant van de envelop die klaarlag om iets te kunnen noteren, het soms sceptisch, plagerig optrekken van zijn wenkbrauwen, onder zijn slordige haardos. Dan moest hij al snel weer weg – hij had altijd en overal haast –, pakte zijn koekblik bij zijn metalen handvat en verdween. Maar de volgende morgen kreeg je antwoord op je vraag, in Mike's karakteristieke priegelschrift, twee pagina's, met vaak wat algebra, diagrammen, een belangrijke literatuurverwijzing, misschien een toepasselijk klassiek citaat of een zelfbedacht gedicht. Altijd be-moedigend.

Misschien kennen we andere wetenschappers die net zo intelligent zijn als Mike Cullen was – maar niet veel. Misschien kennen we andere wetenschappers die even gul zijn met hun steun als hij was – al zijn het er steeds minder. Maar ik verklaar hier dat we nooit iemand hebben gekend die zoveel te geven had, en dat met zo'n grote gulheid deed.

*Fragment uit mijn toespraak tijdens zijn herdenkingsdienst in Wadham College Chapel, november 2001*



# Inhoud

1	Het dier lezen	9
2	'Schilderijen' en 'beelden'	24
3	In de diepste lagen van de palimpsest	41
4	Reverse engineering	66
5	Dezelfde problemen, dezelfde oplossingen	99
6	Variaties op een thema	131
7	Uit eigen herinnering	156
8	De onsterfelijke genen	192
9	Buiten de grenzen van het lichaam	213
10	Het terugblikkende genperspectief	231
11	Nog meer blikken in de achteruitkijkspiegel	259
12	Goede metgezellen, slechte metgezellen	281
13	Dezelfde route richting de toekomst	306
	Dankwoord	323
	Noten	325
	Bibliografie	354
	Illustratieverantwoording	368
	Register	371





## *Het dier lezen*

Jij bent een boek, een onvoltooid literair werk, een archief van beschrijvende geschiedenis. Je lichaam en je genoom kunnen worden gelezen als een uitgebreid dossier over een reeks kleurrijke, lang verdwenen werelden. Werelden die ook jouw voorouders lang geleden een plaats boden: Je kunt het lezen als een genetisch dodenboek. Deze waarheid geldt voor alle dieren, planten, schimmels, bacteriën en archaea, maar om vermoeiende herhalingen te voorkomen zal ik soms net doen of alle levende wezens dieren zijn. In dezelfde geest heb ik veel waardering voor iets wat John Maynard Smith zei toen we in het oerwoud van Panama werden rondgeleid door een van de wetenschappers van het Smithsonian Tropical Research Institute die daar werkten: ‘Wat een genoegen om te luisteren naar een man die echt van zijn dieren houdt.’ De ‘dieren’ in kwestie waren palmbomen.

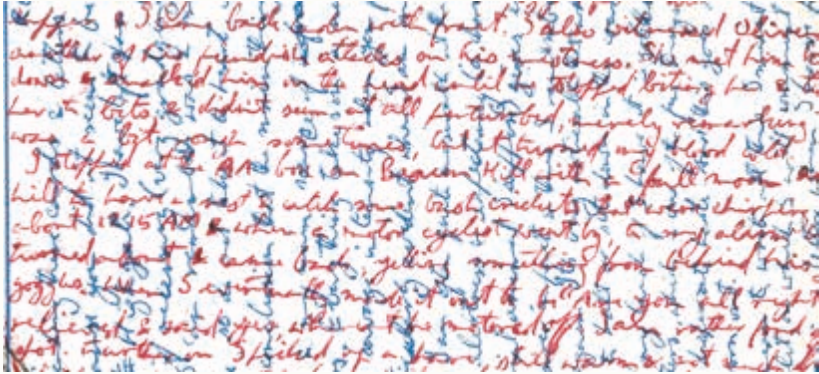
Vanuit het dier gezien kan het genetisch dodenboek ook worden beschouwd als een toekomstvoorspeller, omdat je er redelijkerwijze vanuit kunt gaan dat de toekomst niet al te zeer zal verschillen van het heden. Een derde manier om dit te formuleren is dat een dier, met inbegrip van zijn genoom, een *model* van leefmilieus uit het verleden is en dat het dat model in feite gebruikt om de toekomst te voorspellen. Zo kan het succesvol zijn in de darwinistische strijd, de strijd om te overleven en zich voort te planten, of wat preciezer gezegd, de strijd om het overleven van de genen. Het genoom van het dier gokt erop dat de toekomst niet al te zeer zal verschillen van het verleden waarin zijn voorouders zich hebben weten te handhaven.

