

Deze download is uitsluitend voor eigen gebruik bedoeld. Doorsturen per e-mail of anderszins, kopiëren, op websites of anderszins op internet plaatsen, of verhandelen is niet toegestaan.

De boeken van Uitgeverij Nieuwezijds zijn verkrijgbaar in de boekhandel
en via www.nieuwezijds.nl.

Evolutionair denken

de invloed van Darwin op ons wereldbeeld

Chris Buskes



UITGEVERIJ NIEUWEZIJD

Uitgegeven door: Uitgeverij Nieuwezijds, Amsterdam
Zetwerk: Holland Graphics, Amsterdam
Omslag: Marjo Starink, Amsterdam

Copyright © 2006, Chris Buskes

ISBN 978 90 5712 180 7

NUR 730



Bij de productie van dit boek is gebruikgemaakt van papier dat het keurmerk van de Forest Stewardship Council (fsc) mag dragen. Bij dit papier is het zeker dat de productie niet tot bosvernietiging heeft geleid.

Niets uit deze uitgave mag worden veeleenvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm, geluidsband, elektronisch of op welke andere wijze ook en evenmin in een retrieval system worden opgeslagen zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Hoewel dit boek met veel zorg is samengesteld, aanvaarden schrijver(s) noch uitgever enige aansprakelijkheid voor schade ontstaan door eventuele fouten en/of onvolkomenheden in dit boek.

Voor Petra
voor alles

Woord vooraf

Dit boek gaat over de intellectuele nalatenschap van Charles Darwin: de evolutietheorie. De evolutietheorie behoort tot de krachtigste en meest verreichende ideeën die ooit zijn geformuleerd. Elk weldenkend mens zou daarom van dit idee kennis moeten nemen, al was het maar om stelling te kunnen nemen in de voortdurende controversen en verhitte discussies die Darwins theorie nog steeds weet op te roepen. Dit boek is bedoeld als een breed en toegankelijk overzichtswerk dat de lezer vertrouwd maakt met de vele facetten van evolutionair denken, niet alleen binnen de biologie maar ook in tal van andere disciplines. De evolutietheorie verdient ieders aandacht, niet alleen om haar elegante eenvoud en verklarende kracht, maar vooral omdat zij tal van wetenschappelijke, filosofische en levensbeschouwelijke consequenties heeft die niemand onberoerd laten.

De eerste plannen voor dit boek zijn ontstaan binnen het kader van de cursus *Darwins erfenis*, die ik sinds 2002 verzorg voor het Honours Programma van de Radboud Universiteit Nijmegen. Ik ben veel dank verschuldigd aan rector magnificus Professor dr. Kees Blom voor het mogen deelnemen aan dit prestigieuze onderwijsprogramma, alsmede aan coördinator Henk Willems en zijn medewerkers voor de vaak uitstekende praktische organisatie. Ook wil ik Raymond Corbey, Tijs Goldschmidt en Esteban Rivas hartelijk danken voor hun inspirerende gastcolleges. Zij brachten de cursus ontegenzeggelijk op een hoger plan. Maar bovenal gaat mijn dank uit naar de cursisten van *Darwins erfenis* die de afgelopen jaren mijn geest hebben gescherpt en de leemtes in mijn kennis hebben aangevuld.

Tot slot wil ik collegafilosofen Monica Meijsing en Pouwel Slurink noemen. Ik ben hen zeer erkentelijk voor het waardevolle com-

mentaar op het manuscript. Dankzij hun expertise en kritische blik kon de tekst op tal van punten worden verbeterd.

Het schrijven van een boek is een eenzame en monomane bezigheid. Het feit dat ik mij steeds door dierbaren wist gesteund, maakten de vele uren achter de tekstverwerker echter draaglijk. Dit boek is opgedragen aan mijn allerdierbaarste, zonder wie de volgende bladzijden nooit geschreven zouden zijn.

Inhoud

Inleiding	I
<i>Een nieuw denkraam</i> 1 § <i>Implicaties van evolutietheorie</i> 3	
§ <i>Beloftes en gevaren</i> 4 § <i>Doel en opzet van dit boek</i> 6	
1 Op het spoor van de evolutie	9
<i>Het klassieke en middeleeuwse wereldbeeld</i> 9 § <i>De wetenschappelijke revolutie</i> 12 § <i>Natuurlijke theologie</i> 14 § <i>Lamarck en Spencer</i> 16	
§ <i>De vinken van Galápagos</i> 18 § <i>De puzzel krijgt gestalte</i> 22	
§ <i>De strijd om het bestaan</i> 27 § <i>Publicatie van het Ontstaan van soorten</i> 30 § <i>Weismann en Mendel</i> 32 § <i>De moderne synthese</i> 36	
2 Seksuele selectie	39
<i>De dubbele belix</i> 39 § <i>Het evolutionaire algoritme</i> 42 § <i>Het reuzenhert en de pauw</i> 45 § <i>Mannelijke competitie</i> 48 §	
<i>Vrouwelijke voorkeur</i> 51 § <i>De nature/nurture-controverse</i> 52	
§ <i>Een psyche uit het stenen tijdperk</i> 54 § <i>Seksuele selectie, overspel en emoties</i> 58 § <i>Seksuele selectie en cultuur</i> 60	
3 Soortvorming	63
<i>Mysterie der mysteriën</i> 63 § <i>De dieren van de keizer</i> 65	
§ <i>Het biologische-soortenconcept</i> 68 § <i>Een soortenzwerf in het Victoriameer</i> 72 § <i>Isolatiemechanismen in sympatrische populaties</i> 74 § <i>Problemen met het biologische-soortenconcept</i> 76 § <i>Hoopvolle monsters</i> 78	

- 4 Evolutie van de mens** 83
Ontwikkelingen in de paleoantropologie 83 § *Primaten en hominiden* 85 § *De eerste mensachtigen* 86 § *De dageraad van de mens* 94 § *Het raadsel van de Neanderthalers* 100 § *Een tweede exodus uit Afrika* 103 § *Trends in de menselijke evolutie* 106
- 5 Sociobiologie en evolutiepsychologie** 113
Controverse over de menselijke natuur 113 § *De nieuwe synthese* 117 § *Het raadsel van de sociale insecten* 120 § *Verwantenselectie en parasitisme* 124 § *De evolutie van wederkerigheid* 126 § *De paradox van de vrije wil* 129 § *Het leibandprincipe* 132 § *Wetenschap in wording* 135
- 6 Evolutie en antropologie** 139
Over vreemde landen en volken 139 § *De universaliteit van emoties* 140 § *Victoriaanse vooroordelen* 142 § *Het standaardmodel van de sociale wetenschap* 146 § *Cultureel relativisme* 148 § *Opgroeien op Samoa* 150 § *Moeder van de wereld* 154 § *De aanval van Freeman* 156 § *Botsende paradigma's* 159
- 7 Evolutie en taal** 163
Taal maakt de mens 163 § *Empirisme en nativisme* 166 § *De taal als exaptatie* 168 § *Het taalinstinct* 170 § *De uniciteit van de menselijke taal* 173 § *Op zoek naar de taalvonk* 178 § *De functie van taal* 183
- 8 Evolutie en bewustzijn** 187
Lichaam en geest 187 § *Cartesiaans dualisme* 190 § *Monisme, fysicisme en functionalisme* 192 § *Slimme machines* 196 § *Hoe is het om een vleermuis te zijn?* 200 § *Een aanval op de volkspsielologie* 202 § *Zombies en de functie van bewustzijn* 206 § *Het gelaagde bewustzijn* 208 § *Valkuilen in het onderzoek naar het dierlijke bewustzijn* 212

9	De evolutie van cultuur	217
	<i>Een nieuw medium voor evolutie</i> 217 § <i>De geboorte van de memetica</i> 218 § <i>Universeel darwinisme</i> 220 § <i>Cultuur als verlengstuk van de genen</i> 222 § <i>De revolte der memen</i> 225 § <i>In de ban van het meemplex</i> 228 § <i>Mijn memen hebben het gedaan!</i> 231 § <i>Is culturele evolutie lamarckiaans?</i> 233 § <i>Een genealogie van memen</i> 235 § <i>Wat is een meem?</i> 237 § <i>Is memetica wetenschap?</i> 238	
10	Evolutionaire epistemologie	241
	<i>Nieuwe perspectieven</i> 241 § <i>De zoektocht naar zekerheid</i> 242 § <i>Naturalisme</i> 245 § <i>Over nestvlieders en aangeboren kennis</i> 247 § <i>Achter de schermen van de cognitieve nis</i> 248 § <i>Evolutie is kennisverwerving</i> 252 § <i>Darwin-machines</i> 257 § <i>Evolutie van wetenschap</i> 259 § <i>De doelgerichtheid van wetenschap</i> 262 § <i>De naturalistische drogreden</i> 264	
11	Evolutie en religie	267
	<i>Kapelaan van de duivel</i> 267 § <i>Amerikaanse toestanden</i> 270 § <i>Wat is er mis met Intelligent Design?</i> 274 § <i>Wie is er bang voor macro-evolutie?</i> 277 § <i>Toeval en Stupid Design</i> 280 § <i>De strijd der magisteria</i> 283 § <i>Hogere metafysica</i> 288 § <i>Op zoek naar de God spot</i> 292	
12	Evolutie en de moraal	297
	<i>De grondslag van de moraal</i> 297 § <i>Het sociaal contract</i> 299 § <i>Speltheorie</i> 301 § <i>Het dilemma van de gevangene</i> 303 § <i>Het vlooidilemma</i> 305 § <i>Wederkerig altruïsme</i> 307 § <i>De triomf van Tit-for-Tat</i> 310 § <i>Is Tit-for-Tat een Evolutionair Stabiele Strategie?</i> 313 § <i>Wenken voor wereldleiders</i> 315 § <i>Moraal van sentimenten</i> 317 § <i>Zijn we van nature goed?</i> 319	
13	Evolutie en esthetica	323
	<i>Esthetische obsessies</i> 323 § <i>Gevederde kunstenaars</i> 325 § <i>Wat wil de pauwben?</i> 328 § <i>Esthetisch realisme</i> 331 § <i>Plato als middenweg</i> 333 § <i>De oorsprong van kunst</i> 334 § <i>Schoonheid als adaptatie</i> 338 § <i>Schoonheid en symmetrie</i> 341 § <i>Vrouwelijke curven en ongewassen T-shirts</i> 344 § <i>Vooruitzichten van een evolutionaire esthetica</i> 347	

14	Darwiniaanse geneeskunde	351
	<i>Memento mori</i> 351 § <i>Evolutionaire compromissen</i> 354 § <i>Heterozygoot voordeel</i> 355 § <i>Een eeuwige wapenwedloop</i> 358 § <i>Adaptieve verdedigingstechnieken</i> 362 § <i>De opmars van beschavingsziekten</i> 366 § <i>Dreigende doemscenario's</i> 370	
15	Sociaal-darwinisme en eugenetica	375
	<i>Gevaren van evolutionair denken</i> 375 § <i>Herbert Spencer en de wetten van de evolutie</i> 376 § <i>De wortels van het sociaal- darwinisme</i> 380 § <i>De controverse over rassen</i> 382 § <i>De bell curve</i> 386 § <i>De toekomst van de beschaving</i> 391 § <i>Rashygiëne in de polder</i> 395 § <i>Regels voor het mensenpark</i> 397	
16	Evolutie en vooruitgang	403
	<i>Twijfels over progressie</i> 403 § <i>De grote keten van het bestaan</i> 407 § <i>Criteria voor vooruitgang</i> 410 § <i>Evolutie en escalatie</i> 416 § <i>De modus van het leven</i> 419 § <i>Evolutie en convergentie</i> 424 § <i>De toekomst van het leven</i> 428	
	Epiloog	431
	Aanbevolen literatuur	435
	Literatuur	441
	Illustratieverantwoording	457
	Index	459

Inleiding

*Als ik een prijs moest uitreiken voor het beste idee dat iemand ooit heeft gehad,
dan zou ik hem aan Darwin geven, nog voor Newton en Einstein of wie dan ook.*

– Daniel Dennett

EEN NIEUW DENKRAAM

Over het ontstaan van soorten, het meesterwerk van Charles Darwin uit 1859, wordt door sommigen wel het boek van het tweede millennium genoemd, zoals de Bijbel dat was voor het eerste. Hoe dit ook zij, een feit is dat Darwin een conceptuele aardverschuiving heeft veroorzaakt die zonder precedent is in de geschiedenis van de wetenschap. Meer nog dan Copernicus, Galilei, Newton en Einstein heeft Darwin onze kijk op onszelf en de wereld radicaal en onomkeerbaar veranderd. De evolutietheorie is ontegenzeggelijk een mijlpaal: ze behoort tot de grootste intellectuele prestaties uit de menselijke geschiedenis. Typerend voor zulke wetenschappelijke revoluties is dat ze voorheen gescheiden onderzoeksgebieden bijeenbrengen, dat ze talloze nieuwe vragen oproepen en, niet in de laatste plaats, dat ze de wereld in een nieuw en scherper licht plaatsen. Deze kenmerken gelden ook – en in toenemende mate – voor de evolutietheorie. Darwins baanbrekende ontdekking leidde immers tot een geheel nieuw denkraam waarvan we de vele implicaties nog maar net beginnen te begrijpen. De belangrijkste wetenschappelijke implicatie is misschien wel dat we de ontwikkeling van het leven en het ontstaan van de mens kunnen verklaren zonder een beroep te doen op het bovennatuurlijke.

Darwin heeft de wereld in zekere zin op zijn kop gezet. Meer dan tweeduizend jaar lang geloofde men dat een opperwezen het leven op aarde heeft geschapen. De bouw en werking van ledematen, organen en zintuigen lijken immers een duidelijk vooropgezet plan te verraden. Alles wijst op een schepper, een bovennatuurlijke ambachtsman. Deze zienswijze wordt verwoord in het zogeheten ontwerpargument, het *argument from design*. Dit argument stelt dat elk complex ontwerp een intelligente ontwerper vooronderstelt. Er valt zeker het een en ander voor dit argument te zeggen. Immers, complexe en functionele dingen ontstaan doorgaans niet zomaar, of zonder doel. Denk bijvoorbeeld aan een horloge, een computer of een jumbojet. Deze artefacten zijn door ingenieurs, ontwerpers en andere knappe koppen bedacht en in elkaar gezet. Ze verraden intelligentie. Hetzelfde moet – in verhoogde mate – gelden voor levende wezens, want het eerste de beste insect is al vele malen complexer dan de modernste computer of de space shuttle. Kortom, wanneer men de functionaliteit en complexiteit van levende wezens bestudeert, ontkomt men bijna niet aan de indruk dat iemand dit allemaal doelbewust heeft ontworpen. Er was daarom ook lange tijd geen enkele aanleiding om de schepping van het leven te betwijfelen. Gedurende meer dan twee millennia zag men overal de kundige hand van een goddelijk ingenieur.

Pas sinds Darwin hebben we een wetenschappelijke verklaring voor de wonderlijke complexiteit en doelmatigheid van het leven. Het leven blijkt niet voortgekomen uit het ‘hogere’, maar uit het ‘lagere’: alle organismen op onze planeet stammen af van organische moleculen en primitieve eencellige wezens die een slordige vier miljard jaar geleden in de oceanen zijn ontstaan. Op genetisch niveau blijken de meest uiteenlopende organismen nauw aan elkaar verwant. Elementaire regelgenen die de embryonale ontwikkeling bij de mens sturen, vinden we bijvoorbeeld ook terug bij alle andere gewervelde dieren, en zelfs bij insecten. In genetisch opzicht verschilt de mens maar een fractie van zijn meest nauwe verwanten, de chimpansee en de bonobo. Het wetenschappelijke bewijs voor de gemeenschappelijke oorsprong en de evolutie van het leven is overweldigend. Het blinde mechanisme dat Darwin ontdekte, natuurlijke selectie, blijkt intelligent ontwerp te kunnen simuleren.

De conceptuele omwenteling die Darwin bewerkstelligde is een

mooi voorbeeld van wat de Amerikaanse wetenschapsfilosoof en -historicus Thomas Kuhn een 'paradigmawisseling' noemt. Volgens Kuhn wordt de geschiedenis van de wetenschap gekenmerkt door enkele ingrijpende conceptuele revoluties waarbij het ene paradigma, ofwel wereldbeeld, werd verruild voor het andere. Het klassieke voorbeeld is de copernicaanse revolutie in de astronomie. Tot ontsteltenis van zijn tijdgenoten stelde Copernicus dat niet de aarde maar de zon in het middelpunt van het universum staat. Volgens Kuhn komen wetenschappers na een wisseling van paradigma's in een andere wereld terecht: de feiten baden ineens in een ander licht. Dit geldt ook voor het paradigma dat Darwin ons heeft aangereikt. Vóór Darwin zagen natuuronderzoekers overal de hand van een schepper. Na Darwin zien we de efficiëntie van natuurlijke selectie.

IMPLICATIES VAN EVOLUTIETHEORIE

De Amerikaanse filosoof Daniel Dennett vergelijkt Darwins evolutietheorie met een bijtend zuur (*universal acid*) dat zich overal doorheen vreet, door niets kan worden tegengehouden, en de wereld anders achterlaat. De beeldspraak is niet negatief bedoeld. Integendeel, Dennett stelt terecht dat de evolutietheorie ons tot een herziening van vele gevestigde en diep gekoesterde overtuigingen dwingt. Er is tegenwoordig vrijwel geen wetenschapsgebied meer aan te wijzen dat niet wordt 'aangetast' door Darwins gedachtegoed. Na honderdvijftig jaar sijpelen de implicaties van de evolutietheorie nog altijd door in de overige wetenschappen. Niemand ontkomt volgens Dennett aan de corroderende werking van Darwins 'gevaarlijke' idee. Zelfs het Vaticaan heeft nog niet zo lang geleden een knieval gedaan. In 1996 verkondigde paus Johannes Paulus II dat de evolutietheorie niet langer als een speculatieve hypothese kan worden weggewuifd. De katholieke kerk erkent sindsdien de mogelijkheid dat het menselijk lichaam uit eerdere levensvormen is voortgekomen (maar de Heilige Stoel tekent daar wel nadrukkelijk bij aan dat de ziel rechtstreeks bij ons is ingeplant door God). Het bericht van het Vaticaan kwam slechts enkele jaren na de pauselijke rehabilitatie van Galilei in 1992. Blijkbaar wil men soortgelijke blunders voortaan voorkomen.

Zoals gezegd, de evolutietheorie dreigt onze meest gekoesterde denkbelden over wie we zijn en waar we vandaan komen radicaal

overhoop te gooien. Darwins ontdekking ondermijnt de speciale status van de mens. We zijn niet geschapen naar het evenbeeld van een opperwezen, maar het resultaat van een blind en algoritmisch proces van natuurlijke selectie. Deze visie boezemt sommige mensen weerzin in omdat het sacrale wordt onttroond en het mysterie lijkt te worden onttoverd. Is de mens niet meer dan een doorgeschoten aap? De evolutietheorie lijkt bovendien te botsen met verschillende gevestigde overtuigingen binnen de mens- en geesteswetenschappen. Worden wij bepaald door onze natuur of door onze cultuur? Wordt ons gedrag geprogrammeerd door onze genen, of bezitten wij een vrije wil? En wat betekent de evolutietheorie eigenlijk voor de religie? Sommige vooraanstaande wetenschappers menen dat men wel gek moet zijn om na Darwin nog in God te geloven.