Een dier kan dus volgens mij worden gelezen als een boek over werelden uit het verleden, de werelden van zijn voorouders. Waarom heb ik daar het heden niet bij betrokken? Dat een dier te lezen is als

een beschrijving van het milieu waarin het leeft? Dat is inderdaad mogelijk. Maar (met enige uitzonderingen waarover we het verderop zullen hebben) dankzij de natuurlijke selectie van zijn voorouders heeft een dier elk onderdeel van de machinerie waarmee het zich handhaaft via zijn genen meegekregen. Dus wanneer we een dier lezen, lezen we eigenlijk de leefmilieus uit het verleden. We hebben het over het reconstrueren van oeroude werelden, waarin een reeks voorouders lang genoeg heeft weten te overleven om de genen door te geven die bepalend zijn geweest voor hedendaagse dieren zoals wij. Op dit moment is het nog een lastige opgave, maar in de toekomst zal een wetenschapper die een tot dan toe nog onbekend dier onder ogen krijgt in staat zijn om het lichaam en het genoom van dat dier te lezen als een gedetailleerde beschrijving van het milieu waarin de voorouders van dat dier hebben geleefd.

Ik zal me veelvuldig verlaten op deze denkbeeldige Wetenschapper van de Toekomst die opdracht krijgt een tot dan onbekend dier te lezen. Korthedshalve zal ik haar initialen gebruiken: wT. Beleefdheidshalve en ook om gedoe met zijn/haar en hem/haar te vermijden ga ik ervan uit dat de wT een vrouw is. Als ik een vrouw was geweest, had ik er een man van gemaakt.<sup>1</sup>

Dit genetisch dodenboek, dit 'uitlezen' van een dier en zijn genen, deze rijk gecodeerde beschrijving van leefmilieus uit een ver verleden kan niet anders dan een *palimpsest* zijn. Oude documenten worden voor een deel overschreven met teksten uit latere tijden die eroverheen worden gelegd. Een palimpsest is een manuscript waarbij een eerdere tekst is weggekrabd, maar die tekst kan nog wel worden ontcijferd onder de later aangebrachte tekst. Een sympathieke collega, wijlen Bill Hamilton, had de aardige gewoonte om prentbriefkaarten zo te beschrijven, in twee kleuren om verwarring te voorkomen. Zijn zus, dr. Mary Bliss, heeft me dit voorbeeld geleend.



Deze kaart is niet alleen een leuke, tweekleurige palimpsest, hij is ook nog eens toepasselijk, omdat professor Hamilton in brede kring wordt gezien als de meest vooraanstaande darwinist van zijn generatie.<sup>2</sup> In een in memoriam schreef Robert Trivers: ‘Hij had de subtielste geest die ik ooit bij iemand ben tegengekomen. Een geest met meerdere lagen ook nog: wat hij zei, had vaak een dubbele of driedubbele betekenis. Gewone mensen spreken en denken in losse noten. Hij dacht in akkoorden.’<sup>3</sup> Of zou dat palimpsesten moeten zijn? Hoe het ook zij, ik denk dat hij het idee van evolutionaire palimpsesten wel zou hebben gewaardeerd. En het concept van een genetisch dodenboek ook.

Bills briefkaarten en mijn evolutionaire palimpsesten wijken wel af van de officiële woordenboekdefinitie: de weggekrabde en daarna overschreven oude teksten zijn niet onherroepelijk verloren gegaan. In het genetisch dodenboek zijn ze gedeeltelijk overschreven, maar nog wel leesbaar, al moeten we daarvoor in een wazige spiegel kijken,<sup>4</sup> of door een struikgewas van latere teksten heen kijken. De leefmilieus die in het genetisch dodenboek worden beschreven zijn zeer gevarieerd: ze lopen van oeroude zeeën uit het Precambrium via allerlei tussenfases tot het recente verleden. Waarschijnlijk zal er vanzelf een balans ontstaan tussen hedendaagse en oude teksten. Ik denk niet dat dat gebeurt via een simpele regel zoals de Koran hanteert om met innerlijke tegenstrijdigheden om te gaan: nieuw wint het altijd van oud. In hoofdstuk 3 kom ik daar nog op terug.

Als je wilt slagen in de wereld moet je voorspellen wat er vervolgens gaat gebeuren, of je gedragen alsof je dat doet. Een zinnige voorspelling moet gebaseerd zijn op het verleden, en veel zinnige voorspellingen zijn eerder statistisch dan absoluut. Soms is zo'n voorspelling cognitief: 'Als ik in dat ravijn val (of die slang bij zijn ratelende staart pak, of me volstouw met die verleidelijke belladonnabessen), kan ik verwachten dat ik fysiek zal lijden of dood zal gaan.' Wij mensen zijn gewend aan zulke cognitieve voorspellingen, maar dat zijn niet de voorspellingen waar ik op doel. Mij gaat het meer om onbewuste, statistische 'wat als'-voorspellingen van de invloeden op de kans dat een dier in leven weet te blijven en zo kopieën van zijn genen door kan geven.

Deze padhagedis uit de Mojavewoestijn, met een huid die door zijn kleurenpatronen sterk lijkt op zand en steentjes, is een voorbeeld van een door zijn genen ingegeven voorspelling: dat hij zal worden geboren (nou ja, uit het ei zal kruipen) in een woestijn. Evenzo kan een zoöloog die deze hagedis ziet de huid van het dier *lezen* als een levendige beschrijving van het zand en de steentjes van de woestijnomgeving waarin de voorouders van de hagedis altijd hebben geleefd. Maar mijn centrale thema gaat veel verder dan uiterlijkheden zoals huid. Het hele lichaam van het dier, tot in de verste uithoeken, elk orgaan, elke cel, elk biochemisch proces, elke fractie van het dier, met inbegrip van zijn genoom, kan worden beschouwd als een beschrijving van de



wereld die de voorouders van dat dier hebben bewoond. Bij deze hagedis zal dat verhaal ongetwijfeld identiek zijn aan het verhaal van de huid van het dier. ‘Woestijn’ zal tot in zijn verste uithoeken te lezen zijn, plus een massa informatie over het verleden van zijn voorouders, veel meer informatie dan waarover de wetenschap anno nu beschikt.

Toen de hagedis uit zijn ei kwam, gebeurde dat in het teken van een genetische voorspelling dat hij in een door een hete zon beschenen wereld van zand en steentjes terecht zou komen. Als hij van die genetische voorspelling zou afwijken, bijvoorbeeld door vanuit de woestijn naar een groen gazon te verhuizen, zou hij al gauw ten prooi vallen aan een roofvogel. Ook als de wereld zelf zó zou veranderen dat zijn genetische voorspelling ernaast zit, ziet het er slecht voor hem uit. Alle bruikbare voorspellingen gaan ervan uit dat de toekomst min of meer hetzelfde zal zijn als het verleden, in elk geval statistisch gezien. In een wereld waarin voortdurend grilligheid troef is, een chaotische en onvoorspelbare heksenketel van leefmilieus, is voorspellen onmogelijk en daarmee loopt het voortbestaan gevaar. Gelukkig is de wereld conservatief en kunnen genen er veilig op gokken dat het morgen overal min of meer net zo zal gaan als gisteren. Als dat een keer niet het geval is – bij een rampzalige overstroming of een vulkaanuitbarsting, om maar wat te noemen, of wanneer de inslag van een asteroïde de hele wereld op zijn kop zet – zitten alle voorspellingen ernaast, loopt alles in het honderd en sterven hele categorieën dieren uit. Meestal krijgen we niet te maken met zulke grote rampen en dus ook niet met het verdwijnen van grote delen van onze fauna. Wat wel verdwijnt, zijn afwijkende individuen die er met hun voorspelling net naast zitten, of net iets meer ernaast dan hun concurrenten binnen dezelfde soort. Dat is natuurlijke selectie.<sup>5</sup>