BELOFTES EN GEVAREN

Anders dan de moderne fysica en andere wetenschappelijke disciplines heeft de evolutietheorie directe en verregaande consequenties voor tal van filosofische en levensbeschouwelijke kwesties. Sommige traditionele vraagstukken lijken binnen een darwiniaans perspectief zelfs een geheel nieuwe dimensie te krijgen. Denk bijvoorbeeld aan de menselijke identiteit (Wie zijn wij en waar komen we vandaan?), de oorsprong van de moraal (Worden wij gestuurd door zelfzuchtige genen of is onvoorwaardelijk altruïsme mogelijk?), en het ontstaan van de menselijke geest (Welke functie heeft ons bewustzijn en kunnen dieren ook denken?). De grote belofte van het evolutionaire paradigma is dat we een beter inzicht krijgen in wat de mens is en waar hij vandaan komt. De evolutietheorie slaat zo een brug tussen wetenschapsgebieden die voorheen van elkaar gescheiden waren. In de sociale wetenschappen groeit het inzicht dat kennis van de moderne evolutiebiologie onmisbaar is voor een compleet beeld van mens en maatschappij. Denk in dit verband aan de opkomst van disciplines als de sociobiologie en de evolutiepsychologie. Enkele decennia geleden was een dergelijke kruisbestuiving nog ondenkbaar.

Naast beloftes brengt de evolutietheorie echter ook gevaren met zich mee. Darwins ideeën zijn in het verleden misbruikt door ideologen, pseudo-wetenschappers en fantasten. Denk bijvoorbeeld aan het sociaal-darwinisme en de eugenetica. Met een expliciet beroep

op Darwin betoogde men dat we de hulpbehoevende medemens aan zijn lot moeten overlaten omdat een dergelijke praktijk het meest in overeenstemming is met de natuur. De evolutietheorie zou een ‘wetenschappelijke’ rechtvaardiging geven voor het bestaan van ongelijkheid, armoede en oorlog. Aanhangers van de eugenetica (de term is bedacht door een neef van Darwin en betekent ‘goede afstamming’) gingen nog verder. Teneinde de menselijke soort te ‘verbeteren’, werden mensen met vermeende ‘slechte’ genen gedwongen gesteriliseerd of vermoord opdat toekomstige generaties verschoond zouden blijven van dergelijke aberraties. Het ingrijpen in de evolutie, door middel van genetische manipulatie, is nu actueler dan ooit. Met de recente ontrafeling van het menselijk genoom hebben we de materiële blauwdruk van onszelf in handen gekregen. De verleiding om aan de menselijke evolutie te gaan sleutelen, blijkt moeilijk te weerstaan en het is niet vreemd dat veel mensen hier ernstige bedenkingen bij hebben.

Een ander gevaar is dat we in onze euforie doorslaan naar een of andere vorm van biologisch determinisme, de gedachte dat de mens geheel wordt bepaald door zijn biologische constitutie, zijn genen. De controverse over de belangrijkste determinant van menselijk gedrag – natuur of cultuur – vertoont een slingerbeweging door de jaren heen. De sociale wetenschappen werden namelijk lange tijd gedomineerd door het tegenovergestelde dogma van het cultureel determinisme, de gedachte dat de mens geheel en al door cultuur, sociaal milieu en opvoeding wordt bepaald. Dit dogma begint nu langzaam af te brokkelen. Tegenwoordig neigt men steeds meer naar een mensbeeld dat door de biologie wordt geïnspireerd. Sommige overijverige evolutiedenkers menen zelfs dat we alle menselijke kenmerken kunnen herleiden tot enkele eenvoudige evolutiebiologische principes. Uiteindelijk zou alles draaien om de proliferatie van genen. Cultuur is zo gezien niets anders dan een ‘biologische aanpassing’ die ons in staat stelt om onze genen beter te verspreiden. Een dergelijk reductionisme is echter te kort door de bocht en daarom niet wenselijk. Onze cultuur is minstens net zo belangrijk en bepalend als onze menselijke natuur. De vraag blijft echter bestaan wat de wisselwerking is tussen de twee invloeden.

DOEL EN OPZET VAN DIT BOEK

Darwin heeft ons een erfenis nagelaten die een zorgvuldig beheer vereist. De kwesties die hierboven werden aangesneden, zijn immers voor iedereen relevant. Geen weldenkend mens kan het darwiniaanse paradigma meer negeren want de beloftes en gevaren van evolutionair denken gaan ons allemaal aan. Dit boek is dan ook bedoeld als een handleiding en een wegwijzer voor hen die nader kennis willen maken met de evolutietheorie en haar mogelijke implicaties. In het verleden werd de discussie over Darwins nalatenschap vaak ont sierd door onwetendheid en vooroordelen. In dit boek is getracht om dergelijke fouten te vermijden. Een onderbouwd en afgewogen oordeel over de vele controversiële kwesties is pas mogelijk wanneer men zin en onzin, en feit en fictie van elkaar weet te scheiden. Of ik daar in ben geslaagd, laat ik aan de lezer over. Het boek vooronderstelt geen specifieke voorkennis. Wetenschappelijk en filosofisch jargon wordt zoveel mogelijk vermeden en technische termen worden steeds in eenvoudige bewoordingen uitgelegd. Bovenal wordt gepoogd de lezer *zelf* aan het denken te zetten. Indien dit is gelukt, is de opzet van het boek geslaagd.

Ten slotte een kort woord over de structuur van dit boek. Het boek bestaat uit zestien hoofdstukken. In de eerste vier hoofdstukken, die samen het inleidende deel van dit boek vormen, staat de evolutietheorie zelf centraal. Darwins ontdekking wordt in een brede, historische context geplaatst en tevens komen er verschillende aspecten van de moderne evolutiebiologie ter sprake, zoals natuurlijke en seksuele selectie, soortvorming en de evolutie van de mens. In de overige hoofdstukken wordt onderzocht wat de evolutietheorie voor andere wetenschappelijke disciplines kan betekenen. Is er inderdaad sprake van een vruchtbare kruisbestuiving? We maken onder meer kennis met de sociobiologie en de evolutiepsychologie, en ook wordt de oorsprong van bewustzijn, taal, cultuur en kennis vanuit een darwiniaans perspectief bekeken. Vervolgens zullen we ingaan op de vraag of de evolutietheorie een nieuw licht kan werpen op vertrouwde zaken zoals de moraal, religie, schoonheid en gezondheid. Ook komen de gevaren van het sociaal-darwinisme en de eugenetica ter sprake. Het geheel besluit met een overpeinzing over de vraag of de evolutie een richting heeft en of er sprake is van vooruitgang

of niet. Per hoofdstuk is achter in het boek aanvullende literatuur te vinden. De lezer kan aan de hand van deze suggesties zelf zijn eigen weg verder uitstippelen.

I

Op het spoor van de evolutie

HET KLASSIEKE EN MIDDELEEUWSE WERELDBEELD

De moderne evolutiebiologie vormt in menig opzicht de bekroning van de wetenschappelijke revolutie die in de vijftiende en zestiende eeuw een aanvang had genomen met onderzoekers als Copernicus en Galilei. De wetenschappelijke revolutie voltrok zich aanvankelijk in de astronomie, de fysica en de mechanica, disciplines die zich bezighielden met de bestudering van de hemellichamen en de eigenschappen van dode materie. Men ontdekte dat de bewegingen van de hemellichamen en andere materiële objecten aan natuurlijke en kwantitatief beschrijfbare wetmatigheden gehoorzaamden. In de negentiende eeuw zette Darwin de kroon op deze revolutie door te laten zien dat ook het ontstaan en de ontwikkeling van het leven het resultaat is van een natuurlijk en wetmatig proces. Om deze prestatie naar waarde te kunnen schatten, is enig inzicht in de geschiedenis van de westerse wetenschap onontbeerlijk. Alvorens in te gaan op Darwins ontdekking, zal daarom eerst een beknopt overzicht van die geschiedenis worden geschetst.

In de derde en vierde eeuw voor onze jaartelling stelden de twee grootste denkers uit de klassieke oudheid, Plato en Aristoteles, dat de aarde stilstaat in het centrum van het heelal en dat de hemellichamen in cirkels om de aarde heen bewegen. Dit wordt ook wel het geocentrische wereldbeeld genoemd (van het Griekse woord *gè* = aarde). Het universum kende volgens de Griekse filosofen bovendien een hiërarchisch onderscheid tussen twee totaal verschillende sferen, te weten: het ondermaanse en het bovenmaanse. De aarde behoort tot het domein van het ondermaanse, dat gekenmerkt wordt

door onvolmaaktheid en vergankelijkheid. Volgens Plato zijn alle dingen op aarde slechts vage, onvolmaakte afspiegelingen van eeuwige ideeën of vormen. In het ondermaanse is alles opgebouwd uit de vier elementen aarde, water, lucht en vuur. Deze elementen hebben ieder hun natuurlijke plaats. De natuurlijke plaats van het element aarde, bijvoorbeeld een steen, is het middelpunt van de aarde (en dus ook van de kosmos). Daarom valt een steen naar beneden: hij streeft naar zijn natuurlijke plaats. Volgens Aristoteles streeft alles naar een uiteindelijke bestemming. De natuurlijke plaats van het element water is het aardoppervlak, die van lucht het gebied boven het aardoppervlak, en de natuurlijke plaats van vuur is de top van de atmosfeer, vlak bij de baan van de maan. Dit is de reden waarom vlammen altijd opstijgen.

Voorbij de baan van de maan begint het domein van het bovenmaanse. In deze hemelse sfeer van sterren en planeten (dwaalsterren) gelden geheel andere wetten. In het bovenmaanse is alles volmaakt en onveranderlijk: de hemellichamen draaien in perfecte en eeuwige cirkelbanen om de aarde heen. De hemellichamen zijn opgebouwd uit het element ether, ook wel de vijfde substantie of kwintessentie genaamd. Voorbij de sfeer van de sterren bevindt zich volgens Aristoteles een 'Eerste Beweger' of 'Onbewogen Beweger', die alles in gang heeft gezet. Deze goddelijke instantie is tevens de oorzaak van zichzelf. Plato spreekt in dit verband over een Demiurg, oftewel een goddelijk ambachtsman die de aarde en het universum in elkaar heeft gezet. Niet alleen in het universum, maar ook op de aarde zelf ontwaren we volgens de Griekse filosofen een hiërarchische ordening, een rangschikking van laag naar hoog. Op de onderste trede vinden we levenloze objecten zoals een steen, vervolgens komen de planten, dan de dieren en ten slotte de mens. Dit is de zogeheten *scala naturae*, oftewel de grote ladder of keten van het zijn, de gedachte dat de werkelijkheid een natuurlijke en onveranderlijke ordening vertoont. In de hellenistische periode werd de geocentrische kosmologie van Aristoteles verder verfijnd door de astronoom Ptolemaeus (tweede eeuw n. Chr.) uit Alexandrië. Deze introduceerde onder andere zogeheten 'epicykels', ofwel hulpcircels, om de bewegingen van de dwaalsterren beter te kunnen voorspellen.

Het klassieke, aristotelische wereldbeeld was doordrenkt met teleologie (van het Griekse *telos* = doel), ofwel doelloorzakelijkheid.

Teleologie is de gedachte dat alles een doel heeft en naar een uiteindelijk bestemming streeft. Aristoteles onderscheidde weliswaar meerdere soorten oorzaken (waaronder de werkoorzaak, een concept dat we tegenwoordig nog steeds hanteren) maar de doelloorzaak was volgens hem het belangrijkste. Teleologie verklaart niet alleen waarom stenen vallen en vlammen opstijgen, maar ook waarom iets dat in potentie aanwezig is, kan 'actualiseren', namelijk omdat het zijn uiteindelijke vorm tracht te verwezenlijken. Teleologie verklaart waarom een kind volwassen wordt, een rups verandert in een vlinder en een beukenoot uitgroeit tot een beuk, enzovoort. Deze voorbeelden laten zien dat doelloorzakelijkheid met name geschikt is om verandering in de levende natuur te begrijpen. Al het leven lijkt doordeesemd met teleologie, de eigenschappen van planten en dieren lijken allemaal voor iets *bedoeld*.

Ons huidige concept van biologische 'functie' weerspiegelt nog altijd deze doelloorzakelijke kijk op de natuur. We zeggen bijvoorbeeld dat het hart de functie (het doel) heeft om het bloed rond te pompen, en dat de schutkleur van dieren de functie (het doel) heeft om roof- of prooidieren te misleiden. Functionele eigenschappen *dienen* ergens voor, ze moeten een gewenste toestand realiseren en instandhouden. Een hedendaagse bioloog zal echter zeggen dat deze doelloorzakelijkheid niet door een onstoffelijke 'vorm' wordt gestuurd, maar door een gedurende de evolutie verworven genetisch programma. Aristoteles was naast een groot wijsgeer ook een uitnemend bioloog die tal van belangrijke ontdekkingen deed. Zijn overtuiging dat ook de levenloze natuur naar een doel of bestemming streeft, wordt tegenwoordig echter niet meer onderschreven.

In de late oudheid werden Plato's Demiurg en Aristoteles' Eerste Beweging door de kerkvader Augustinus (vierde eeuw n. Chr.) gekerstend. Het klassieke wereldbeeld en de *scala naturae* werden zo in een overkoepelende christelijke context geplaatst. De wereld en alles wat daar op leeft, is geschapen door God. De levende natuur belichaamt de perfectie van de schepping want alle plant- en diersoorten bezitten een bepaalde essentie. Biologische soorten werden dan ook als eeuwig en onveranderlijk beschouwd want het Oppervezen levert immers geen half werk. Individuele organismen komen en gaan, maar de soort verandert nooit. Gedurende de Middeleeuwen bleef het klassieke, hiërarchisch geordende wereldbeeld groten-

deels intact. Op aarde is de mens het hoogste wezen: hij is geschapen naar het evenbeeld van het Opperwezen en heeft de overige natuur van hem in beheer gekregen. In de Middeleeuwen wordt ook voor het eerst het ontwerpargument, het *argument from design*, expliciet verwoord. De orde in de kosmos en met name de functionele doelmatigheid in de levende natuur zijn een bewijs voor een intelligente maker. Denk bijvoorbeeld aan de bouw en werking van een zintuig als het oog.

In de dertiende eeuw schaaft de theoloog en filosoof Thomas van Aquino het ontwerpargument dan ook onder zijn godsbewijzen. Elk complex ontwerp vooronderstelt een kundig ontwerper. Kenmerkend voor het middeleeuwse, zogeheten scholastieke denken is het beroep op dogma en autoriteit. Indien de Bijbel of Aristoteles zeggen dat iets het geval is, dan is er geen reden om dit bijvoorbeeld door middel van een experiment te controleren. Daar waar de filosofie en de Bijbel met elkaar in tegenspraak zijn, heeft de laatste altijd gelijk. In de Middeleeuwen gold Aristoteles als de grootste klassieke autoriteit: aan de universiteiten stond zijn filosofie in hoog aanzien. Het enige minpuntje was eigenlijk dat hij een 'heiden' was.

DE WETENSCHAPPELIJKE REVOLUTIE

Vanaf de vijftiende eeuw waart de Renaissance door Europa. Naast een hernieuwde belangstelling voor de klassieke oudheid ontstaat er gaandeweg een vorm van kritisch denken die breekt met de voorafgaande, scholastieke periode. In plaats van op autoriteit en dogma te vertrouwen, ging men *zelf* onderzoeken hoe de wereld in elkaar steekt. In de zestiende eeuw verkondigde de Poolse astronoom Nicolaas Copernicus dat niet de aarde maar de zon in het middelpunt van het universum staat. Men spreekt in dit verband over de copernicaanse revolutie, waarbij de aarde uit het centrum van het heelal werd gehaald. Overigens lag hier deels een theologische overtuiging aan ten grondslag. Copernicus meende namelijk dat de zon, als representant van het Opperwezen, de eer toekwam om in het centrum van de schepping te staan. Het heliocentrische wereldbeeld (van het Griekse *hèlios* = zon) was echter in strijd met de christelijke leer, die zich op Aristoteles baseerde.

In de eerste helft van de zeventiende eeuw trachtte de Italiaanse

wis- en natuurkundige Galileo Galilei het heliocentrische wereldbeeld met proeven en gedachte-experimenten te onderbouwen. Hij argumenteerde dat de alledaagse ervaring op een stilstaande aarde kan wijzen, maar ook op een aarde die rond de zon en om haar eigen as draait. Galilei zou hierdoor in conflict komen met de Kerk. Net als Aristoteles, Ptolemaeus en Copernicus ging Galilei nog steeds uit van cirkelvormige planeetbanen. De eenparige (gelijkmatige) cirkelbaan was volgens hem de meest fundamentele beweging in de kosmos en op aarde. Ook een vallende steen beschrijft volgens Galilei in werkelijkheid een segment van een cirkelbaan omdat de vallende steen met de aarde meebeweegt. Galilei was zo de eerste die opperde dat de aardse en de hemelse mechanica identiek zijn (de mechanica is de tak van de natuurkunde die de beweging van lichamen bestudeert) waardoor het hiërarchische onderscheid tussen het onder- en het bovenmaanse kwam te vervallen. De heliocentrische theorie leverde echter nog steeds geen goede voorspellingen op. Dit zou pas veranderen toen de Duitse astronoom Johannes Kepler stelde dat de planeetbanen geen cirkel beschrijven maar een ellips.

Galilei liet zien dat ook een autoriteit als Aristoteles zich kon vergissen. De filosoof had bijvoorbeeld beweerd dat zwaardere voorwerpen sneller vallen dan lichte. Galilei nam de proef op de som. Het verhaal gaat dat hij tegelijkertijd twee kanonskogels van de toren van Pisa liet vallen, de een zo groot als een biljartbal, de ander met de afmeting van een Edammer kaas. Tot verbijstering van de aanwezige geleerden ploften de kogels gelijktijdig aan de voet van de toren neer. Ook maakte Galilei gebruik van de door Nederlandse lenzenslijpers uitgevonden telescoop om het copernicaanse wereldbeeld verder te onderbouwen. Hij ontdekte onder andere bergen en kraters op de maan, zonnevlekken, en de vier grootste manen van Jupiter. Al deze bevindingen waren opnieuw in strijd met Aristoteles en met de christelijke leer. De confrontatie kon dan ook niet uitblijven. In 1633 werd Galilei door de Inquisitie veroordeeld tot een publicatieverbod en levenslang huisarrest. Ook moest hij zijn opvattingen officieel herroepen. Volgens een apocriefe overlevering zou Galilei aan het slot van de veroordeling protesterend *eppur si muove!* (en toch beweegt zij!) hebben geroepen, daarbij verwijzend naar de draaiing van de aarde om de zon en om haar eigen as. Niettemin was Galilei nog altijd beter af dan zijn tijdgenoot, en medeaanhan-

ger van het copernicaanse wereldbeeld, Giordano Bruno die in 1600 levend werd verbrand op het Campo dei Fiori in Rome. De Kerk zou gaandeweg echter steeds meer van haar gezag verliezen. De nieuwe wetenschap bleek onstuitbaar.

Kenmerkend voor de wetenschappelijke revolutie in de zestiende en zeventiende eeuw is de kwantitatieve, mathematische werkwijze. De wiskunde blijkt de geëigende taal om bewegingen op aarde en aan het uitspansel te beschrijven. Het universum wordt opgevat als een ingewikkeld, mechanisch uurwerk dat aan natuurlijke wetmatigheden gehoorzaamt. Hierdoor kwamen ook de doelloorzaken van Aristoteles te vervallen, althans in de astronomie en de mechanica. Men postuleerde voortaan louter fysieke werkoorzaken: een steen valt niet omdat hij naar zijn bestemming streeft, maar omdat er een externe kracht op wordt uitgeoefend. In de zeventiende eeuw toonde de Engelse wis- en natuurkundige Isaac Newton aan dat de ellipsvormige planeetbanen werden verklaard door zijn drie bewegingswetten en zijn zwaartekrachtwet. Volgens Newton was niet de cirkelbeweging het meest fundamenteel, maar de eenparige rechtlijnige beweging. Newtons eerste bewegingswet stelt dat een bewegend lichaam zich gelijkmatig in een rechte lijn blijft voortbewegen, tenzij er een externe kracht op wordt uitgeoefend. De zwaartekrachtwet stelt dat de aantrekkingskracht van een lichaam evenredig is met de massa en omgekeerd evenredig met het kwadraat van de afstand. De planeten worden in hun ellipsvormige banen gedwongen door de aantrekkingskracht van de zon. Het hiërarchische onderscheid tussen het boven- en ondermaanse behoorde zo definitief tot het verleden. Alle bewegingen op aarde en aan het firmament gehoorzaamden aan de wetten van Newton.