De bovenste teksten van een palimpsest zijn van zeer recente datum. Ze zijn geschreven tijdens het leven van het dier, en vallen daarmee in een speciale categorie. Over de door de genen geleverde beschrijving van oeroude werelden liggen wijzigingen en gedetailleerde verfijningen die dateren van na de geboorte van het dier. Die wijzigingen zijn geschreven of herschreven doordat het dier heeft *geleerd* uit ervaring, of doordat het immuunsysteem, aangestuurd door zijn opmer-

kelijke ‘geheugen’ voor ziekten uit het verleden, in actie is gekomen. Die wijzigingen kunnen ook ontstaan door fysiologische aanpassingen, bijvoorbeeld aan hoogte, of zelfs door simulaties waarbij je je een voorstelling maakt van een mogelijke toekomstige uitkomst. Zulke recente palimpsesten worden niet doorgegeven door de genen (al is dat wel zo bij de apparatuur die nodig is om ze te schrijven), maar ze zijn toch informatie uit het verleden, waarvan gebruik wordt gemaakt om de toekomst te voorspellen. Alleen is dat verleden in dit geval zeer recent en valt het samen met het leven van een individueel dier. Hoofdstuk 7 gaat over de delen van een palimpsest die dateren van na de geboorte van een dier.

Er is een nog recenter voorbeeld aan te wijzen waarbij de hersenen van dieren een dynamisch model opstellen van een snel wisselende omgeving, waardoor ze in real time snelle veranderingen kunnen voorspellen. Ik schrijf dit aan de kust van Cornwall, waar ik afgunstig geniet van de meeuwen, surfend op de wind die op de kliffen van de Lizard inbeukt. De stand van de vleugels, de staart en soms zelfs de kop van elke vogel past zich voortdurend aan aan de steeds veranderende kracht en richting van de wind. Stel je voor dat de WT, onze zoöloog uit de toekomst, elektroden implanteert in de hersenen van zo’n meeuw. Daardoor kan ze de minuscule spierbewegingen van de vogel uitlezen – een doorlopende reactie, in real time, op het kolken en draaien van de wind. In de hersenen is dus een dynamisch model actief, dat de vlieghouding van de vogel voortdurend zo fijn afstemt dat die vogel weer een fractie van een seconde langer in de lucht weet te blijven.

Ik heb hierboven geschreven dat een dier niet alleen een beschrijving van het verleden is en niet alleen een voorspelling van de toekomst, maar ook een model. Wat is een model? Een contourkaart is dankzij zijn hoogte- en structuurlijnen een model van een gebied. Aan de hand van dat model kun je een landschap reconstrueren en kun je bepalen hoe je van A naar B kunt komen. Dat geldt ook voor de reeks nullen en enen in een computer die een gedigitaliseerde versie van die kaart is en misschien nog extra informatie bevat over bevolkingsgrootte, verbouwde gewassen, de belangrijkste religies enzovoort. In

technische zin zijn twee systemen modellen van elkaar als hetzelfde onderliggende wiskundige model bepalend is voor hun gedrag. Je kunt een elektronisch model van een slinger opstellen. De periodiciteit van de slinger en van een elektronische oscillator wordt door dezelfde vergelijking bepaald, alleen betekenen de symbolen in die vergelijking niet hetzelfde. Een wiskundige kan een van de twee, met op papier de bijbehorende vergelijking, gebruiken als ‘model’ voor een van de andere. Meteorologen stellen een dynamisch computermodel op van het weer op aarde, dat voortdurend wordt bijgesteld aan de hand van informatie van strategisch geplaatste thermometers, barometers, anemometers, en, tegenwoordig verreweg het belangrijkste, satellieten. Het model kijkt naar de toekomst en stelt dan voor een willekeurig gebied een weersverwachting op.

Onze ogen projecteren niet een gedetailleerde film van hoe de buitenwereld eruit ziet op een klein bioscoopscherm in de hersenen.<sup>6</sup> De hersenen construeren een virtual-realitymodel van de wereld, een model dat voortdurend wordt bijgewerkt aan de hand van wat onze zintuigen waarnemen. Net als meteorologen hun computermodel van het mondiale weer gebruiken om in de toekomst te kijken, doet elk dier binnen zijn eigen wereldmodel van seconde tot seconde hetzelfde om zijn handelen aan te sturen. Elke soort stelt een eigen wereldmodel op. Dat model heeft een vorm die goed past bij het bestaan van dat dier en is bruikbaar bij het doen van voorspellingen over hoe dat dier het beste kan overleven. Het model verschilt uiteraard sterk van dier tot dier. Het model in de kop van een zwaluw of een vleermuis moet een driedimensionale hemel met daarin snel bewegende doelwitten benaderen. Waarschijnlijk maakt het niet uit dat het model in het ene geval wordt bijgewerkt aan de hand van input via de ogen en in het andere geval via de oren. Zenuwimpulsen zijn zenuwimpulsen, waar ze ook vandaan komen. De hersenen van een van boom naar boom springend dier als de eekhoorn genereren een virtual-realitymodel dat bijvoorbeeld sterk lijkt op dat van een doodshoofdaapje. Beide soorten moeten hun weg vinden in een driedimensionale wirwar van stammen en takken. Het model van een koe is eenvoudiger en bijna tweedimensionaal. Een kikker maakt geen

model in de betekenis waarin wij dat woord gebruiken. Het oog van een kikker beperkt zich grotendeels tot het aan de hersenen doorgeven van kleine, bewegende objecten.<sup>7</sup> Op dat doorgeven volgt meestal een stereotiepe kettingreactie: de kikker draait zich om naar het voorwerp, doet een sprongetje om wat dichterbij te komen en dan schiet de tong op het doelwit af. In de bedrading van het oog zit een voorspelling verwerkt dat als de kikker zijn tong in de aangegeven richting laat uitschieten hij waarschijnlijk iets eetbaars raakt.<sup>8</sup>

Mijn grootvader kwam uit Cornwall en was in dienst van Marconi toen dat bedrijf nog niet zo lang bestond. Hij moest jonge technici die bij Marconi gingen werken de eerste beginselen van de radio bijbrengen. Een van de hulpmiddelen die hij daarbij gebruikte, was een waslijn, die hij snel heen en weer liet bewegen om geluidsgolven te imiteren, of radiogolven, want voor beide geldt hetzelfde model, en daar gaat het hier om. Elk complex golfpatroon – geluidsgolven, radiogolven en desnoods zelfs golven op zee – kan worden ontleed in de sinusgolven waaruit het opgebouwd. Dit heet fourieranalyse, vernoemd naar de Franse wiskundige Joseph Fourier (1768-1830).<sup>9</sup> Die onderdelen kunnen ook weer worden opgeteld om zo de oorspronkelijke complexe golf te verkrijgen (fouriersynthese). Om dat te demonstreren maakte grootvader zijn waslijn aan draaiende wielen vast. Als maar *één* wiel draaide, vertoonde de waslijn een golvende beweging, die bij benadering op een sinusgolf leek. Als tegelijkertijd ook een gekoppeld wiel ronddraaide, werden de golfbewegingen van de waslijn complexer. De som van de sinusgolven was een simpele, maar aansprekende demonstratie van het fourierprincipe. Grootvaders kronkelende waslijn was een model van de radiogolf die van zender naar ontvanger gaat. Of van een geluidsgolf die het oor binnendringt: een samengestelde golf, waarop de hersenen iets loslaten wat je met fourieranalyse zou kunnen vergelijken, want ze kunnen patronen van een grote complexiteit ontraadselen: gefluister met daardoorheen hinderlijk gehoest en op de achtergrond een symfonieorkest. Het verbazingwekkende is dat ons oor, of eigenlijk onze hersenen, binnen die samengestelde massa geluidsgolven links een hobo en rechts een hoorn kunnen onderscheiden.