NATUURLIJKE THEOLOGIE

De wetenschappelijke revolutie had vooral betrekking op disciplines die levenloze natuur bestudeerden, zoals de astronomie en de mechanica. Om de aard en beweging van hemellichamen te begrijpen, hoefde men niet langer een beroep te doen op goddelijke bedoelingen. Dit lag anders voor de levende natuur. Tot ver in de negentiende eeuw stelden filosofen en wetenschappers dat de complexiteit en functionaliteit van levende wezens de hand van een schepper,

een goddelijk ambachtsman verraadt. Het ontwerpargument bleef zo onveranderd van kracht. Eén van de belangrijkste voorvechters van het argument was de negentiende-eeuwse geleerde en predikant William Paley. In zijn boek *Natural theology: or evidence of the existence and attributes of the deity collected from the appearances of nature* uit 1802 betoogde Paley dat we het bestaan van God kunnen afleiden uit de studie van de natuur. Het ontwerpargument wordt in de negentiende eeuw daarom ook wel aangeduid met de naam ‘natuurlijke theologie’. Stel, zegt Paley, dat je op een verlaten, uitgestrekt heideveld per ongeluk met je voet tegen een steen stoot. Niemand zal zich dan afvragen hoe die steen er is terechtgekomen of hoe hij is ontstaan. Dat ligt anders wanneer we op de heide een horloge vinden, stelt Paley. Een horloge vooronderstelt immers een horlogemaker. Het horloge is een uitvinding; het is door iemand bedacht en vervolgens door een kundig ambachtsman in elkaar gezet. Opnieuw: elk ontwerp impliceert een ontwerper. Welnu, indien dit argument geldt voor een horloge, dan gaat het volgens Paley al helemaal op voor de levende wezens die we op de heide tegenkomen. Zelfs het eenvoudigste organisme is immers al vele malen complexer dan het meest geavanceerde uurwerk. Het ontwerp van organismen bewijst zodoende het bestaan van God. Levende wezens kunnen niet door toeval zijn ontstaan.

Paley en andere natuurlijke theologen halen graag het voorbeeld aan van het oog. Als men de bouw en werking van dit zintuig bestudeert, moet men wel concluderen dat er een plan aan ten grondslag ligt. Het oog is door iemand bedacht en ontworpen. De mens bezit, net als alle andere gewervelde dieren, ogen van het cameratype, compleet met lens (hoornvlies), diafragma (pupil), sluiters (ooglid) en lichtgevoelig weefsel (netvlies). Maar er bestaan ook andere ontwerpen. Insecten bezitten bijvoorbeeld facetogen die in complexiteit niet voor cameraogen onderdoen. Paley meende dat dergelijke ingewikkelde en vernuftige zintuigen niet ‘zomaar’ zijn ontstaan. Het ontwerp van het oog veronderstelt een intelligente ontwerper, een ogenmaker. Het voorbeeld van het oog is wellicht de bekendste versie van het ontwerpargument. Ook hedendaagse tegenstanders van de evolutietheorie halen het voorbeeld aan om de vermeende absurditeit van Darwins theorie te demonstreren. Ze leggen de nadruk steeds weer op het toevallige karakter van de evolutie: door

toeval kan geen complexiteit ontstaan. (We noemen iets ‘complex’ wanneer het een georganiseerd en doelmatig ‘systeem’ betreft dat uit verschillende subsystemen bestaat die nauwkeurig op elkaar en op het geheel zijn afgestemd.) Soms hoort men variaties op hetzelfde thema: stel dat er een tornado door een dumpplaats van vliegtuigonderdelen raast. Hoe groot is dan de kans dat de wervelwind door toeval een luchtwaardige jumbojet in elkaar zet? Of, stel dat je een aap achter een tekstverwerker zet. Hoe groot is dan de kans dat het dier door willekeurige aanslagen een toneelstuk van Shakespeare produceert? Enzovoort.

Toen de jonge Darwin in Cambridge studeerde, raakte hij zeer onder de indruk van Paley’s ontwerpargument. Hij kende Paley’s boeken vrijwel uit het hoofd. Darwin was naar Cambridge gegaan om Anglicaans geestelijke te worden: van 1828 tot 1831 studeerde hij er theologie en klassieke talen. Een eerdere medicijnenstudie in Edinburgh was in 1827 op een mislukking uitgelopen. Tijdens zijn verblijf in Cambridge kon Darwin niet hebben vermoed dat hij het ontwerpargument eigenhandig omver zou werpen. Een complex ontwerp behoeft namelijk niet noodzakelijkerwijs een intelligente ontwerper. We zullen zien dat complexiteit kan ontstaan door een blind proces zonder doel of plan. Evolutie kan een intelligente schepper nabootsen.

LAMARCK EN SPENCER

In de tijd dat Darwin nog studeerde, hing het idee van evolutie min of meer in de lucht. Er waren zelfs al verscheidene, zij het gebrekkige, evolutietheorieën in omloop. Charles’ grootvader Erasmus Darwin zinspeelde in zijn medische verhandeling *Zoonomia or the laws of organic life* uit 1794 al op het idee van evolutie door te opperen dat alle levende wezens van een primitief weefsel (*a single living filament*) afstammen. Men kan dus zeggen dat het evolutiedenken in de familie zat. Ook was er de evolutietheorie van de achttiende-eeuwse Franse natuurvorser Jean-Baptiste de Lamarck. De evolutie wordt volgens Lamarck gestuurd door het ‘innerlijk streven’ van organismen. Lamarcks theorie bestaat uit twee elementen, te weten het principe van gebruik en onbruik, en het idee dat verworven eigenschappen erfelijk zijn. Het principe van gebruik en onbruik stelt dat

lichaamsdelen die intensief worden gebruikt gaandeweg prominent naar voren treden. Denk bijvoorbeeld aan een bodybuilder of aan de gespierde armen van de smid. Door jarenlang met een zware hamer op een aambeeld te slaan, heeft de smid stevige biceps ontwikkeld. Omgekeerd zal een lichaamsdeel dat niet of nauwelijks wordt gebruikt geleidelijk worden afgezwakt. Astronauten die maanden in een ruimtestation verblijven, verliezen een aanzienlijk deel van hun spiermassa en botweefsel omdat ze in de gewichtloze toestand nauwelijks fysieke inspanningen plegen. Het tweede element van Lamarcks theorie stelt nu dat deze tijdens het leven verworven (of verloren) eigenschappen erfelijk zijn. De smid geeft zijn gespierde armen door aan zijn kinderen. Door het beroep van hun vader zullen zij een erfelijke aanleg voor stevige biceps bezitten. Kinderen die door een zojuist uit het ruimtestation teruggekeerde astronaut worden verwekt, zullen daarentegen ietwat schriel ter wereld komen. Het klassieke voorbeeld is de giraffe. De giraffe heeft volgens Lamarck een lange nek gekregen omdat generaties van giraffen hun nek steeds ietsje hebben uitgerekt om bij de sappigste acaciablaadjes te kunnen komen. Deze tijdens het leven verworven eigenschap werd steeds aan het nageslacht doorgegeven waardoor de giraffenek steeds langer werd. Lamarckiaanse evolutie verloopt snel en effectief: elke nieuwe generatie plukt immers de vruchten van de inspanningen van de vorige. Darwin kende Lamarcks evolutietheorie en hij zou er later meerdere malen gebruik van maken. Pas aan het eind van de negentiende eeuw, enkele jaren na Darwins dood, zou blijken dat Lamarcks ideeën over erfelijkheid onjuist waren.

Ten slotte was er nog de negentiende-eeuwse Engelse filosoof en socioloog Herbert Spencer. Ook Spencer schreef en publiceerde al over evolutie voordat Darwin dat deed. Net als Darwin werd Spencer geïnspireerd door Lamarck. Diens evolutietheorie verklaarde hoe er snelle, progressieve verandering plaats kan vinden. Bij Spencer is de evolutie aanvankelijk meer een algemeen, metafysisch principe dan een wetenschappelijke hypothese. Hij stelde dat we niet alleen in de levende natuur maar in het gehele universum een ontwikkeling zien van homogeniteit naar heterogeniteit, van eenvoud naar veelvoud. De werkelijkheid neigt ernaar steeds complexer te worden. Evolutie impliceert bovendien vooruitgang, meende hij. Progressieve ontwikkeling is een natuurlijke wetmatigheid. Spencer stond daarin

overigens niet alleen. Het vooruitgangsgeloof was in de negentiende eeuw alomtegenwoordig. Pas nadat Spencer kennismakte met Darwins evolutietheorie, werden zijn ideeën een stuk concreter.

Spencer is vooral bekend geworden als de vader van het sociaal-darwinisme, de gedachte dat we de arme en zwakke medemens niet moeten bijstaan omdat dit het natuurlijke evenwicht verstoort. Aan Spencer hebben we ook de nog altijd populaire slogan *survival of the fittest* te danken. Het principe van 'het overleven van de best aangepasten' gold volgens Spencer niet alleen voor planten en dieren, maar ook voor de mensenmaatschappij. Keiharde competitie elimineert de individuen, bedrijven en organisaties die niet goed aan de samenleving of het tijdsgewricht zijn aangepast. Op de keper beschouwd was het sociaal-darwinisme weinig anders dan een poging om het negentiende-eeuwse *laissez faire*-kapitalisme van een wetenschappelijk jasje te voorzien (in hoofdstuk 15 komen we hier uitgebreid op terug). Spencers alomvattende ideeën over evolutie waren bovendien in essentie lamarckiaans. Ook in zijn sociaal-'darwinisme' staat Lamarcks idee dat verworven eigenschappen worden overgeërfd centraal. Individuen die zich aan een wereld vol concurrenten weten aan te passen, kunnen de verworven eigenschappen aan hun nageslacht doorgeven. De theorieën van Lamarck en Spencer waren echter niet bevredigend omdat zij geen plausibele verklaring gaven voor het mechanisme achter de evolutie. Lamarcks beroep op een innerlijk streven en Spencers geloof in metafysische wetmatigheden waren geen toetsbare hypothesen. Het was Darwin die als eerste overtuigend empirisch bewijsmateriaal voor de hypothese van evolutie verzamelde en het lang gezochte mechanisme achter de evolutie ontdekte.

DE VINKEN VAN GALÁPAGOS

De feiten zijn al meermalen geboekstaafd. In september 1831 kreeg de toen tweeëntwintigjarige Darwin, die eerder dat jaar in Cambridge zijn theologiestudie had voltooid, de verrassende uitnodiging om als onbezoldigd natuuronderzoeker een wereldreis te maken met het verkenningsschip *HMS Beagle*. De uitnodiging had Darwin te danken aan zijn groeiende reputatie als planten- en dierenkenner. De studie van de natuur was Darwins eigenlijke liefde. Als kleine jongen

verzamelde hij al insecten, schelpen en vogeleieren. Tijdens zijn studie in Cambridge, en eerder in Edinburgh, had Darwin in zijn vrije tijd colleges geologie, botanie en zoölogie gevolgd. In Cambridge raakte hij bevriend met John Henslow, het hoofd van de afdeling botanie met wie hij eerder verschillende veldexcursies had ondernomen. Henslow had Darwin aanbevolen bij de leider van de expeditie, kapitein Robert Fitzroy. De pas zevenentwintigjarige en streng gelovige kapitein was aanvankelijk niet van Darwins geschiktheid overtuigd. FitzRoy was een aanhanger van de destijds populaire wetenschap der fysiognomie, oftewel de gelaatkunde. Darwins gezicht, met name de vorm van diens neus, zou karakterloosheid en luiheid verraden. Na enige tijd ging hij toch overstag.

De *Beagle*, een bescheiden driemaster, vertrok op 27 december 1831 uit de haven van Plymouth voor een reis van vijf jaar rond de wereld. In zijn autobiografie schrijft de oude Darwin later dat deze reis ‘verreweg de meest belangrijke gebeurtenis’ in zijn leven is geweest. Het verkenningsschip had als voornaamste taak de kustlijnen van Zuid-Amerika in kaart te brengen ten behoeve van de Britse Koninklijke Marine. Terwijl de navigators en cartografen hun werk verrichtten, ging Darwin aan wal om de lokale flora en fauna te bestuderen. De meest memorabele verkenningen vonden plaats in de periode van 15 september tot 20 oktober 1835 toen de *Beagle* voor anker lag bij de Galápagos-eilanden, een vulkanische archipel in de Stille Oceaan, duizend kilometer ten westen van Ecuador pal op de evenaar gelegen. Darwins bezoek aan de eilanden zou later legendarisch worden. Op de archipel trof Darwin vreemde plant- en diersoorten aan, onder andere reuzenschildpadden (*galápagos* is het Spaanse woord voor schildpad) en zeeleguanen.

Tijdens zijn verkenningen was Darwin niet te beroerd om interessante dieren af te schieten (hij was een verwoed jager) of te doden met behulp van een klap van zijn geologische hamer. Dat lot trof ook een groot aantal vogels van de archipel: Darwin doodde de dieren en prepareerde ze voor de lange reis terug naar Engeland. Darwin verkeerde aanvankelijk in de veronderstelling dat hij op de eilanden onder andere lijsters, merels en winterkoninkjes had gevangen. Pas bij terugkomst in Engeland bleek dat deze veronderstelling onjuist was. John Gould de ornitholoog van de Londense *Zoological Society*, ontdekte dat het in werkelijkheid vrijwel allemaal vinkensoorten

waren. Jammer genoeg had Darwin de vogels niet per eiland geclasificeerd, maar op één hoop gegooid. Dankzij Gould kwam er orde in de chaos. De vinken van Galápagos, en talloze andere specimens die Darwin tijdens zijn reis verzamelde, zouden hun laatste rustplaats vinden in de collectie het Natural History Museum in Londen. De preparaten worden heden ten dage als klompjes goud gekoesterd in stopflessen, vitrines en laden, ver weg van het grote publiek.

De vinken waren zo belangrijk omdat ze Darwin op het spoor brachten van zijn evolutietheorie. (Ik schrijf met opzet 'zijn' theorie omdat we hebben gezien dat er in de eerste helft van de negentiende eeuw al verschillende, zij het gebrekkige, evolutietheorieën circuleerden.) De dieren en planten die Darwin op de Galápagos-eilanden bestudeerde, waren namelijk in menig opzicht uniek. Vele soorten kwamen nergens anders ter wereld voor en de verspreiding van sommige soorten vogels, reptielen en planten bleef zelfs beperkt tot één eiland van de archipel. Het duidelijkst kwam dit naar voren bij de vinken. Ook zij verschilden per eiland. Met name was er een opvallende variatie in snavelmodellen. Op het ene eiland hadden de vogels bijvoorbeeld een lange, spitse snavel, terwijl op een ander eiland de snavel kort en dik was. Eenmaal terug in Londen besepte Darwin dat de verschillen te danken waren aan het specifieke voedselaanbod op de afzonderlijke eilanden, waarvan enkele zo'n honderd kilometer van elkaar liggen. De vinken hadden zich geleidelijk aan de verschillende ecologische omstandigheden aangepast en door de geografische scheiding waren er gaandeweg verschillende soorten ontstaan. De vogels met een lange, spitse snavel waren gespecialiseerde insectenetters en nectardrinkers, terwijl de vinken met een korte, dikke snavel zich hadden bekwaamd in het kraken van noten en zaden (afb. 1.1). Ook waren er spechtachtige vinken die hun sterke snavel als een kloppoor gebruikten, en een andere vinkensoort peuterde met behulp van een cactusstekel larven uit vermolmd hout. Latere onderzoekers ontdekten zelfs een 'vampiervink' die met zijn spitse snavel de huid van andere dieren openpikt om vervolgens hun bloed te drinken.

Tegenwoordig onderscheidt men in totaal dertien verschillende soorten die men ook wel met de naam 'darwinvinken' aanduidt. De variatie in darwinvinken toont aan dat nieuwe soorten betrekkelijk snel kunnen ontstaan. Uit genetisch onderzoek blijkt dat de soorten



Afbeelding 1.1: Enkele Darwinvinken getekend door John Gould. Elke soort heeft een gespecialiseerde snavel, toegerust voor bepaald voedsel, zoals zaden of insecten.

nauw verwant zijn en dus op de archipel zijn geëvolueerd, mogelijk binnen het tijdsbestek van enkele tienduizenden jaren. Ooit moeten er bij toeval enkele vinken van het continent op de archipel zijn beland, wellicht geholpen door een storm of een fikse zeebries. Vervolgens hebben de vogels zich op de afzonderlijke eilanden tot verschillende soorten ontwikkeld, elk met een eigen voedselpreferentie en een speciaal daarvoor toegeruste snavel. Uit een paar kolonisten is zo een waaier van soorten ontstaan. Hedendaagse evolutiebiologen noemen zo'n fenomeen 'adaptieve radiatie', het uitzwermen van soorten in verschillende ecologische niches. Tijdens de reis met de *Beagle* kon Darwin de implicaties van zijn verkenningen nog niet overzien, maar de vinken zouden later een belangrijke troef worden bij de verdediging van zijn evolutietheorie.

DE PUZZEL KRIJGT GESTALTE

Op 2 oktober 1836 keerde de *Beagle* terug in Engeland. Een jaar later begon Darwin in Londen aan het geheime project om zijn vermoedens omtrent evolutie, of 'transmutatie' zoals hij het zelf noemde, te onderbouwen. Darwin was zich er terdege van bewust dat hij met zeer overtuigend bewijsmateriaal voor de dag moest komen alvorens het conservatieve en godvrezende victoriaanse publiek overstag zou gaan. Naast zijn gegevens van de reis met de *Beagle*, verzamelde Darwin daarom bewijsmateriaal uit de meest uiteenlopende hoeken.

Het eerste puzzelstuk vond Darwin in de geologie, de studie naar de ouderdom en ontstaansgeschiedenis van de aarde. Het is belangrijk hier even bij stil te staan. Tot in de eerste helft van de negentiende eeuw werd de geologie gedomineerd door bijbelse opvattingen over de geschiedenis van de aarde. Veel wetenschappers meenden dat de aarde niet meer dan enkele duizenden jaren oud kon zijn, een opvatting die strookte met het Oude Testament. De populairste theorie in de geologie was de leer van het catastrofisme, de gedachte dat de verschijnselen van het huidige aardoppervlak, zoals bergen, dalen en oceanen door vroegere catastrofes waren veroorzaakt. Deze rampen, waarvan de zondvloed de meest bekende was, vormden een bewijs voor goddelijke interventies. Het aardoppervlak was in het verleden enkele malen opgeschud door God en het resultaat daarvan zien we vandaag de dag om ons heen. De Franse zoöloog George Cuvier was een bekende vertegenwoordiger van deze visie. Ook de jonge Darwin werd gecharmeerd door de theorie. Tijdens zijn studie in Cambridge was hij bevriend geraakt met de geoloog Adam Sedgwick, een aanhanger van het catastrofisme. Darwin raakte sterk door hem beïnvloed.

Toch was er in de achttiende eeuw al een alternatieve theorie naar voren gebracht door de Schotse geoloog James Hutton, te weten het uniformitarisme. Huttons uniformitarisme stelt dat de aarde veel ouder is dan enkele duizenden jaren en dat de verschijnselen aan het aardoppervlak zijn veroorzaakt door geleidelijke, natuurlijke processen zoals erosie, sedimentatie en vulkanisme die ook vandaag de dag nog werkzaam zijn. Huttons ideeën werden pas in de negentiende eeuw algemeen bekend door toedoen van de Engelse geoloog Charles Lyell. Darwin zou later bevriend met hem raken.

Toen Darwin in 1831 met de *Beagle* vertrok, kende hij Lyell nog niet persoonlijk, maar Henslow had hem aangeraden om Lyells *Principles of geology* mee te nemen. Het eerste deel van dit werk was net een jaar eerder verschenen. Tijdens de lange tochten over de oceanen was Lyells boek, samen met John Miltons *Paradise lost*, een van Darwins beste metgezellen. Van Lyell leerde Darwin dat er geen goddelijke interventies nodig zijn om de eigenschappen van het aardoppervlak te verklaren. De aarde was niet enkele duizenden jaren oud, zoals de Bijbel verkondigde, maar vele tientallen miljoenen jaren. Volgens Darwin ruim voldoende om een proces van evolutie mogelijk te maken. Omdat het aardoppervlak voortdurend door natuurlijke oorzaken verandert, worden organismen gedwongen zich aan deze veranderingen aan te passen.

Aan het eind van de negentiende eeuw dreigde Lord Kelvin nog roet in het eten te strooien met zijn stelling dat de aarde nooit zo oud kon zijn als Lyell beweerde. Als de aarde inderdaad miljoenen jaren oud was, zo berekende Kelvin, dan moest ze intussen tot een koude steenklomp zijn afgekoeld. Vulkanisme bewees echter het tegendeel. Wat Kelvin niet kon weten was dat de natuurlijke radioactiviteit in het binnenste van de aarde het proces van afkoeling flink vertraagt. Dit inzicht zou pas in de twintigste eeuw gemeengoed worden. Hoewel Lyell de veranderlijkheid van soorten nooit heeft willen accepteren, effende zijn uniformitarisme het pad voor de evolutietheorie. Net als eerder in de astronomie en de fysica liepen de ontwikkelingen in de geologie vooruit op die in de biologie.

Het tweede puzzelstukje ter ondersteuning van zijn geheime project ontleende Darwin aan de embryologie, de wetenschap van de ontwikkeling van organismen vanaf de bevruchting tot de geboorte. Bevindingen in de embryologie wezen volgens Darwin op het feit dat verschillende diersoorten van een gezamenlijke voorouder afstammen. Embryo's ontwikkelen zich vaak volgens eenzelfde blauwdruk, hetgeen duidt op een gemeenschappelijke oorsprong. Vanuit deze oorsprong is de evolutie vervolgens verschillende kanten opgegaan, steeds voortbordurend op hetzelfde thema. Embryo's van verschillende diersoorten vertonen in een vroeg stadium van ontwikkeling namelijk opmerkelijke gelijkenissen. Gewervelde dieren zoals reptielen, vogels en zoogdieren zijn dan zelfs nauwelijks van elkaar te onderscheiden.

Sommige latere negentiende-eeuwse biologen beschouwden de embryonale fase daarom als een soort versnelde herhaling van de evolutie als geheel. De bioloog Ernst Haeckel, de pleitbezorger van het darwinisme in Duitsland, vatte het idee samen met de formule: de ontogenie recapituleert de fylogenie. (Ontogenie is de ontwikkeling van het individuele organisme vanaf conceptie, fylogenie is de ontwikkeling van een soort, of van een familie van soorten zoals gewervelden, geleedpotigen, en dergelijke.) In de ontwikkeling van het menselijk embryo worden de verschillende stadia van de evolutie nog eens dunnetjes overgedaan, aldus Haeckel. In een vroege fase bezit het menselijke embryo, net als de embryo's van andere gewervelde dieren, bijvoorbeeld kieuwspelen zoals vissen en een staart zoals veel apen. Om zich tot mens te ontwikkelen moet het embryo dus eerst een vis worden, vervolgens een amfibie en reptiel, en daarna een aap. Haeckel sprak in dit verband ook wel over zijn 'biogenetische wet'. Tegenwoordig wordt de recapitulatietheorie echter te simplistisch bevonden. De embryonale fase vormt geen exacte herhaling van eerdere stadia van het leven. Niettemin waren de ontwikkelingen in de embryologie belangrijk omdat ze onmiskenbaar op de gemeenschappelijke oorsprong van het leven wezen.

Darwins derde bewijsstuk voor de evolutie kwam uit de vergelijkende anatomie, het onderzoek naar de verschillen en overeenkomsten in de bouw van organismen. Volgens Darwin wezen de bevindingen van deze wetenschap in dezelfde richting als die in de embryologie, namelijk op het feit dat veel dieren een gemeenschappelijk grondplan vertonen dat een gedeelde afkomst verraadde. De structuur van bepaalde organen en ledematen in verschillende soorten organismen is, ondanks de oppervlakkige verschillen, vaak hetzelfde. Neem bijvoorbeeld de vleugel van een vleermuis, de poot van een mol, de borstvin van een walvis en de mensenhand. Deze ledematen vertonen een opmerkelijke basisgelijkenis, ondanks de verschillende functies en afmetingen die ze hebben gekregen. Ze zijn allemaal gebaseerd op hetzelfde pentadactiele (vijfvingerige) schema. Volgens Darwin vormde deze basale anatomische overeenkomst opnieuw een bewijs voor de gezamenlijke evolutionaire oorsprong van soorten. Gedurende de evolutie hadden de ledematen verschillende functies gekregen, afgestemd op de specifieke omgeving waarin de dieren leefden.

Hedendaagse evolutiebiologen noemen de voorledematen van de vleermuis, de mol, de walvis en de mens 'homoloog', dat wil zeggen: de ledematen hebben verschillende functies, maar ze zijn opgebouwd volgens hetzelfde schema en voortgekomen uit een gemeenschappelijke voorouder. Omgekeerd zijn eigenschappen 'analoog' wanneer ze dezelfde functie hebben, maar geheel onafhankelijk van elkaar zijn geëvolueerd. De vinnen en zwempoten van zeezoogdieren lijken bijvoorbeeld op de vinnen van vissen, maar ze zijn niet het resultaat van een gemeenschappelijke oorsprong en dus niet homoloog: het zijn analoge adaptaties aan dezelfde aquatische omgeving. De vleugels van vogels en insecten zijn een ander voorbeeld van analoge structuren. Analoge structuren zijn het resultaat van convergente evolutie, het gegeven dat de evolutie soms via verschillende wegen tot dezelfde oplossing komt.

Aan de anatomie ontleende Darwin bovendien een vierde bewijsstuk voor de evolutie: rudimentaire organen. Dit zijn organen of ledematen die hun functie gaandeweg hebben verloren. Denk bijvoorbeeld aan het stuitje of de blindedarm. Andere voorbeelden zijn de rudimentaire overblijfselen van achterste ledematen bij walvissen en slangen, of rudimentaire ogen van dieren die in grotten leven, enzovoort. Dergelijke rudimentaire lichaamsdelen wijzen niet in de richting van een schepper, want waarom zou het Opperwezen zijn schepsels van allerlei nutteloze en overbodige onderdelen voorzien? Vergelijk het met een hedendaagse elektronicafabrikant die allerlei nutteloze schakelaars en kapotte lampjes in zijn apparaten inbouwt. Een dergelijke ondernemer kan zijn toko snel sluiten. Darwin had echter een simpele verklaring voor de aanwezigheid van rudimentaire organen en ledematen: afstamming met modificatie. Gedurende de evolutie hebben sommige dieren en planten zich aan een andere omgeving aangepast en dit leidde tot de geleidelijke reductie van bepaalde organen en ledematen. Rudimentaire structuren zijn simpelweg overblijfselen die de evolutie nog niet helemaal heeft weggepoetst.

Het vijfde bewijsstuk, de paleontologie bood Darwin wellicht de meest directe en tastbare aanwijzing voor de evolutie. Tijdens de reis met de *Beagle* had Darwin behalve planten, dieren en mineralen ook verscheidene fossielen verzameld. In Argentinië stuitte hij bijvoorbeeld op de beenderen en schedel van de uitgestorven reuzenluiaard

(*Megatherium*), een zoogdier met de afmetingen van een Indische olifant. Andere fossielen kon Darwin niet direct thuisbrengen. Pas bij terugkomst in Londen werden de specimen gedetermineerd en geclassificeerd door de briljante anatoom Richard Owen die later uit afgunst een fervent tegenstander van Darwin zou worden. Owen toonde aan dat het fossiele resten van gigantische knaagdieren en miereneters waren, beesten die net als de reuzenluiaard al lang zijn uitgestorven.

Fossielen zijn lange tijd een groot raadsel voor de wetenschap geweest. Waar kwamen deze veelal bizarre wezens vandaan en waarom waren ze weer verdwenen? Tot in de negentiende eeuw vermoedde menigeen dat deze prehistorische dieren het onderspit hadden gedolven tijdens de zondvloed. Deze verklaring moest echter worden herzien toen uit onderzoek bleek dat de fossielen niet een paar duizend, maar vele miljoenen jaren oud waren. Darwin stelde dat deze wezens de voorlopers van huidige dieren moesten zijn geweest. In de aardlagen zouden dan ook tussenvormen en ontbrekende schakels (*missing links*) aanwezig moeten zijn die de evolutie van de ene naar de andere soort zouden aantonen. Een van de beroemdste tussenvormen, de *Archaeopteryx*, werd in 1861 in Beieren ontdekt. De *Archaeopteryx*, die honderdvijftig miljoen jaar geleden leefde en ongeveer zo groot was als een ekster, was de perfecte *missing link*: het dier vertoonde namelijk zowel kenmerken van een reptiel (tanden en een staart bestaand uit eenentwintig wervels) als van een vogel (karakteristiek vorkbeen, veren en vleugels). De *Archaeopteryx* was volgens Darwin de ontbrekende schakel tussen dinosauriërs en vogels. Overigens hebben we de namen 'archaeopteryx' (oude vleugel) en 'dinosaurus' (verschrikkelijke hagedis) beide aan Owen te danken.

Het zesde en laatste bewijsstuk dat Darwin ter ondersteuning van zijn geheime project gebruikte, kwam uit de biogeografie, de studie naar de verspreiding van planten- en diersoorten op aarde. Wanneer men de distributie van het leven op aarde bestudeert, valt onmiddellijk op dat deze verspreiding niet homogeen is. Menige soort blijkt aan een bepaalde streek of aan een bepaald continent gebonden. Denk bijvoorbeeld aan sommige buideldieren die alleen in Australië en Nieuw-Zeeland zijn te vinden, of aan de vreemde dieren die Darwin op de Galápagos-eilanden aantrof. Indien God de planten en dieren op aarde had geschapen, zou men verwachten

dat organismen in dezelfde natuurlijke omstandigheden sterk op elkaar zouden lijken. Dit blijkt echter vaak niet het geval. Tijdens de reis met de *Beagle* had Darwin in de winter van 1832 de Kaapverdische Eilanden voor de westkust van Afrika verkend. De vulkanische archipel was in geologisch en geografisch opzicht welhaast identiek aan de Galápagos Eilanden. Maar dit gold niet voor de flora en fauna van de twee eilandengroepen. De planten en dieren die Darwin op de Kaapverdische eilanden aantrof, leken sterk op hun verwanten in Afrika, terwijl die op de Galápagos-eilanden overeenkomsten vertoonden met hun soortgenoten in Zuid-Amerika. Alles wees erop dat de eilandbewoners en hun soortgenoten op het continent een betrekkelijk recente gemeenschappelijke voorouder moeten hebben gehad. De ongelijke distributie van dieren en planten op aarde was volgens Darwin alleen begrijpelijk in het licht van de evolutie. De ongelijke verspreiding was het resultaat van relatieve isolatie en een gescheiden evolutionaire ontwikkeling.

DE STRIJD OM HET BESTAAN

Het *feit* van de evolutie was inmiddels aangetoond, maar wat was de drijvende kracht achter het evolutieproces? Darwin tastte hierover in het duister. Hij deelde een tijd de opvatting van Lamarck dat soorten evolueren door een soort innerlijk streven, maar hij bleef daarnaast naar een andere verklaring zoeken. Uit zijn notitieboeken van 1837 blijkt dat Darwin geïnteresseerd raakte in de variatie onder gedomesticeerde dieren en gecultiveerde planten. Dierenfokkers bleken in staat om door middel van teeltkeuze en veredeling een ongehoorde variatie in honden- en duivenrassen te bewerkstelligen. En hetzelfde gold voor agrarische gewassen zoals de verschillende rassen van de graan- en koolfamilie bewezen. De verschillende rassen moesten uit een bepaald 'oertype' zijn voortgekomen. Darwin begreep dat de sleutel tot deze variatie in de kunstmatige selectie was gelegen. Gedurende honderden of duizenden jaren hadden fokkers en kwekers steeds de meest gewilde eigenschappen van bepaalde dieren en planten uitgeselecteerd. Het resultaat was een verbluffende rijkdom aan planten- en dierenrassen. Darwin bleef echter puzzelen over de vraag hoe dit selectieprincipe kon worden toegepast op organismen die in een natuurlijke toestand leefden. Wie of wat be-

werksteltigt de selectie in populaties die *niet* door mensen worden gecontroleerd? En bovenal: hoe konden nieuwe soorten ontstaan?

De oplossing voor dit raadsel kwam min of meer als een donderslag bij heldere hemel. In september 1838, een jaar nadat hij met zijn geheime onderzoek was begonnen, las Darwin ter ontspanning het boek *Essay on the principle of population* van de Engelse econoom Thomas Malthus. In dit werk uit 1798 stelt Malthus dat de bevolkingsgroei nooit gelijke tred houdt met de aanwezige levensruimte en het beschikbare voedselaanbod. Populaties hebben de neiging veel sneller te groeien dan ze kunnen worden gevoed. Het resultaat is volgens Malthus een grimmige maar onvermijdelijke strijd om het bestaan, oftewel een *struggle for existence*, waarbij oorlogen, epidemieën en hongersnoden hun nuttige werk doen door de populatie weer tot een levensvatbare omvang terug te brengen. De puzzelstukjes vielen nu op hun plaats. Darwin realiseerde zich dat deze voortdurende strijd om het bestaan de voordelige variaties in een populatie bewaart en de onvoordelige vernietigt. Het gevolg daarvan zou, op de lange duur, de vorming van nieuwe soorten kunnen zijn. *Natuurlijke* selectie was het mechanisme achter het evolutieproces. Tijdens zijn verkenningen had Darwin gezien dat organismen binnen een populatie doorgaans kleine verschillen vertonen, bijvoorbeeld in kleur, grootte, vruchtbaarheid, bestendigheid tegen ziektes, enzovoort. Volgens Darwin was deze variatie de bron van evolutie. Een gunstige variatie wordt door natuurlijke selectie beloond in de zin dat de bezitter ervan betere kansen heeft op overleving en reproductie. Een voordelige eigenschap maakt zo een goede kans om in een volgende generatie terecht te komen. Ongunstige variaties worden door natuurlijke selectie afgestraft aangezien de bezitters ervan eerder doodgaan of gemiddeld minder nageslacht produceren. Dit betekent dat een populatie geleidelijk in opmaak kan veranderen. Omdat bezitters van voordelige eigenschappen gemiddeld meer nakomelingen produceren, zullen deze variaties zich gaandeweg in de populatie verspreiden. Erfelijke variatie en natuurlijke selectie maken populaties zo tot flexibele entiteiten die zich aan veranderende omgevingsfactoren kunnen aanpassen.

Het verdient nog eens te worden aangehaald dat Darwin op deze wijze radicaal brak met het essentialisme, de gedachte dat de natuur uit bepaalde onveranderlijke essenties of platonische vormen be-

staat. Van de klassieke oudheid tot in de negentiende eeuw was deze visie gemeengoed onder natuuronderzoekers. Darwin ondermijnde deze traditie voorgoed. Niet gelijkvormigheid is regel, maar variatie: individuen behorende tot dezelfde soort zijn nooit hetzelfde. En belangrijker nog, soorten zijn niet statisch maar veranderlijk.

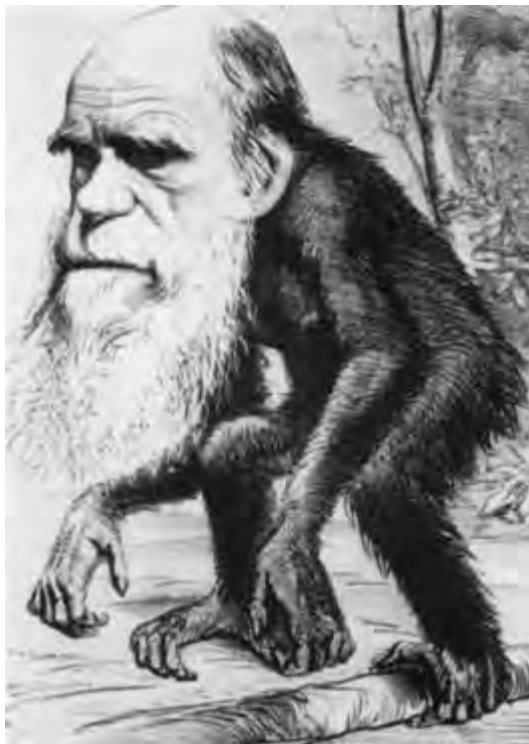
Men zou verwachten dat Darwin nu zeker van zijn zaak was. Met zoveel bewijsmateriaal uit zoveel verschillende hoeken, en met een mechanisme dat de werking van de evolutie verklaart, zou hij iedereen moeten kunnen overtuigen. Darwin zelf dacht er anders over. Hij bleef voortdurend aarzelen en daarbij kwam dat hij steeds vaker rust moest houden in verband met zijn verslechterende gezondheidstoestand. Darwin stond niet sterk genoeg in zijn schoenen om zijn controversiële ideeën openbaar te maken. Publicatie werd voorlopig uitgesteld. Op 29 januari 1839 trouwde Darwin met zijn nicht Emma Wedgwood. In datzelfde jaar werd hij lid van de Royal Society, de Britse Academie van Wetenschappen, en publiceerde hij zijn eerste boek, het *Journal of researches* waarin hij zijn reis met de *Beagle* beschrijft. In 1842 verruult het gezin het drukke Londen voor een rustiek landhuis in Down even buiten Sevenoaks in Kent. Er waren inmiddels twee kinderen geboren. In Down zouden er nog acht bijkomen, waarvan er een bij de geboorte overleed. Gedurende de rest van zijn leven zou de ziekelijke Darwin zijn huis nauwelijks meer verlaten. Maar hoewel hij het leven van een halve invalide leidde, werkte Darwin ijverig door aan zijn geheime project.

De jaren verstreken en ondertussen bleef Darwins manuscript gestaag uitdijen. Het werk, dat de titel *Natural selection* zou moeten krijgen, telde inmiddels meerdere handgeschreven delen. Darwin bleef zijn argumenten bijvijlen en aanscherpen, bewijsmateriaal werd aangevuld met nieuwe details, beschouwingen en overwegingen, enzovoort. Het werk in Down House werd echter onderbroken door een tragische gebeurtenis. Op 23 april 1851 overleed Darwins lievelingsdochter Anne Elizabeth (Annie) op tienjarige leeftijd aan een infectieziekte. Darwin zou de klap nooit geheel te boven komen en het beroofde hem van zijn laatste restje geloof. Het waren tumultueuze tijden want in hetzelfde jaar waarin Annie overleed, leerde Darwin de arts en filosoof Thomas Henry Huxley kennen. Huxley zou een van Darwins beste vrienden worden. Darwins gezondheid bleef intussen achteruitgaan. Hij had onder meer last van eczeem,

darmkrampen, paniekaanvallen, hoofdpijn, hartkloppingen en mis-selijkheid. Net als de kwakkelende Charles Dickens en Alfred Ten-nyson, zocht Darwin verlichting bij de destijds zeer populaire hydro-pathie, een kuur die voornamelijk uit koudwaterbaden bestond. Het mocht niet veel baten. Er is in de loop der jaren veel gespeculeerd over Darwins enigszins mysterieuze ziektebeeld. Volgens sommi-gen had Darwin een slepende infectie opgelopen toen hij tijdens de reis met de *Beagle* in Zuid-Amerika verbleef. Door een insectenbeet op de Argentijnse pampa's zou hij met een ziektekiem besmet zijn geraakt. Anderen stellen hier tegenover dat hij de symptomen ook al vlak *voor* het vertrek van de *Beagle* vertoonde. De klachten zouden daarom eerder van psychosomatische aard zijn geweest. Mogelijk heeft de druk om zijn controversiële theorie te publiceren Darwin parten gespeeld. Hoe dit ook zij, feit is dat hij ernstig gebukt ging onder zijn vele kwalen.