Het hedendaagse equivalent van mijn grootvader zou niet een waslijn zijn, maar een computerscherm, waarop eerst een eenvoudige sinusgolf te zien is, daarna een tweede sinusgolf met een andere frequentie, dan de twee samen, zodat je een complexere golflijn krijgt, enzovoort.<sup>10</sup> Op de afbeelding hieronder is de geluidsgolf te zien – hoogfrequente luchtdrukveranderingen – die ontstond toen ik *één* Engels woord uitsprak. Als je weet hoe je ze moet analyseren zou je uit de numerieke gegevens die verborgen zitten in een (sterk vergrote) versie van dit beeld kunnen afleiden wat ik heb gezegd. Maar daar zou wel veel wiskundig vernuft en computerrekenkracht voor nodig zijn. Je kunt dezelfde golflijn ook zien als de groef waarin een ouderwetse grammofoonnaald rust als je een lp afspeelt. Dat heeft voortdurend veranderende luchtdrukgolven tot gevolg. Die bombarderen je trommelvliezen en worden daar omgezet in pulspatronen die via zenuwcellen je hersenen bereiken. Je hersenen zouden vervolgens moeiteloos, en in real time, een wiskundig kunststukje uithalen en het woord ‘sisters’ herkennen.



De software in onze hersenen die zich bezighoudt met het verwerken van geluid herkent moeiteloos gesproken woorden, maar de software die visuele input verwerkt, heeft het extreem moeilijk als hij te maken krijgt met een golflijn op papier, op een computerscherm, of met de cijfers waarmee die golflijn ook kan worden uitgedrukt. Niettemin is alle informatie in die cijfers te vinden, hoe ze ook worden weergegeven. Om achter die informatie te komen moeten we een wiskundige berekening uitvoeren met een snelle computer, maar ook dan wordt zo'n berekening een hele toer. En toch is het voor je hersenen een fluitje van een cent als ze te maken krijgen met een geluidsgolf waar-

in deze informatie zit verwerkt. Dit is een parabel om duidelijk te maken – heel wezenlijk voor wat ik zeggen wil, vandaar dat ik dat twee keer doe – dat sommige delen van een dier véél moeilijker te ‘lezen’ zijn dan andere. Het huidpatroon van de padhagedis uit de Mojavewoestijn is een makkie, vergelijkbaar met het *horen* van ‘sisters’. De voorouders van dit dier wisten in een stenige woestijn te overleven, dat is duidelijk. Maar we mogen niet terugschrikken voor interpretaties met een hogere moeilijkheidsgraad – de scheikundige processen die in levercellen plaatsvinden, om maar een voorbeeld te noemen. Dat zou weleens lastig kunnen zijn, op dezelfde manier waarop het lastig is om in de golfweergave van een oscilloscoop ‘sisters’ te *zien*. Maar dat is allemaal niet strijdig met mijn voornaamste punt: dat de informatie, hoe moeilijk die ook te ontcijferen is, in de afbeelding aanwezig is. Het genetisch dodenboek zou even ontoegankelijk kunnen blijken als Lineair A of het Indusschrift. Maar alle informatie, daarvan ben ik overtuigd, zit erin.

Het op deze pagina afgebeelde patroon is een QR-code. Daarin zit een verborgen boodschap, die voor mensen niet leesbaar is. Maar uw smartphone heeft er geen enkele moeite mee en zegt dat het een regel



van mijn favoriete dichter is. Het genetisch dodenboek is een palimpsest van berichten uit het verleden van onze voorouders, verborgen in het lichaam en het genoom van een dier. Net als QR-codes zijn ze met het blote oog vrijwel nooit leesbaar, maar zoölogen uit de toekomst, gewapend met geavanceerde computers en andere gereedschappen, zullen ze wel kunnen lezen.

Om even nog een keer mijn belangrijkste punt aan te stippen: als we een dier onderzoeken, zijn er bepaalde gevallen – de padhagedis in de Mojavewoestijn is er een van – waarin we meteen de in dat lichaam aanwezige beschrijving kunnen lezen van de omgeving waarin de voorouders van dat dier hebben geleefd, net als ons gehoor onmiddellijk het woord ‘sisters’ kan interpreteren als we dat horen. Hoofdstuk 2 gaat over dieren waarbij de leefomgeving bijna letterlijk van

het lichaam af te lezen is. Maar meestal moeten we toch gebruikmaken van indirectere en lastigere methoden om aan onze gegevens te komen. In latere hoofdstukken geef ik voorzichtig methoden aan waarop dat mogelijk zou kunnen. Maar in de meeste gevallen zijn de technieken daarvoor nog niet volledig uitontwikkeld, vooral wat het lezen van het genoom betreft. Onderdeel van wat ik met dit boek wil bereiken is het inspireren van wiskundigen, computerwetenschappers, moleculaire genetici en anderen met betere kwalificaties dan ik om dat soort methoden te ontwikkelen.