PUBLICATIE VAN HET ONTSTAAN VAN SOORTEN

In april 1856 bracht de geoloog Lyell een bezoek aan Down House, waar Darwin hem het manuscript van zijn geheime onderzoek liet zien. Lyell was zeer onder de indruk en hij trachtte Darwin ervan te overtuigen dat hij zijn ideeën moest publiceren. De inspanning was vooralsnog vergeefs. Pas in juni 1858, ruim twintig jaar nadat Darwin met zijn geheime project was begonnen, zou de impasse plotseling worden doorbroken. Darwin werd tot publicatie gedwon-gen door een brief van de Engelse natuuronderzoeker Alfred Russel Wallace, die op dat moment op de Molukken verbleef. In zijn brief schreef Wallace dat hij gedurende een koortsaanval de oplossing had gevonden voor het probleem hoe soorten kunnen veranderen. Tot Darwins verbijstering was Wallace tot precies dezelfde conclusie ge-komen als hijzelf: natuurlijke selectie was het mechanisme achter de evolutie. Darwin kon er niet meer onderuit. Teneinde de primeur niet mis te lopen, moest hij zijn ideeën nu wel openbaar te maken. Na bemiddeling door Lyell, met wie Darwin inmiddels bevriend was geraakt, en de botanicus Joseph Hooker, werd besloten dat Darwin en Wallace eerst samen een korte verhandeling zouden publiceren. Dit artikel verscheen in 1858 in het tijdschrift van de *Linnean Society* onder de titel 'On the tendency of species to form varieties; and on



Afbeelding 1.2: Darwin als aap.

the perpetuation of varieties and species by natural selection'. De publicatie veroorzaakte weinig ophef. Om de verschijning van zijn eigen werk te versnellen, besloot Darwin zijn inmiddels kolossale manuscript danig in te korten. De beknopte 'samenvatting' van zijn jarenlange onderzoek werd in november 1859 gepubliceerd onder de titel *Over het ontstaan van soorten door middel van natuurlijke selectie, of het behoud van de bevooroordeelde rassen in de strijd om het leven*. De eerste kleine oplage van 1250 exemplaren was binnen één dag uitverkocht en de volgende edities zouden elkaar in rap tempo opvolgen.

Darwins vrees voor tumult bleek grotendeels ongegrond want de wetenschappelijke wereld ging vrijwel unaniem overstag. Er was natuurlijk ook protest, voornamelijk van kerkelijke instanties, maar dat kon de verspreiding van Darwins ideeën niet tegenhouden. Deze

triomf was overigens voor een groot deel aan Huxley te danken, die de taak op zich nam om het darwinisme in openbare lezingen en debatten te verdedigen. De onverschrokken Huxley verwierf hierdoor al snel de bijnaam ‘Darwins bulldog’. De bekendste confrontatie vond in de zomer van 1860 plaats toen Huxley in het openbaar de degens kruiste met de bisschop van Oxford, Samuel Wilberforce, die bekend stond als een gladde populist en een gewiekst debater. Het verhaal gaat – er bestaan meerdere overgeleverde versies van het voorval – dat de bisschop het toegestroomde publiek al snel wist in te palmen. Nadat hij Darwins ideeën uitvoerig had gehegeld, stelde Wilberforce ten slotte de volgende sarcastische vraag aan Huxley: was het van zijn grootvaders of zijn grootmoeders kant dat hij afstamde van een aap? Er ontstond rumoer in de zaal. Wilberforce had de lachers op zijn hand en het leek erop dat hij een klinkende overwinning zou gaan halen. De stoutmoedige Huxley liet zich echter niet uit het veld slaan. Zijn beroemde antwoord luidde dat hij zich in het geheel niet zou schamen voor een aap als voorouder, maar wel voor een mens die zijn retorische gaven misbruikt om de waarheid te verdoezelen. De opschudding was nu compleet en volgens goed victoriaans gebruik vielen enkele dames flauw. Dankzij Huxley verwierf het darwinisme al gauw de status van een gevestigde wetenschappelijke theorie. Geen enkele serieuze natuuronderzoeker kon de evolutietheorie nog links laten liggen.

WEISMANN EN MENDEL

In de laatste decennia van de negentiende eeuw groeide het inzicht dat Darwin een wetenschappelijke doorbraak van formaat had bewerkstelligd. Het *Ontstaan van soorten* werd in vele talen vertaald, waardoor Darwins faam zich snel verspreidde. Al in 1860 verscheen de eerste Nederlandse vertaling van de hand van T.C. Winkler, conservator van het Teylers Museum in Haarlem. Darwin werd een beroemdheid, ook al kwam hij zijn huis niet meer uit. Ondanks zijn vele kwalen had hij zich echter intensief beziggehouden met de verdere verspreiding van zijn ideeën. In 1871 publiceerde Darwin zijn boek *De afstamming van de mens* (*The descent of man*) waarin hij duidelijk maakt dat ook de mens een evolutionaire ontwikkeling heeft doorgemaakt. Volgens Darwin stammen de mens en de aap af van

een gemeenschappelijke voorouder en dit betekent dat *Homo sapiens* niet langer de bijzondere status bezit die de creationisten hem toedichten. Het victoriaanse publiek bleek niet gecharmeerd van het idee, want in spotprenten werd veelvuldig de draak met Darwin gestoken (afb. 1.2).

Toch was er nog een in het oog springend hiaat in de evolutietheorie. Darwin en de zijnen braken zich namelijk het hoofd hoe eigenschappen van generatie tot generatie worden doorgegeven. Het was duidelijk dat variatie de bron van de evolutie was. Maar welke variaties kwamen in een volgende generatie terecht en welke niet? En zou een voordelige eigenschap niet gaandeweg door vermenging worden afgezwakt? Men wist dat een nieuw organisme voortkwam uit de samensmelting van een zaadcel en een eicel. Maar niemand kon uitleggen welke informatie er bij zo'n bevruchting werd overgedragen. Wat Darwin kortom ontbeerde was een plausibele erfelijkheidstheorie.

Gedurende de laatste tien jaar van zijn leven greep Darwin terug op de veronderstelling van Lamarck dat verworven eigenschappen overerfbaar zijn. Hij ontwikkelde hiervoor zijn theorie van pangenese, het idee dat de geslachtscellen voortdurend informatie ontvangen over wat er met het lichaam gebeurt. Via de bloedbaan zouden uit alle lichaamsdelen kleine deeltjes (gemmulen) naar de zaad- of eicellen worden verstuurd waardoor de erfelijke informatie steeds up-to-date blijft. Deze hypothese verklaarde tevens het lamarckiaanse principe van gebruik en onbruik (zie p. 17). Ledematen en organen die intensief worden gebruikt, produceren grote hoeveelheden informatiedragende deeltjes die vervolgens naar de geslachtscellen worden getransporteerd, terwijl deze productie bij lichaamsdelen die degenereren gaandeweg stopt. Nakomelingen zouden zo de tijdens het leven verworven – of verloren – eigenschappen van hun ouders overerven. Onder meer door toedoen van Darwin kwam het Lamarckisme in de laatste decennia van de negentiende eeuw opnieuw tot bloei.

Aan deze ervaring kwam echter een abrupt einde toen de Duitse bioloog August Weismann aantoonde dat Lamarcks erfelijkheidstheorie en Darwins theorie van pangenese onjuist waren. In een ietwat wreed doch nuttig experiment hakte hij de staarten van enkele tientallen generaties muizen af om te toetsen of de gemiddelde

staartlengte van nieuwgeboren muizen inderdaad zou afnemen. Dit bleek echter niet het geval, want elke volgende generatie muizen bezat weer precies dezelfde lange staart als voorgaande generaties. Dit bewees dat tijdens het leven verworven eigenschappen, in dit geval een verminking, niet overerfbaar zijn. (Overigens had Weismann ook gewoon naar joodse of islamitische jongetjes kunnen kijken: die worden al eeuwenlang besneden maar komen nog altijd met een intacte voorhuid ter wereld.) Weismann ontwikkelde daarom zijn zogeheten kiemplasmatheorie, de gedachte dat we een strikt onderscheid moeten maken tussen de lichaamscellen (somatische cellen) en de geslachtscellen. Het erfelijke materiaal in de geslachtscellen, het kiemplasma, kan niet worden beïnvloed door veranderingen in de lichaamscellen. Het kiemplasma vormt van generatie op generatie een eigen, ononderbroken lijn, geheel onafhankelijk van wat er met het lichaam gebeurt. Er is zodoende sprake van eenrichtingsverkeer: er lopen causale pijlen van het erfelijk materiaal naar het lichaam, maar niet omgekeerd. In de twintigste eeuw zou Weismanns cruciale inzicht uitgroeien tot het zogenoemde ‘centrale dogma’ van de moleculaire biologie. Dit uitgangspunt stelt dat de informatie in somatische proteïnen niet vertaald kan worden naar de nucleïnezuuren van het DNA. Zover was men in Weismanns dagen echter nog niet. Het enige wat vooralsnog overtuigend was aangetoond, was dat Lamarcks erfelijkheidstheorie niet deugde. Men bleef daarom naar een nieuwe theorie zoeken.

Toen Darwin op 16 april 1882 overleed, tastte men nog in het duister over dit netelige vraagstuk. Het had anders kunnen lopen. Vrijwel niemand wist namelijk dat de gezochte erfelijkheidstheorie al vijftien jaar eerder was geformuleerd door de Tsjechische monnik en botanicus Gregor Mendel. In de jaren zestig van de negentiende eeuw had hij de grondslagen van erfelijkheid ontdekt en opgetekend in een artikel met de titel ‘Versuche über Pflanzen-Hybriden’. Helaas waren de baanbrekende bevindingen nauwelijks in de publiciteit gekomen. Door met erwtenplanten te experimenteren, had Mendel ontdekt dat de doorgave van eigenschappen aan bepaalde wetmatige regels is gebonden. Veredelings- en kruisingsproeven bewezen dat het erfelijk materiaal uit discrete, scheidbare deeltjes bestond die later genen werden genoemd. Genen blijken zich niet te vermengen, het is meer een kwestie van ‘aan-’ of ‘uitzetten’. Mendel liet zien dat

een bepaalde eigenschap, bijvoorbeeld de gele of de groene kleur van erwten, generaties lang verborgen kan blijven, om vervolgens weer op te duiken. De expressie van een gen kan worden uitgeschakeld, het gen zelf niet. De uiterlijke verschijning van een organisme (het fenotype) zegt dus lang niet alles over het onderliggende genetische bouwplan (het genotype). Door seksuele voortplanting wordt het erfelijk materiaal voortdurend door elkaar geschud, maar niet vermengd: het deeltjeskarakter van genen blijft intact. Genen die tot expressie komen (bijv. gele kleur) noemde Mendel 'dominant', hun alternatieven die werden weggedrukt (groene kleur) 'recessief'. De precieze verhouding waarin eigenschappen al dan niet naar voren traden, kon Mendel zeer nauwkeurig voorspellen. Daarnaast kwam hij op het spoor van de spontane veranderingen in het bouwplan van organismen, de zogeheten mutaties. Deze mutaties leverden soms geheel nieuwe fenotypische varianten op. Wanneer de mutatie optreedt in de geslachtscellen is ze erfelijk.

In 1900, achttien jaar na Darwins dood, werden de bevindingen van Mendel herontdekt en stelde men alles in het werk om Darwins theorie van natuurlijke selectie en Mendels erfelijkheidstheorie met elkaar te verenigen. Deze toenadering bleek bepaald geen sinecure. Er ontstonden namelijk al gauw twee rivaliserende kampen, de mendelianen en de darwinisten, die elkaar te vuur en te zwaard bestreden. De mendelianen meenden dat incidentele mutaties de motor van de evolutie waren. De evolutie verliep volgens hen schoksgewijs, met abrupte, grote sprongen. Door een zogeheten macromutatie (grote verandering) zou zelfs in één klap een nieuwe soort kunnen ontstaan (zie p. 79). Volgens de mendelianen was het principe van natuurlijke selectie eigenlijk overbodig. De darwinisten (soms ook aangeduid als de biometrici) meenden daarentegen dat continue variatie de bron van evolutie was. Darwin had immers geconstateerd dat organismen die tot dezelfde soort behoren altijd kleine verschillen vertonen. In de ogen van de darwinisten was natuurlijke selectie daarom de drijvende kracht van de evolutie. Selectie is nodig om de kleine, voordelige variaties eruit te zeven. De impasse tussen de mendelianen en de darwinisten duurde voort tot de jaren twintig van de vorige eeuw.

DE MODERNE SYNTHESE

In de jaren twintig en dertig diende zich een nieuwe generatie biologen aan om de toenadering serieus ter hand te nemen. Nieuw experimenteel en theoretisch onderzoek zou de eerdere animositeit naar de achtergrond dringen waardoor de rijen konden worden gesloten. De vereniging van Darwins theorie van natuurlijke selectie met Mendels erfelijkheidsleer was voor een groot deel te danken aan twee opeenvolgende driemansschappen. Hun inspanningen leidden uiteindelijk tot de totstandkoming van de moderne evolutiebiologie, ook wel het neo-darwinisme of de 'moderne synthese' genaamd. In de jaren twintig bestond het eerste driemanschap uit de Engelse wiskundige en bioloog Ronald A. Fisher, de Engelse geneticus John B. Haldane en de Amerikaanse bioloog Sewall Wright. De belangrijkste verdienste van dit drietal is dat zij de evolutiebiologie een wiskundige onderbouwing hebben gegeven. Er ontstond zo een nieuwe discipline binnen de biologie: de populatiegenetica. Mendel had hiertoe al de aanzet gegeven, maar hij miste de mathematische finesse om de consequenties van zijn vondsten te kunnen overzien. Met name Haldane en Fisher waren verantwoordelijk voor deze wiskundige wending in de evolutiebiologie. Fisher becijferde onder meer dat een gen dat een klein voordeel met zich meebrengt zich zeer snel, door natuurlijke selectie, in een populatie kan verspreiden. Ook berekende hij dat een speciale versie van natuurlijke selectie, te weten seksuele selectie, de evolutie regelrecht op hol kan doen slaan (zie p. 51). Volgens Fisher en Haldane was evolutie eigenlijk niets anders dan veranderingen in de genetische opmaak van een populatie. De bijdrage van Wright was onder meer dat hij het effect van evolutie in kleine populaties ontdekte. De genetische opmaak van een kleine populatie kan door toevalsschommelingen veel sneller veranderen dan die van een grote populatie. Wright noemde deze toevallige veranderingen 'genetische drift'. Genetische drift, soms ook het Wright-effect genaamd, speelt een belangrijke rol bij het ontstaan van nieuwe soorten (zie p. 71). Door toedoen van Haldane, Fisher en Wright was de evolutiebiologie niet langer een ondergeschoven kindje. Net als fysici en astronomen konden biologen voortaan de exacte taal van de wiskunde hanteren.

In de jaren dertig werd de vereniging van Darwins en Mendels

inzichten voltooid door een drietal dat bestond uit de Amerikaans-Russische geneticus Theodosius Dobzhansky, de Amerikaans-Duitse zoöloog Ernst Mayr en de Amerikaanse paleontoloog George G. Simpson. De in Kiev opgeleide Dobzhansky deed na zijn aankomst in Amerika baanbrekend genetisch onderzoek naar fruitvliegjes (*Drosophila*). Zijn *Genetics and the origin of species* uit 1937 is, wellicht meer dan welk ander werk, de belichaming van de fusie tussen Darwins en Mendels ideeën. Dobzhansky toonde onder meer aan dat elke populatie een immens reservoir aan variatie bezit en dat natuurlijke selectie daarom voortdurend werkzaam is. Variatie is regel en geen uitzondering, precies zoals Darwin had beweerd. Nieuwe biologische kenmerken ontstaan niet alleen door incidentele mutaties, maar vooral door de recombinatie (hergroepering) van genetische factoren als gevolg van seksuele voortplanting. Daarnaast was hij, samen met Mayr, de geestelijke vader van het biologische-soortenconcept (bsc), de gedachte dat soortvorming voornamelijk een kwestie is van genetische isolatie. Mayr beredeneerde dat een paar pioniers, zoals de Galápagosvinken, aan de wieg van een nieuwe soort kunnen staan. In hoofdstuk 3 zullen we hier dieper op ingaan. De paleontoloog Simpson, ten slotte, concentreerde zich op het langetermijneffect van de evolutie. Het fossielenbestand liet volgens hem geen abrupte overgang van de ene naar de andere soort zien. Het tempo kan soms fluctueren, maar over het algemeen verloopt de evolutie gradueel. Ofschoon deze visie door sommige collega's van Simpson werd betwist, was ze wel in overeenstemming met wat Darwin had beweerd. Ironisch genoeg stond de evolutiebiologie door alle inspanningen nu veel dichterbij Darwins oorspronkelijke ideeën dan in de voorafgaande periode.

Dankzij de twee driemanschappen en talloze andere ijverige wetenschappers werden de inzichten van Darwin en Mendel uiteindelijk ineengevlochten. Ter bekroning van dit feit publiceerde de Engelse bioloog Julian Huxley (de kleinzoon van Thomas en broer van schrijver Aldous Huxley) in 1942 zijn *Evolution, the modern synthesis*. Het boek is tegelijk de afsluiting van een bewogen periode en de aankondiging van een nieuw begin. De moderne synthese, het neodarwinisme, vormt in zekere zin de voltooiing van de wetenschappelijke revolutie die in de zestiende eeuw was begonnen. We hebben gezien dat deze revolutie werd gekenmerkt door het feit dat mys-

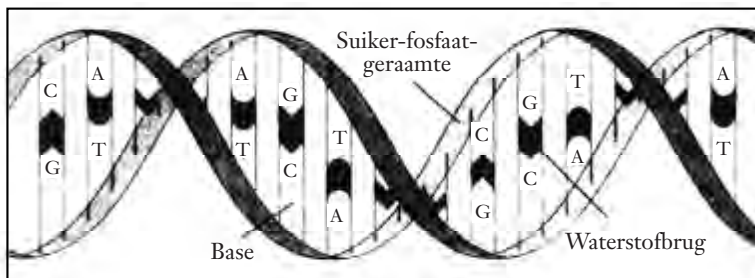
terieuze bovennatuurlijke oorzaken geleidelijk werden vervangen door natuurlijke oorzaken die door de wetenschap bestudeerd kunnen worden. Het wereldbeeld werd gemechaniseerd: er zijn in principe geen fenomenen die zich geheel en al aan een wetenschappelijke analyse onttrekken. Sinds Darwin weten we dat dit ook opgaat voor de levende natuur. Om de ontwikkeling van het leven op onze planeet te verklaren, hoeven we niet langer een beroep op een op-perwezen of op andere miraculeuze oorzaken te doen. Darwin heeft onze kijk op onszelf en onze plek in het universum hierdoor fundamenteel veranderd. Een kleine honderdvijftig jaar na de publicatie van het *Ontstaan van soorten* zijn de vele implicaties van het nieuwe wereldbeeld nog lang niet allemaal te overzien. Het lijkt echter geen twijfel dat de totstandkoming van het evolutionaire paradigma een onuitwisbare en onomkeerbare gebeurtenis in de geschiedenis van de wetenschap markeert.

Seksuele selectie

DE DUBBELE HELIX

Na de voltooiing van de moderne synthese aan het eind van de jaren dertig van de vorige eeuw was het allerm minst gedaan met de nieuwe ontwikkelingen. Integendeel zelfs, de evolutiebiologie zou in de tweede helft van de twintigste eeuw uitgroeien tot een van de belangrijkste pijlers van de hedendaagse natuurwetenschap. Darwin blijkt actueler dan ooit. De belangrijkste ontwikkeling was wel het ontstaan van de moleculaire biologie, het onderzoek naar de materiële basis van het leven. Deze ontwikkeling betekende opnieuw een belangrijke breuk met de voorafgaande periode. In de eerste helft van de twintigste eeuw was menig wetenschapper en filosoof nog aanhanger van het zogeheten vitalisme, de gedachte dat levende wezens essentieel verschillen van dode materie. Volgens vitalisten bezitten levende wezens, in tegenstelling tot niet-levende objecten, een immateriële levensvonk. Alles wat leeft wordt beziel d door een onstoffelijke levenskracht. De moleculaire biologie zou aantonen dat deze vitalistische veronderstelling overbodig is. Het leven heeft een materiële basis: er zijn geen mysterieuze, onstoffelijke substanties of processen nodig om het eigene van het leven te verklaren.

In 1953 ontdekten de Engelsman Francis Crick en de Amerikaan James Watson de moleculaire structuur van het DNA: de dubbele helix (afb. 2.1). Het zou hen in 1962 de Nobelprijs opleveren. Al het leven op aarde blijkt opgebouwd uit suiker-fosfaatstrengen die, gedraaid om hun gemeenschappelijke as, een dubbelspiraal vormen. Dit spiraalvormige geraamte is uit vier basen opgebouwd, te weten: adenine (A), cytosine (C), guanine (G) en thymine (T). De basen



Schematische voorstelling van de bouw van DNA.

A = adenine, T = thymine, C = cytosine, G = guanine

Afbeelding 2.1: De dubbele helix.

zijn complementair, adenine en thymine vormen een paar, evenals guanine en cytosine. De strengen worden door waterstofbruggen tussen de basenparen bijeen gehouden. De volgorde van de basen in de spiraal vormt de genetische code, de blauwdruk van organismen.

De ontdekking van de dubbele helix wees opnieuw op een gemeenschappelijke oorsprong van het leven op onze planeet. Alle organismen blijken samengesteld uit dezelfde elementaire bouwstenen. De moleculaire biologie maakt het bovendien mogelijk om vermoedens omtrent het traject van de evolutie te toetsen. We kunnen de evolutionaire geschiedenis reconstrueren met behulp van de zogenoemde 'moleculaire klok'. Uit onderzoek is gebleken dat de snelheid waarmee willekeurige mutaties optreden vaak zeer constant is. Met name de mutaties in het mitochondriaal-DNA blijken dermate regelmatig dat je het kunt vergelijken met een tikkende klok. (Mitochondriën verzorgen de energiehuishouding in de cel, deze organellen komen in alle plantaardige en dierlijke cellen voor. Mitochondriaal-DNA wordt uitsluitend overgeërfd via de moeder, in tegenstelling tot het DNA van de celkern dat van beide ouders afkomstig is.) De regelmaat waarmee mutaties in de celorganellen optreden, stelt biologen in staat om terug te tellen en het punt te bepalen waarop soorten uit elkaar zijn gegroeid. Als er veel verschillen tussen het organel-DNA van twee soorten bestaan, betekent dit dat hun afstammingslijnen al lang geleden uit elkaar zijn gegaan. Zijn de verschillen klein, dan heeft de splitsing betrekkelijk recent plaatsgevonden. Tussen mensen

en chimpansees is het genetische verschil bijvoorbeeld slechts enkele procenten, tussen mensen en fruitvliegjes is het verschil aanzienlijk groter. Indien de moleculaire klok ook in het verleden regelmatig heeft getikt, wat wel waarschijnlijk is, kan men berekenen dat de gemeenschappelijke voorouder van mens en chimpansee ongeveer zes miljoen jaar geleden moet hebben geleefd. De afstammingslijnen die tot de mens en het fruitvliegje zouden leiden, zijn daarentegen al ettelijke honderden miljoenen jaren geleden uit elkaar gegaan.

Voordat de moleculaire biologie en de moderne genetica hun intrede deden, waren evolutiebiologen bij het onderzoek naar verwantschap aangewezen op de morfologie, de studie naar de uiterlijke vorm en kenmerken van organismen. Uiterlijke kenmerken zeggen echter niet alles. De morfologische verschillen tussen een Deense dog en een teckel zijn bijvoorbeeld aanzienlijk, maar wanneer je hun DNA bekijkt, blijkt dat het genetische verschil zeer klein is en pas recentelijk door kunstmatige selectie is ontstaan. Ondanks de in het oog springende verschillen behoren de dog en de teckel tot dezelfde soort: *Canis familiaris*. De moleculaire biologie biedt zodoende een relatief betrouwbaar instrument om gissingen omtrent de verwantschap en de evolutionaire geschiedenis van soorten te toetsten.

Overigens toonde de moleculaire biologie tevens aan dat de genetica veel ingewikkelder is dan de eerste generatie neo-darwinisten vermoedde. Het is bijvoorbeeld niet zo dat de fenotypische eigenschappen van een organisme één voor één door individuele genen worden gecodeerd en dat natuurlijke selectie het bezit van deze individuele genen beloont of afstraft. De zaak is veel complexer. Een individueel gen blijkt zelden rechtstreeks met een bepaald lichamelijk kenmerk te correleren. Veeleer blijkt er sprake van een hiërarchie van genen en gencomplexen die elkaar in wisselwerking al dan niet aansturen. Ook kan één gen betrokken zijn bij de vorming van een aantal kenmerken, hetgeen wordt aangeduid met de term 'pleiotropie'. Het onderliggende genetische bouwplan is hierdoor niet doorslaggevend voor hoe een organisme eruit gaat zien. Omgevingsfactoren spelen zeker een even grote rol. Twee genetisch identieke organismen kunnen zich door omgevingsinvloeden heel verschillend ontwikkelen. De ontplooiing van een organisme kent zo enige speelruimte, een gegeven dat biologen aanduiden met de term 'fenotypische plasticiteit'.

HET EVOLUTIONAIRE ALGORITME

Al met al is de evolutiebiologie nu van verschillende kanten stevig onderbouwd. In het vorige hoofdstuk hebben we gezien dat biologische evolutie een proces is waarbij drie elementen zijn betrokken, te weten: variatie, selectie en reproductie. Willekeurige variatie is de bron en de brandstof van evolutie. De organismen binnen een populatie verschillen doorgaans van elkaar in tal van opzichten. Sommige eigenschappen bieden een voordeel met betrekking tot overleving en reproductie, ze verlenen de bezitter van deze eigenschap een grotere *fitness*: het vermogen om nakomelingen voort te brengen. Andere eigenschappen zijn nadelig in de zin dat ze de kans op overleving en reproductie verkleinen. De variatie in een populatie is het resultaat van mutaties en van genetische recombinatie, het door elkaar schudden van genen door seksuele voortplanting. Wanneer een bepaalde variatie erfelijk is, kan dat de opmaak van een populatie veranderen. De variatie die in een populatie optreedt, is altijd willekeurig, soms ook wel aangeduid met de Engelse term *random*. Dit wil zeggen dat de variatie niet anticipeert op een selectieve druk in de populatie. Een populatie die om een of andere reden niet langer aan zijn omgeving is aangepast, kan slechts 'afwachten' tot een toevallig gunstige variatie opduikt. Variatie is dus niet gericht, zoals Lamarck meende. De inspanningen die organismen plegen, hebben geen enkele invloed op de variatie die optreedt (zie p. 17).

Natuurlijke selectie is het tweede element van het evolutionaire mechanisme. We kunnen deze component met recht de motor van de evolutie noemen. Selectie betekent dat er een aanwijsbare oorzaak is waarom sommige individuen meer nageslacht produceren dan andere individuen. Natuurlijke selectie discrimineert de verschillen in fitness van organismen. Hierdoor is selectie per definitie *non-random*. De verschillen in reproductief succes zijn immers niet willekeurig. Gemiddeld genomen zullen individuen die het best aan hun omgeving zijn aangepast de meeste nakomelingen produceren. Natuurlijke selectie is een zeef die gunstige variaties vasthoudt en nadelige variaties verwerpt.

Reproductie, ten slotte, is het derde en laatste element van het evolutionaire mechanisme. Reproductie kan als de sleutel van de evolutie worden beschouwd omdat het in zekere zin de deur opent

naar onsterfelijkheid. Door zich voort te planten kunnen organismen hun genetische informatie steeds aan een volgende generatie doorgeven. Genen zijn hierdoor potentieel onsterfelijk. Het feit dat organismen zich kunnen reproduceren, betekent tevens dat het evolutionaire zeefproces een cumulatief karakter krijgt waardoor gunstige eigenschappen zich kunnen opstapelen. Genen die gunstige effecten sorteren, worden gemiddeld vaker gekopieerd dan genen die nadelige effecten met zich meebrengen. Eigenschappen die de fitness vergroten, verspreiden zich in de populatie en worden verder versterkt, eigenschappen die de fitness verkleinen, worden afgezwakt of geëlimineerd. De populatie als geheel wordt zo een flexibele entiteit die geleidelijk van samenstelling kan veranderen en zich aan veranderende omstandigheden kan aanpassen.

Bij elkaar vormen de drie elementen een evolutionair algoritme van variatie, selectie en reproductie, oftewel een vsr-algoritme. Een algoritme is een eenvoudige formule of procedure die, indien nagevolgd, een bepaalde uitkomst genereert. Het evolutionaire vsr-algoritme genereert biologische adaptaties, het leidt ertoe dat populaties zich aan een veranderende omgeving kunnen aanpassen. Evolutie is een cumulatief zeefmechanisme waarbij de uitkomst van elke selectieronde weer als invoer dient voor de volgende ronde. Als zo'n cumulatief zeefproces maar lang genoeg duurt, zal het de meest wonderlijke adaptaties kunnen voortbrengen. Neem bijvoorbeeld het oog, het geliefde voorbeeld van creationisten en andere tegenstanders van de evolutietheorie. Een complex zintuig als het oog zou nooit door toeval kunnen zijn ontstaan (zie p. 15). Wat de tegenstanders van de evolutietheorie over het hoofd zien is dat willekeurige variatie slechts één ingrediënt is van het evolutionaire recept. Evolutie heeft echter ook een niet-willekeurig element, te weten selectie. Als je er ten slotte ook nog het derde element – reproductie – aan toevoegt, ontstaat een volwaardig vsr-algoritme. Alleen de combinatie van variatie, selectie en reproductie resulteert in het mechanisme dat intelligent ontwerp kan simuleren. Ogen zijn verschillende malen onafhankelijk van elkaar geëvolueerd, onder andere bij gewervelde dieren, insecten en weekdieren. Hoogstwaarschijnlijk zijn al deze verschillende soorten ogen ooit begonnen als een eenvoudige lichtgevoelige cel of fotoreceptor. Gedurende tientallen miljoenen jaren werd elke verbetering in het ontwerp, hoe klein ook, vastgehouden

en doorgegeven, want elk procent beter zicht op een gevaarlijke wereld is mooi meegenomen. Uiteindelijk leidde dit tot de complexe facetogen van insecten en de ogen van het cameratype van gewervelde dieren. Kortom, de evolutie van complexe zintuigen en organen wordt pas begrijpelijk wanneer je alledrie de componenten van het algoritme in ogenschouw neemt. In hoofdstuk 1 werd het voorbeeld genoemd van de aap achter de tekstverwerker. De kans dat het dier met willekeurige aanslagen een toneelstuk van Shakespeare uittipt, is inderdaad oneindig klein. Maar wanneer je aan de tekstverwerker een cumulatief zeefmechanisme toevoegt dat met eindeloos geduld de juiste letters, spaties en leestekens van, zeg *Macbeth*, in de juiste volgorde verzamelt, dan zou de aap met willekeurige aanslagen een heel eind kunnen komen.

In vrijwel elk modern handboek over evolutiebiologie wordt het voorbeeld van de berkenspanner (*Biston betularia*) gegeven om de werking en de creativiteit van evolutie te illustreren. De berkenspanner is een kleine, onopvallende vlinder die in heel Europa voorkomt. In Engeland zijn de lotgevallen van deze vlindersoort goed gedocumenteerd. In de eerste helft van de negentiende eeuw waren de vlinders allemaal lichtgekleurd. Zo vielen ze niet op tegen een achtergrond bedekt met toen nog veel voorkomende korstmossen. De schutkleur was het resultaat van natuurlijke selectie. Lichtgekleurde individuen hadden een groot voordeel want ze werden niet opgemerkt door insectenetende vogels en andere predatoren. Maar toen gebeurde er iets ingrijpends. Door de industriële revolutie en de daarmee gepaard gaande luchtvervuiling verdween het korstmos dat zeer gevoelig is voor pollutie, en in plaats daarvan werd alles bedekt met een dun laagje roet. Het gevolg was dat de lichtgekleurde vlinders niet meer gecamoufleerd waren en voor de insectenetende vogels brak nu een periode van overvloed aan. Maar tot ieders verrassing doken er na enkele jaren plotseling donkere varianten van de berkenspanner op. De evolutie was op de oplossing gestuit door willekeurige variaties uit te proberen. De donkere variant werd beloond door natuurlijke selectie. Een donker individu was immers beter gecamoufleerd en dus moeilijker te zien voor insecteneters. De donkere varianten waren aanvankelijk nog schaars, maar na enkele tientallen jaren had de eigenschap zich in de hele populatie verspreid. Er waren nu vrijwel alleen nog maar zwarte varianten van de berken-

spanner te vinden, een fenomeen dat in de biologie bekend staat als 'industriële melanisme'. Tegenwoordig is veel van de zware industrie weer verdwenen en is de luchtvervuiling niet meer zo ernstig als in de negentiende eeuw. De korstmossen zijn weer teruggekeerd in Engeland en het roet is grotendeels verdwenen. Tegenwoordig zijn er zowel lichte als donkere varianten van de berkenspanner te vinden. Mogelijk dat de populatie weer langzaam terugkeert naar louter lichtgekleurde individuen.

HET REUZENHART EN DE PAUW

Men zou wellicht verwachten dat alle eigenschappen van organismen door evolutie zijn gemodelleerd en dus functioneel zijn. Dit is echter niet het geval. Organismen hebben vaak tal van kenmerken die helemaal geen functie hebben en dus 'neutraal' zijn. Het zijn vaak neven-effecten van de evolutie of bijproducten van andere eigenschappen die wel functioneel zijn. Denk bijvoorbeeld aan de blinde darm of het feit dat mannen tepels bezitten. Mannen hebben tepels omdat het zoogdierenembryo in een vroege fase de vrouwelijke grondvorm bezit. Pas in een later stadium vindt er differentiatie plaats en komen de geslachtskenmerken prominent naar voren. Vaak is het vrij snel duidelijk wat de functie van een bepaalde eigenschap is. Denk aan organen als het hart en de longen, zintuigen zoals het oog en de schutkleur van de berkenspanner. Het zijn allemaal adaptaties die door het evolutionaire algoritme bij elkaar zijn gesprokkeld. Het hart heeft de functie om het bloed rond te pompen, de longen om het bloed van zuurstof te voorzien. Het oog is een zintuig dat dieren in staat stelt om informatie uit de omgeving te vergaren en de schutkleur van de berkenspanner dient als camouflage.

Soms blijft het echter onduidelijk wat de functie van een bepaald kenmerk is. Zo wordt er bijvoorbeeld gespeculeerd over de vraag of de strepen van de zebra functioneel zijn of niet. De strepen lijken in hoog gras een voordeel omdat de zebra's er minder door zouden opvallen, net zoals een roofdier als de tijger. Het punt is echter dat zebra's zich vrijwel nooit in lang gras ophouden. Zij kiezen liever het korte gras van de open savanne. De gestreepte tekening is zo eerder een lokmiddel: kijk mij eens in mijn opvallende pyjama! Zebra's zouden mogelijk beter af zijn als ze een effen lichtbruine

kleur hadden. We weten dus niet altijd zeker welke eigenschappen door natuurlijke selectie zijn gevormd en welke niet. Het enige wat evolutiebiologen met zekerheid kunnen zeggen, is dat *als* een eigenschap een adaptatie is (en dus een functie heeft), deze eigenschap door natuurlijke selectie is vormgegeven. Maar het is niet zo dat alle eigenschappen adaptaties zijn.

Naast eigenschappen die (mogelijk) geen functie hebben, zijn er ook eigenschappen die regelrecht *in strijd* lijken met het principe van natuurlijke selectie. In handboeken worden vaak twee klassieke voorbeelden genoemd, namelijk het reuzenhert en de pauw. Het reuzenhert (*Megaloceros giganteus*) leefde gedurende de laatste ijstijd in geheel Europa en Noord-Azië. Zo'n tienduizend jaar geleden stierf het uit. Het reuzenhert was werkelijk kolossaal, met name het gewei van het mannelijke dier. De grootste geweien die zijn gevonden, meten vier meter in spanwijdte, met een totaalgewicht van zestig kilo! Tot vrij recent ging men ervan uit dat dit enorme gewei eerder een last dan een voordeel voor het dier moet zijn geweest. Het gewei zou het uitsterven van het reuzenhert dan ook hebben bespoedigd. Maar dit werpt de vraag op waarom zo'n gewei dan toch kon ontstaan. Lange tijd luidde de verklaring dat het gewei van het reuzenhert een voorbeeld was van orthogenese. Orthogenese is een evolutionaire trend die een voorbestemde kant uitgaat en wordt gestuurd door een onbekende kracht. Het is het idee dat de evolutie door zijn eigen vaart wordt gaande gehouden en op een eenmaal ingeslagen koers blijft voortdenderen. Orthogenese zou het gewei steeds groter hebben gemaakt, totdat het beest het gevaarte letterlijk niet meer kon dragen. Toen stierf het uit. Het verouderde concept van orthogenese wordt tegenwoordig echter door vrijwel niemand meer aangehangen. Het is een gedateerde visie op evolutie waarbij men uitging van voorbestemde paden en mysterieuze trends.

Hedendaagse onderzoekers hebben het gewei van het reuzenhert nog eens goed bestudeerd en vergeleken met de proporties van andere hertensoorten. Toen bleek dat de grootte van het gewei correleert met de afmetingen van de schedel en het lichaam. Het gewei van het reuzenhert was dus wel groot, maar dat kwam gewoon door de *totale* afmetingen van het dier. Het beest had bijvoorbeeld een schofthoogte van meer dan twee meter (afb. 2.2). Zou het gewei dan toch door natuurlijke selectie zijn gemodelleerd? Maar wat is dan



Afbeelding 2.2: Het reuzenhert (Megaloceros). Het dier had een schofthoogte van meer dan twee meter en een gewei van vier meter in spanwijdte.

de functie van zo'n groot gewei? Er lijken immers meer nadelen aan te kleven dan voordelen. Het dier is veel opvallender voor roofdieren en het kan zulke belagers veel moeilijker ontlopen. Bedenk ook dat het gewei elk jaar werd afgeworpen en er elke zomer weer een nieuwe hoofdtooi moest aangroeien, net als bij andere hertensoorten. Dit vergt een enorme investering in voedingsstoffen en energie. Het lijkt allemaal nergens voor nodig, want vrouwtjesherten hebben geen gewei en doen het desondanks uitstekend. Waarom dan zulk gedoe, wat is het nut ervan?