Meteen aan het begin moet ik afrekenen met vijf mogelijke misverstanden over het ‘genetisch dodenboek’. Als eerste meteen maar de teleurstellende onthulling dat ik het grootste deel van het ontcijferen van dat dodenboek aan toekomstige wetenschappers overlaat. Daar kan ik in het hier en nu weinig aan bijdragen. Ten tweede: er zijn, afgezien van een poëtische resonantie, weinig verbanden met de Egyptische dodenboeken. Dat waren handleidingen die met de doden werden begraven om hen te helpen tijdens de reis naar de onsterfelijkheid. Ook het genoom van een dier is een gebruiksaanwijzing, die dat dier duidelijk maakt hoe het zijn weg moet vinden in de wereld, en wel op zo’n manier dat het die handleiding (niet zijn lichaam) kan doorgeven aan een potentieel onbegrensde toekomst en wellicht de onsterfelijkheid.

Op de derde plaats zou de term ‘genetisch dodenboek’ de lezer op het verkeerde been kunnen zetten voor wat betreft oud DNA, inderdaad een fascinerend onderzoeksgebied. We kunnen in sommige gevallen beschikken over het DNA van lang geleden – helaas niet héél erg lang – overleden mensen, vaak in nogal verbrokkelde vorm. De Zweedse geneticus Svante Pääbo heeft een Nobelprijs gekregen voor het aan elkaar leggen van het genoom van neanderthalers en denisovamensen, die ons verder alleen van fossielen bekend zijn. Bij de denisovamensen beschikken we over slechts drie tanden en vijf botfragmenten.<sup>11</sup> Als bijvangst toont Pääbo’s werk aan dat de Europeanen, maar niet de sub-Saharaanse Afrikanen, afstammen van zeldzame gevallen van vermenging tussen hedendaagse mensen en neanderthalers. Ook is de genetische oorsprong van sommige hedendaagse men-

sen, en dan vooral de Melanesiërs, te herleiden uit vermenging met denisovamensen. Het onderzoek naar oud DNA is in volle gang. Het genoom van de wolharige mammoet is bijna geheel in kaart gebracht en er is hoop dat de soort weer tot leven kan worden gewekt. Andere mogelijke ‘opwekkingen uit de dood’: de dodo, de trekduif, de reuzenalk en de buidelwolf (ook wel Tasmaanse tijger genoemd).<sup>12</sup> Helaas blijft DNA op zijn best maar een paar duizend jaar bruikbaar. Hoe het ook zij, oud DNA is heel interessant, maar valt buiten de reikwijdte van dit boek.

Op de vierde plaats ga ik het niet hebben over het vergelijken van het DNA van verschillende groepen hedendaagse mensen en de historische inzichten die we daardoor krijgen, met inbegrip van de migratiegolven uit het verre verleden. Deze genetische studies vertonen een fascinerende overlap met linguïstische vergelijkingen. Zo blijkt uit de verbreiding van zowel woorden als genen over de Micronesische eilanden in de Stille Oceaan dat er een wiskundig bewijsbare relatie bestaat tussen enerzijds de afstanden tussen eilanden en anderzijds linguïstische overeenkomsten.<sup>13</sup> We kunnen ons een beeld vormen van kano’s met uitleggers die over de open oceaan scheren, beladen met genen en woorden. Maar dat zou een hoofdstuk worden in een ander boek. *De zelfzuchtige memen* misschien?

Denk op basis van het voorafgaande niet dat de huidige wetenschap klaarstaat om DNA-sequenties om te zetten in het beschrijven van leefmilieus uit het verre verleden. Dat kan niemand, en het is niet duidelijk of de WT het ooit zal kunnen. Dit boek gaat over het lezen van het dier zelf, het lichaam en het gedrag van dat dier – het fenotype. Het blijft waar dat de beschrijvende berichten uit het verleden worden overgebracht door het DNA. Maar voorlopig lezen we die nog indirect, via fenotypen. De gemakkelijkste, zo niet de enige manier om een menselijk genoom om te zetten in een functionerend lichaam is door dat in te brengen in het zeer bijzondere interpretatiemiddel dat wij een vrouw noemen.