Deze vragen kunnen we ook stellen bij het tweede klassieke voorbeeld van een eigenschap die in strijd lijkt met natuurlijke selectie, namelijk het uiterlijk van de pauw (*Pavo cristatus*). De mannelijke pauw is een vreemde snoeshaan die er alles aan doet om op te val-

len. Het lichaam is bedekt met een prachtig azuurblauw verenkleed en op de kop troont een parmantig kroontje. Echt indrukwekkend wordt het wanneer de pauwhaan zijn staart ontvouwt en er een schitterende kleurenwaaier te voorschijn komt met tientallen iriserende oogvlekken. Net als bij het gewei van het reuzenhert kunnen we ons afvragen wat de functie is van zo'n merkwaardige eigenschap. Is het niet vooral nadelig om zo'n pronkstaart te hebben? Het dier trekt veel sneller de aandacht van roofdieren (pauwen komen oorspronkelijk uit de bossen van Zuid-Azië) en als het dier zijn belagers wil ontvluchten zit zo'n staart lelijk in de weg. De pauwhaan heeft namelijk veel moeite om in de lucht te komen en te blijven. Als natuurlijke selectie het voor het zeggen had gehad dan waren pauwhanen, net als de hennen, onopzichtig, goed gecamoufleerd en hadden ze geen enorme staart die hun bewegingen belemmert. Waarom is zo'n eigenschap dan toch geëvolueerd? Meer in het algemeen kunnen we de vraag stellen: waarom zijn er vaak zulke grote verschillen tussen de twee seksen?

MANNELIJKE COMPETITIE

Bij veel diersoorten zien we opzichtige verschillen tussen mannetjes en vrouwtjes. Men spreekt in dit verband over 'seksuele dimorfie': de twee seksen hebben verschillende vormen. In zijn boek *De afstamming van de mens en selectie in relatie tot sekse* uit 1871 maakte Darwin hierbij een onderscheid tussen primaire en secundaire geslachtskenmerken. De primaire kenmerken zijn de voortplantingsorganen, maar bijvoorbeeld ook de buidel van buideldieren en de melkklieren van zoogdieren. De primaire verschillen tussen de twee geslachten hebben allemaal direct met de reproductie te maken. Dit onderscheid tussen mannen en vrouwen is inherent aan seksuele voortplanting. Darwin was echter meer geïnteresseerd in de secundaire geslachtskenmerken. Hij vermoedde dat deze verschillen tussen mannetjes en wijfjes indirect met het voortplantingssucces hebben te maken. Dit geldt ook voor het gewei van het mannetjeshert en de staart van de pauwhaan. Andere voorbeelden zijn de uitvergrote schaar van de mannelijke wenkkrab, de bizarre kaken van het mannelijk vliegend hert (een keversoort), en de kleurenpracht van de mannelijke paradijsvogel.

Ook bij primaten (apen, mensapen en mensen) komt seksuele dimorfie met betrekking tot secundaire kenmerken veelvuldig voor. Neem bijvoorbeeld de mandril, een bavianensoort uit West-Afrika. Het mandrilmannetje heeft een gezicht waarop alle kleuren van de regenboog zijn te zien, terwijl de wijfjes een onopvallend gelaat bezitten. Soms is het niet zozeer de kleur of de vorm, maar meer het verschil in afmeting en gewicht tussen mannetjes en vrouwtjes. Een treffend voorbeeld is de gorilla. De alfaman in een gorillagroep, de zilverrug, is veel groter dan de vrouwtjes en hij weegt ruim driemaal zoveel. Hetzelfde verschijnsel zien we bij zeezoogdieren zoals walrussen en zeeolifanten. Hier zijn de verschillen in afmeting en gewicht tussen mannetjes en vrouwtjes nog veel groter. De mannelijke zeeolifant is maar liefst acht keer zo zwaar als het vrouwtje.

Seksuele dimorfie kan ook tot uitdrukking komen in het *gedrag* van dieren. Denk aan de zang of de baltsdans van veel mannetjesvogels, of de (rituele) gevechten die ze met elkaar aangaan. Bij migrerende vogels trekken de mannetjes voor de wijfjes uit, en bouwen ze gecompliceerde nesten, enzovoort. We hebben reeds geconstateerd dat deze secundaire geslachtskenmerken niet nodig zijn om te overleven. De vrouwtjes bezitten bovengenoemde eigenschappen immers *niet* en zij ondervinden daar geen enkel nadeel van. Waarom zijn deze opvallende secundaire verschillen tussen mannetjes en vrouwtjes dan ontstaan? In *De afstamming van de mens* ontvouwt Darwin zijn theorie over deze raadselachtige kwestie. Secundaire geslachtsverschillen zijn volgens Darwin het resultaat van een aparte evolutionaire kracht naast natuurlijke selectie, te weten: seksuele selectie. Darwin schrijft:

Seksuele selectie hangt af van het succes van bepaalde individuen boven andere van dezelfde sekse in relatie tot de voortplanting van de soort; terwijl natuurlijke selectie afhangt van het succes van beide seksen, op alle leeftijden, in relatie tot de algemene leefomstandigheden. (ii.398.)

In zijn tijd was Darwin de enige bioloog die aandacht aan het fenomeen seksuele selectie besteedde. Andere biologen wilden er weinig van weten. Pas in de tweede helft van de twintigste eeuw werd erkend dat Darwin gelijk had en zijn tijd ver vooruit was.

Evolutie bestaat voor een aanzienlijk deel uit competitie. Deze

strijd gaat niet alleen om voedsel, slaapplekken en territorium, en dergelijke, maar ook om leden van het andere geslacht. Het meest in het oog springend is de strijd tussen mannetjes om de paringsmogelijkheden met wijfjes. Bij veel soorten lukt het maar een paar mannetjes om zich te reproduceren. Deze competitie tussen mannetjes (*male contest*) is de meest elementaire vorm van seksuele selectie. Het effect treedt het sterkst naar voren in polygame soorten, dat wil zeggen in soorten waarbij de mannetjes met zoveel mogelijk vrouwtjes proberen te paren (van het Griekse *polugamos* = veel vrouwen hebbend). In polygame diersoorten zal de openlijke en fysieke strijd tussen mannetjes tot een grote seksuele dimorfie tussen de geslachten leiden. Door selectieve druk ontwikkelen de mannetjes allerlei wapentuig zoals geweien, hoorns, slagstanden, kaken, sporen en scharen, en bovendien worden de mannetjes groter en zwaarder dan de wijfjes.

Neem opnieuw het hert. Het sterkste en grootste mannetje met het meest imposante gewei krijgt de zeggenschap over een roedel en zal alle hinden bevruchten. Hierdoor zal de bok zijn voordelige eigenschappen aan zijn mannelijke nakomelingen doorgeven. De dominantie van zo'n hertenbok duurt overigens in de regel maar één seizoen. Daarna is het beest zo afgepeigerd door de voortdurende copulaties en het bestrijden van concurrenten dat hij vaak letterlijk van uitputting sterft. Evolutionair gezien heeft hij echter een groot succes geboekt, want zijn genen zijn in overvloed in een volgende generatie terechtgekomen, en daarmee is zijn taak eigenlijk volbracht. Het volgende seizoen zal er weer een nieuwe strijd tussen de mannetjes losbreken en zal een nieuwe bullebak de zeggenschap over het roedel krijgen. Hoewel de wijfjes hierbij slechts passief kunnen toekijken, zijn ze evolutionair gezien toch niet slecht af. Ze zijn er immers elk seizoen van verzekerd dat ze worden bevrucht door het sterkste mannetje met de beste genen.

In monogame soorten is de seksuele dimorfie doorgaans veel kleiner. Het is voor de mannetjes dus minder nodig om steeds de strijd aan te gaan om de gunst van de wijfjes. Monogame soorten zijn bijvoorbeeld de leden van de kraaienfamilie en andere vogelsoorten zoals de albatros, maar ook de mens kan tot de monogame soorten worden gerekend. Wat grootte of gewicht betreft, verschillen mensenmannen dan ook niet zoveel van vrouwen. We zullen echter zien dat seksuele selectie wel degelijk een rol speelt bij de mens.

VROUWELIJKE VOORKEUR

We hebben nu een verklaring voor het feit dat de mannetjes van veel diersoorten groter zijn dan de wijfjes en allerlei wapentuig bezitten. Het raadsel van de pauwhaan wordt hierdoor echter niet ontsluit, want mannetjespauwen voeren nauwelijks onderlinge strijd. Er moet dus iets anders aan de hand zijn. Darwins verklaring luidt dat we hier te maken hebben met een tweede, meer subtiële vorm van seksuele selectie, te weten vrouwelijke keuze (*female choice*). De wijfjes kiezen de seksuele partner die de meeste indruk op hen maakt. Er vindt zo nog steeds concurrentie tussen mannetjes plaats, maar er is niet langer sprake van een openlijke en fysieke strijd. In plaats daarvan proberen mannetjes elkaar af te troeven met schitterende kleuren, exotische baltdansen of zoetgevooid gezang. Het doel van deze praalzucht is de andere sekse te verleiden. Het punt is echter dat de wijfjes uiteindelijk de knoop doorhakken en voor één specifieke partner kiezen. Vrouwelijke voorkeur leidt vaak tot nog vreemdere en extremere eigenschappen dan de eerste vorm van seksuele selectie. Dit komt omdat zowel de eigenschappen van de mannetjes als de preferenties van de wijfjes een rol spelen. De mannelijke nakomelingen van de kieskeurige wijfjes erven de eigenschappen van hun vader, de vrouwelijke de voorkeur van hun moeder. Het effect wordt hierdoor dubbel versterkt zodat de evolutie op hol kan slaan. Seksuele selectie door vrouwelijke preferentie kan zo tot de meest bizarre en fantastische eigenschappen leiden, zoals de pronkstaart en het verenkleed van de pauwhaan. Wat aanvankelijk als een bescheiden modegril begint, kan escaleren tot een selectieve cyclus waarbij de betreffende eigenschap steeds extremer wordt uitvergroot. In de jaren dertig van de vorige eeuw berekende de wiskundige en geneticus R.A. Fisher al dat elke minieme uitvergroting van een eigenschap, zoals staartlengte of aantal oogvlekken, zich als een lopend vuurtje door de populatie zal verspreiden. De escalatie wordt pas tot staan gebracht wanneer de uitwassen een kritische grens bereiken en de nadelen groter worden dan de voordelen.

Overigens meende Darwin dat de pauwhen uiteindelijk een keuze maakt op esthetische gronden. In *De afstamming van de mens* (i.63) schrijft hij: 'Wanneer wij mannelijke vogels zien die zorgvuldig hun veren en prachtige kleuren aan de wijfjes vertonen, is het onmogelijk

lijk te betwijfelen dat de wijfjes de schoonheid van hun mannelijke partners bewonderen.' Er valt wellicht iets te zeggen voor deze visie. Niet alleen pauwen maar ook andere vogelsoorten lijken namelijk inderdaad een uiterst gesofisticeerde smaak te hebben. Satijn- en prieevogels zijn een aardig voorbeeld. Mannelijke prieevogels uit Australië en Nieuw-Guinea hebben geen spectaculair uiterlijk zoals de pauwhaan. In plaats daarvan bouwen zij installaties met monochrome objecten die niet onderdoen voor het werk van een moderne kunstenaar als Yves Klein. De hennen beoordelen deze creaties als waren zij volleerde kunstcritici. Hedendaagse biologen menen echter dat het veronderstellen van een schoonheidszin bij pauwen en prieevogels overbodig is. De pauwen kiest stevast de haan met de grootste staart met de meeste oogvlekken, niet omdat ze die haan het mooist vindt, maar omdat hij de beste genen heeft. Het feit dat een pauwhaan in staat is om met zo'n lastige versiering rond te paraderen, is een indicatie dat het beest gezond is en geen parasieten heeft. Het ornament is dus eigenlijk een fitnessindicator. De voorkeur van de pauwen is dan waarschijnlijk ook geen bewuste, esthetische keuze, want haar preferentie is geprogrammeerd door de evolutie. We komen hierop terug in hoofdstuk 13 waar de relatie tussen evolutie en esthetiek zal worden besproken.

Darwin was zijn tijd inderdaad vooruit, maar in één ding heeft hij zich vergist. Seksuele selectie is namelijk geen aparte evolutionaire kracht *naast* natuurlijke selectie maar een speciale versie ervan. Dit komt voort uit het inzicht dat ook de leden van de eigen soort tot de omgeving behoren. We kunnen dan ook geleidelijke aanpassingen aan deze 'omgeving' verwachten. Organismen passen zich tijdens de evolutie niet alleen aan het terrein en het klimaat aan, of aan hun prooien en belagers, maar ook aan de leden van de eigen soort en die van het andere geslacht. De grote vraag is nu of seksuele selectie ook een rol heeft gespeeld bij de evolutie van de mens.

DE NATURE/NURTURE-CONTROVERSE

De kwestie of menselijk gedrag en de menselijke psyche door evolutie zijn vormgegeven, was lange tijd zeer controversieel. Tot voor kort rustte er in de sociale wetenschappen, zoals de psychologie, de antropologie en de sociologie, zelfs een heus taboe op deze veronder-

stelling. De gangbare opvatting was dat de mens geheel en al door opvoeding, sociaal milieu en cultuur wordt gevormd en dat biologische en evolutionaire invloeden geen rol van betekenis meer spelen. De moderne mens zou aan zijn biologische wortels zijn ontstegen. Menselijk gedrag werd als oneindig plooibaar beschouwd: elk nieuw mensenkind komt als een onbeschreven blad ter wereld en de invulling van het blad komt voor rekening van de opvoeding en de cultuur. De suggestie dat biologische factoren ook een rol spelen, werd als gevaarlijk beschouwd. Het zou de indruk kunnen wekken dat de mens door zijn biologische constitutie wordt bepaald, een visie die als genetisch determinisme te boek staat. Voor een deel was deze houding een reactie op de eugenetica en de rassentheorieën die in de eerste helft van de twintigste eeuw veel ellende hadden veroorzaakt. Na de Tweede Wereldoorlog namen de sociale wetenschappen daarom het tegenovergestelde extreme standpunt in, het cultureel determinisme: menselijk gedrag is plooibaar en de samenleving maakbaar. Als we onze kinderen maar goed opvoeden en onderwijzen, kan de maatschappij in principe in elke gewenste vorm worden gekneed. De sociale wetenschappen waren zo verzekerd van een autonome status: als de biologie geen rol speelt bij het begrijpen en voorspellen van menselijk gedrag, hoeven we slechts naar culturele factoren te kijken.

Toen de Amerikaanse bioloog Edward O. Wilson in 1975 opperde dat deze invalshoek te beperkt is en dat we ook naar de biologische wortels van menselijk gedrag moeten kijken, barstte de kritiek dan ook los. Volgens menigeen was Wilson een gevaarlijke seksist en racist die allerlei quasi-wetenschappelijke rechtvaardigingen voor de ongelijkheid tussen mensen probeerde te geven. Wilsons pleidooi voor een sociobiologie, een synthese van de inzichten uit de sociale wetenschap en de biologie, viel in slechte aarde. Iets soortgelijks gebeurde rond dezelfde tijd in Nederland met de Leidse criminoloog Wouter Buikhuisen. Deze had geopperd dat er bij crimineel gedrag wel eens biologische en erfelijke factoren zouden kunnen meespelen. Net als Wilson werd Buikhuisen door sociale wetenschappers en de linkse intelligentsia verketterd en voor fascist uitgemaakt. Het was nog te vroeg voor een hernieuwde kijk op de menselijke soort (zie p. 113-117).

Pas in de jaren tachtig van de vorige eeuw begon het tij langzaam te keren en begon men in te zien dat het standaardmodel in de soci-

ale wetenschappen met de stelselmatige nadruk op *nurture* (opvoeding, vorming) veel te eenzijdig was. Wilson werd gerehabiliteerd en zijn ideeën over sociobiologie zijn tegenwoordig niet meer weg te denken in het onderzoek naar menselijk sociaal gedrag. De aanvankelijke critici van de sociobiologie waren zo verblind door wantrouwen en haat dat ze niet eens kennis van Wilsons onderzoek hadden genomen. Hadden ze dat wel gedaan dan zouden ze hebben gezien dat Wilson geen genetisch determinisme predikt. Wilson benadrukt juist het ingewikkelde samenspel van *nature* en *nurture*, van aanleg *en* omgeving. Als we menselijk sociaal gedrag willen bestuderen, moet daarom aan *beide* aspecten aandacht worden besteed want anders wordt iets belangrijks achterwege gelaten. Natuur en cultuur zijn onlosmakelijk met elkaar verbonden. In hoofdstuk 5 zullen de inzichten van de sociobiologie en de evolutiepsychologie nog uitgebreid aan de orde komen. Nu lichten we alvast een tipje van de sluier op en kijken we naar de rol van seksuele selectie bij de mens.

EEN PSYCHE UIT HET STENEN TIJDPERK

We hebben reeds gezien dat de mens tot de monogame zoogdieren wordt gerekend. Bij de mens zien we geen openlijke fysieke strijd tussen mannen met het doel zoveel mogelijk vrouwen te bevruchten. Door de afwezigheid van deze vorm van seksuele selectie is de seksuele dimorfie tussen mensenmannen en -vrouwen betrekkelijk gering. Mannen zijn gemiddeld hooguit dertig procent zwaarder dan vrouwen en nog geen tien procent groter. Net als bij pauwhanen is de concurrentie tussen mannen subtieler waardoor de tweede vorm van seksuele selectie, vrouwelijke keuze, een belangrijke rol speelt. De effecten van seksuele selectie komen tot uiting in het gedrag en de preferenties van mannen en vrouwen. Bedenk dat de menselijke evolutie zich voor meer dan negentig procent op de Afrikaanse savanne heeft afgespeeld toen onze voorouders jagers-verzamelaars waren. Gedurende die lange periode zijn sommige reproductieve strategieën door de evolutie beloond, terwijl andere strategieën gaandeweg zijn verdwenen. Wij zitten tegenwoordig nog altijd met die evolutionaire nalatenschap opgescheept.

Volgens evolutiepsychologen bezitten wij een zogeheten *stone age mind*, oftewel een psyche uit het stenen tijdperk. Het is pas sinds

enkele duizenden jaren dat wij in steden wonen en een complexe maatschappij hebben gevormd. Enkele duizenden jaren is echter veel te kort om wezenlijke evolutionaire veranderingen te bewerkstelligen met betrekking tot gedrag, emoties en seksuele voorkeuren. We zitten met ons hoofd nog steeds in de oertijd. Het feit dat wij tegenwoordig over anticonceptiemiddelen beschikken waardoor seks puur voor het plezier kan worden bedreven, doet hier niet veel aan af. Aangeboren preferenties en gedrag zijn niet zo gemakkelijk te veranderen. Mensenmannen en -vrouwen hebben zeer verschillende reproductieve strategieën en daaraan gekoppelde preferenties. Deze strategieën en voorkeuren zijn voor een deel genetisch bepaald en hebben volgens evolutiepsychologen ook tot mentale verschillen tussen mannen en vrouwen geleid.

In alle culturen vinden we stereotype, universele voorkeuren van mannen en vrouwen met betrekking tot partnerkeuze. Mannen blijken over het algemeen een voorkeur te hebben voor jonge en fysiek aantrekkelijke vrouwen, terwijl vrouwen doorgaans een groot belang lijken te hechten aan de sociale status van een man en zijn bereidheid om in een relatie te investeren. Evolutionair gezien zijn deze preferenties goed verklaarbaar. Vrouwen beschikken vanaf de adolescentie tot de menopauze slechts over drie- tot vierhonderd eicellen, terwijl mannen tot op hoge leeftijd uit een bijkans onuitputtelijke bron zaadcellen kunnen putten. Eicellen zijn veel groter dan zaadcellen en het kost daarom veel meer energie om ze aan te maken. Vergeleken met zaadcellen zijn eicellen dus relatief schaars en kostbaar. Vrouwen kunnen niet meer dan één keer per jaar nageslacht produceren, terwijl mannen in principe meerdere kinderen per dag kunnen verwekken. Bovendien wordt het embryo bij zoogdieren als de mens binnen het vrouwenlichaam gedragen en is de zuigeling geruime tijd afhankelijk van moedermelk. Er is dus sprake van een duidelijke asymmetrie: reproductie is voor vrouwen veel ingrijpender dan voor mannen. Voor vrouwen is elk kind kostbaar omdat er veel tijd en energie in is geïnvesteerd. Voor mannen is de investering veel kleiner. Na de copulatie kan hun rol alweer voorbij zijn.

Op grond van deze fysiologische verschillen kan men enkele voorspellingen doen. Evolutionair gezien zouden mensenvrouwen selectiever en voorzichtiger moeten zijn bij het aangaan van seksuele relaties dan mannen. De consequenties zijn voor vrouwen immers

veel ingrijpender. Volgens evolutiepsychologen en sociobiologen is deze kieskeurigheid van vrouwen geen cultureel verschijnsel, maar het resultaat van evolutie. Als een algemene regel kan men namelijk stellen dat de sekse die het meest investeert ook het meest kieskeurig zal zijn. Bij sommige dieren, zoals zeepaardjes en enkele soorten kikkers, zijn het de mannetjes die de broedzorg op zich nemen. Zij zullen dan ook kieskeuriger zijn bij het paren dan de wijfjes. Deze inzichten zijn voor een groot deel te danken aan het werk van de Amerikaanse sociobioloog Robert Trivers, die de effecten van seksuele selectie op de partnerkeuze en de ouderinvestering met mathematische precisie uit de doeken heeft gedaan.

Reproductie is in menig opzicht een transactie waarbij zowel de man als de vrouw iets te winnen en te verliezen heeft. Evolutionair gezien is er sprake van een conflict tussen de vrouwelijke en de mannelijke ouderinvestering. De twee seksen zijn in een dilemma verwickeld omdat beide zich willen reproduceren met zo weinig mogelijk kosten. Wat is dan de beste strategie? Het antwoord op deze vraag is voor mannen en vrouwen zeer verschillend. Bij zoogdieren als de mens is de vrouwelijke investering altijd veel groter dan de mannelijke. Mensenkinderen worden bovendien relatief vroeg geboren en zijn extreem lang hulpbehoevend. Dit komt onder meer doordat het brein van onze voorouders in de afgelopen paar miljoen jaar explosief is gegroeid, van 500 cc bij de eerste hominiden tot 1500 cc bij de moderne mens. Kinderen kwamen steeds vroeger ter wereld omdat ze anders niet meer door het geboortekanaal zouden passen. Het grote brein bracht tevens een steeds langere leerperiode met zich mee. Voor vrouwen was het daarom zaak een betrouwbare partner te vinden die voor een veilig onderkomen en voor een constante aanvoer van voedsel kon zorgen. Er ontstond zo een selectieve druk op mannen die bereid waren een deel van de investering op zich te nemen. De investering van deze mannen werd terugverdiend omdat hun genen zich beter verspreidden dan die van hun niet-investerende seksegenoten. In tegenstelling tot andere primaten zien we bij de mens dan ook een grote mannelijke bijdrage in de verzorging van het nageslacht.

Anders dan vaak aan de borreltafel wordt verkondigd, zijn mannen dus niet door de evolutie geprogrammeerd om met zoveel mogelijk vrouwelijke partners te copuleren. Mannen vertonen over het alge-

meen veel interesse in hun nageslacht en willen er graag offers voor brengen. Mannelijke chimpansees en bonobo's daarentegen hebben geen flauw benul welke jongen van hen zijn. De hoge mannelijke investering bij de mens is het resultaat van seksuele selectie, de preferentie van vrouwen. Vrouwen zijn niet alleen geïnteresseerd in de genetische bijdrage van de man, maar ook in zijn toekomstige investering *nadat* de kinderen zijn geboren. Hoge mannelijke investering brengt met zich mee dat seksuele selectie twee kanten op werkt: mannen wedijveren met elkaar om de schaarse vrouwelijke eicellen, terwijl vrouwen onderling om de schaarse mannelijke investeerders concurreren. Bij de mens zien we hierdoor zowel competitie tussen mannen als tussen vrouwen. Zoals reeds vermeld worden de vermoedens omtrent het effect van seksuele selectie bevestigd door empirisch onderzoek. Vrouwen in verschillende culturen lijken over het algemeen meer belang hechten aan de sociale status van hun partner en aan zijn bereidheid te investeren dan aan zijn fysieke aantrekkelijkheid of jeugdigheid. Bij mannen ligt het precies andersom. Mannen in alle culturen prefereren een jonge, aantrekkelijke vrouw met de juiste rondingen. De status van een vrouw wordt minder belangrijk gevonden. Deze voorkeur is evolutionair gezien begrijpelijk, want jonge vrouwen zijn welhaast zeker vruchtbaar. Mannen die oude vrouwen prefereren, zijn evolutionair gezien een doodlopende weg. Vrouwen hoeven niet zo kieskeurig te zijn over de leeftijd van hun partner omdat mannen tot op hoge leeftijd vruchtbaar blijven.

Recent onderzoek lijkt echter aan te tonen dat de zaak wellicht nog iets ingewikkelder is. De preferentie van sommige mensenvrouwen lijkt te kunnen veranderen gedurende de maandelijkse cyclus. Buiten de vruchtbare periode hebben vrouwen een voorkeur voor zachtvaardige mannelijke partners die veel in een relatie investeren. Maar gedurende de ovulatie verandert dit en prefereren vrouwen een macho met brede schouders en kaken. Een gewiekste vrouw kan zo uit het beste van twee werelden kiezen. Ze kiest voor de sterke genen van de macho en laat een goedhartig watje hiervoor opdraaien. Deze slimme strategie wordt ook geregeld door wijfjes van andere diersoorten gehanteerd, waaronder vogels zoals mezen. Overigens heeft ook de man enkele sluwe opties tot zijn beschikking. Als hij slim is, zal hij vrouwen proberen wijs te maken dat hij een goede investeerder is en na de copulatie de benen nemen. Er zijn genoeg mannen die

bij verschillende vrouwen kinderen hebben verwekt en daar andere mannen voor op laten draaien. Voorzichtige schattingen suggereren dat mannen in tien procent van de gevallen ten onrechte menen dat ze voor hun eigen nageslacht zorgen.

Volgens sommige sociobiologen heeft er tijdens de ontwikkeling van de menselijke soort een evolutionaire wapenwedloop tussen mannen en vrouwen plaatsgevonden. Mannen konden vrouwen steeds beter wijsmaken dat ze goede investeerders zijn, terwijl vrouwen steeds beter werden in het ontmaskeren van deze bedriegers. In een soort met een hoge mannelijke ouderinvestering, zoals de mens, doet zich dus een paradox voor: mensenmannen zijn in staat tot grotere ontrouw dan mannen in een soort met lage mannelijke investering. In een soort met lage mannelijke ouderinvestering heeft 'ontrouw' eigenlijk geen betekenis. Bij de mens is dit wel het geval. Mannen kunnen buiten hun eigen gezin kinderen verwekken bij andere vrouwen. Ook zonder een verdere investering van zijn kant zullen die kinderen vaak gezond opgroeien. Wellicht denkt een andere man dat het zijn kinderen betreft.

SEKSUELE SELECTIE, OVERSPEL EN EMOTIES

Seksuele selectie bij de mens heeft ook tot fysiologische veranderingen geleid. Om een langdurige en bestendige emotionele band te smeden, zijn mensenvrouwen voortdurend seksueel aantrekkelijk geworden voor hun mannelijke partners. Bij de overige primaten zie je dat wijfjes maar gedurende een korte periode seksueel begeerlijk zijn. In de vruchtbare periode zwelt het achterwerk van de wijfjes op en krijgt het een fel rood-roze kleur. Dit signaal oefent een onweersstaanbare aantrekkingskracht uit op mannelijke chimpansees, bonobo's en bavianen. Bij mensenvrouwen is de ovulatie verborgen en wordt er gedurende de hele cyclus aan seks gedaan. Mannen zullen hun aandacht zo minder snel verleggen naar andere vrouwen. Vergelijken met andere (mannelijke) primaten heeft de mensenman de op één na kleinste spermavoorraad (de gorillaman heeft naar verhouding de kleinste). Het relatief geringe zaadreservoir lijkt afgestemd op een monogame levensstijl waarbij regelmatig wordt gecopuleerd. Polygame mensapen paren alleen tijdens de oestrus, wanneer de wijfjes vruchtbaar zijn en bereid zijn mannetjes toe te laten. Omdat

de mannetjes dan vaak meerdere keren met diverse wijfjes paren, ontstaat er spermacompetitie: het mannetje met de grootste zaadvoorraad zal in het voordeel zijn. Er ontstaat zo een selectieve druk in de richting van een groter ejaculaat. In tegenstelling tot mensenmannen hebben chimpansees en bonobo's dan ook forse ballen.

Mensenvrouwen bezitten nog een ander opvallend kenmerk, namelijk permanente borsten. De wijfjes bij de overige primaten vertonen slechts borsten als ze zogende jongen hebben. Daarna wordt de productie in de melkklieren gestopt en verdwijnen de zwellingen weer. Bij mensenvrouwen zijn de borsten vanaf de adolescentie permanent. De prominente boezem is echter niet het resultaat van actieve melkklieren, maar van afzetting van vetweefsel. Het suggereert opnieuw een constante vruchtbaarheid. Permanente borsten zouden daarnaast een slim trucje kunnen zijn om zwangerschap te verbergen. Als een man zou weten wanneer een vrouw zwanger is, zou hij kunnen afhaken omdat verdere copulaties geen zin meer hebben. In zijn ietwat gedateerde boek *De naakte aap* uit 1967 geeft de bekende Engelse zoöloog Desmond Morris een andere, meer speculatieve, verklaring voor de permanente aanwezigheid van vrouwenborsten. Gedurende de evolutie zijn onze voorouders rechtop gaan lopen en werd de coïtus a tergo (op-z'n-hondjes) gaandeweg verdrongen door de missionarishouding, waarbij de partners met het gelaat naar elkaar zijn toegekeerd. Bij de missionarishouding vervullen vrouwenbillen geen visuele prikkelfunctie meer en daarom ontstond er een alternatief in de vorm van permanente borsten. Borsten zijn volgens Morris een nabootsing van billen om de mannelijke aandacht vast te houden.

De verschillende reproductieve strategieën van mannen en vrouwen hebben volgens evolutiepsychologen ook tot mentale verschillen tussen de twee seksen geleid. Mannen en vrouwen hebben niet dezelfde emoties, met name als het emoties betreft die met liefde en seksualiteit hebben te maken, zoals jaloezie. Mannen blijken op een andere manier jaloers dan vrouwen, en dit is verklaarbaar vanuit de eerder genoemde belangen die op het spel staan. De natuurlijke angst van de man is dat zijn investering niet zijn eigen kinderen betreft en dat hij dus met koekoeksjongen te maken heeft. (In verschillende Europese talen komt het woord *cocu* of *cuckold* voor, hetgeen behalve koekoek ook 'bedrogen echtgenoot' betekent. De koekoek

legt haar eieren namelijk heimelijk in andermans nest en laat de onwetende pleegouders voor de ouderzorg opdraaien.) Het schrikbeeld van de man is dat zijn partner stiekem met een andere man seks bedrijft en dat hij zonder het te weten in andermans genen investeert. In tegenstelling tot de vrouw weet de man nooit zeker of hij met zijn eigen kinderen te maken heeft. Mannen zijn zodoende bezorgd om de *seksuele* ontrouw van hun partner, terwijl vrouwen meer bezorgd lijken om de *emotionele* ontrouw van hun partner. Het schrikbeeld van de vrouw is dat haar man een emotionele band met een andere vrouw aangaat en dat hij zijn beloofde investering niet nakomt.

In verschillende culturen lijken vrouwen wat minder verbolgen over de seksuele ontrouw van hun partner dan mannen. Zolang de man voor zijn gezin blijft zorgen en de emotionele band intact blijft, mag hij er soms een maîtresse op na houden voor fysieke pleziertjes. Een Franse president telt pas mee als na zijn ambtstermijn blijkt dat hij ten minste één buitenechtelijk kind heeft verwekt. De buitenechtelijke escapades van de man worden getolereerd onder voorwaarde dat hij er niet met zijn, veelal jeugdige, minnares vandoor gaat. Het overspel van de vrouw wordt daarentegen in vrijwel alle culturen zwaar bestraft omdat het de mannen van de zekerheid van het vaderschap berooft. Een vrouw weet dat elk kind dat ze baart, altijd vijftig procent van haar genen zal bezitten.

SEKSUELE SELECTIE EN CULTUUR

Het Amerikaanse muziekblad *Rolling Stone* publiceerde onlangs een lijst van de honderd beste rockgitaristen aller tijden. Uit een enquête onder de lezers van het tijdschrift kwam naar voren dat Jimi Hendrix als de belangrijkste gitarist uit de geschiedenis van de rock moet worden beschouwd. Opvallend in de uitslag was dat slechts twee vrouwen de top-honderd wisten te halen, te weten Joni Mitchell (op 72) en Joan Jett (op 87). Twee vrouwen op achtennegentig mannen is een aanzienlijk scheve verhouding. Het verschijnsel doet zich overigens ook voor, zij het in mindere mate, bij klassieke muziek en jazz. Vrouwen blazen zeker hun deuntje mee, maar zelden in de voorste linies (zangeressen daargelaten). Grote scheppende musici, componisten, kunstenaars en wetenschappers zijn bijna altijd man. Voor een deel ligt hier een culturele oorzaak aan ten grondslag. Vrouwen

worden minder aangemoedigd om op genoemde terreinen te excelleren dan mannen, of ze krijgen gewoon de kans niet om zich te bewijzen. Dit was vooral in het verleden het geval. Maar deze culturele verklaring behoeft enige aanvulling. Mannen lijken zich namelijk over het algemeen meer uit te sloven: ze zijn haniger, willen zich opwerken op de maatschappelijke ladder en pronken met hun status, net zoals de pauwhaan met zijn staart. Ook etaleren mannen hun status met dure auto's, horloges en maatpakken die rijkdom en macht uitstralen. Mannen worden geobsedeerd door hun maatschappelijke status want aanzien, rijkdom en macht worden in elke cultuur hoog aangeslagen. Mannen met sociale status zijn verzekerd van vrouwelijke aandacht. Mannelijke popidolen kunnen hier een woordje over meepraten.

Volgens de Engelse evolutiepsycholoog Geoffrey Miller is deze praalzucht van mannen het resultaat van seksuele selectie. De door seksuele selectie op hol geslagen evolutie leverde geen fysiologische ornamenten op zoals de pauwenstaart of de merelzang, maar cerebrale zoals kunst, techniek en wetenschap. Mannen trachten elkaar en leden van het ander geslacht te imponeren met vaardigheden en kennis. Kunst en cultuur zijn volgens Miller een seksueel lokmiddel. Ons grote brein en de daarbij horende capaciteiten hebben we aan seksuele selectie te danken. Millers hypothese is gewaagd, maar interessant. De gangbare verklaring voor de expansie van de hersenschors luidt dat natuurlijke selectie hiervoor verantwoordelijk is geweest. De menselijke hersenen zouden steeds groter zijn geworden omdat onze voorouders rechtop gingen lopen, stenen werktuigen gingen maken en taal gingen gebruiken. Hierdoor zou een selectieve druk op het bezit van steeds grotere breinen zijn ontstaan. Het probleem van deze visie is echter dat niemand precies weet waardoor het proces in gang is gezet. Met betrekking tot het menselijk brein kunnen we namelijk dezelfde vraag stellen als bij de pauwenstaart: wat is het nut van zo'n merkwaardig cerebraal ornament? Onze vroege voorouders deden het miljoenen jaren lang uitstekend *zonder* opgepompte hersenen, net zoals onze meest nauwe levende verwanten, de mensapen. Kortom, de theorie dat natuurlijke selectie verantwoordelijk is voor de groei van het menselijke brein is op haar best onvolledig.

Millers alternatieve theorie heeft dit probleem niet omdat seksu-

ele selectie, en met name vrouwelijke keuze, de evolutie op de spits kan drijven. We hebben gezien dat seksuele selectie een toevallige, kleine modegril tot extreme proporties kan uitvergroten. Volgens Miller is dit ook gebeurd met het brein. In de evolutie ontstond een premie op mannen met cerebraal spierballenvertoon. Het vrouwelijke brein evolueerde mee, want er moet natuurlijk wel iemand zijn om al die intellectuele schoonheid te waarderen. Vrouwen ontwikkelden een voorkeur voor mannen die hun kennis en kundigheid etaleerden. Net zoals de staart van de pauwhaan werd een creatieve geest een indicator voor goede genen. Door de vrouwelijke preferentie kwam de evolutie in een stroomversnelling terecht die vandaag de dag nog allerm minst lijkt uitgeraasd.

Millers hypothese wordt ondersteund door hersenonderzoek. De hersenen van mannen en vrouwen lijken te verschillen. Met name lijkt er een onderscheid te bestaan in de mate waarin de hersenen gelateraliseerd zijn, dat wil zeggen dat er sprake is van een duidelijke linker- en een rechter hersenhelft met verschillende functies. Anders dan de overige primaten bezitten mensen een sterk gedifferentieerd brein waarbij de linkerhersenhelft onder meer bij de productie en verwerking van taal is betrokken en de rechterhelft met ruimtelijk en wiskundig inzicht is gemoeid. De lateralisatie is echter het meest opvallend bij mannen. Deze differentiatie van het mannenbrein verklaart wellicht waarom mannen op sommige punten excelleren, maar ook waarom bepaalde psychische aandoeningen, zoals schizofrenie, veel vaker bij mannen dan bij vrouwen voorkomen. Het onderzoek naar de mogelijke effecten van seksuele selectie staat feitelijk nog in de kinderschoenen. Er komen echter steeds meer aanwijzingen dat seksuele selectie de fysiologie, het gedrag en de psyche van mannen en vrouwen heeft gemodelleerd. In het volgende hoofdstuk zullen we zien dat seksuele selectie ook een rol speelt bij een van de meest belangrijke evolutionaire gebeurtenissen: het ontstaan van nieuwe soorten.

3

Soortvorming

MYSTERIE DER MYSTERIËN

In hoofdstuk 1 zagen we dat het raadsel hoe soorten kunnen veranderen door Darwin en Wallace werd ontsluit. Plant- en diersoorten bestaan uit populaties van organismen. De individuen binnen een populatie vertonen vrijwel altijd variatie: ze verschillen onderling van elkaar en deze verschillen zijn vaak overerfbaar. Door natuurlijke selectie worden gunstige variaties beloond en nadelige afgestraft. Het zeefproces is cumulatief: gunstige eigenschappen worden gedurende vele generaties verder uitgebouwd of verfijnd, nadelige eigenschappen daarentegen worden gaandeweg uitgewist. Hierdoor verandert de genetische opmaak van de populatie. Door selectieve druk evolueert de populatie in een bepaalde richting waardoor de individuen beter zijn aangepast aan een (veranderende) omgeving. Denk opnieuw aan het voorbeeld van de berkenspanner in het vorige hoofdstuk.

Soorten kunnen dus langzaam veranderen. Maar hoe en wanneer ontstaat nu precies een *nieuwe* soort? Wanneer houdt de ene soort op en begint een andere? En wat is het mechanisme achter soortvorming? Lange tijd was dit een groot raadsel. In 1836 noemde de Britse fysicus en filosoof John Herschel het ontstaan van nieuwe soorten planten en dieren nog 'het mysterie der mysteriën'. Herschel had dus al afstand genomen van het idee dat soorten onveranderlijk zijn. Tot halverwege de negentiende eeuw ging men er algemeen van uit dat God de planten en dieren op aarde had geschapen. Soorten werden als onveranderlijk en eeuwig beschouwd, want de schepper bezondigt zich niet aan broddelwerk. De individuen van een soort

kunnen weliswaar onderling van elkaar verschillen, maar elke soort heeft bepaalde essentiële kenmerken die onveranderlijk en eeuwig zijn, zo was de algemene gedachte. Elk individu dat tot een bepaalde soort behoort, bezit daarom deze essentiële aard of vorm. De twijfel sloeg toe toen er meer en meer fossielen van planten en dieren werden ontdekt die totaal anders waren dan de nu levende organismen. Blijkbaar waren er vroeger vreemde planten en dieren op aarde die nu zijn uitgestorven. Sommige wetenschappers zochten een verklaring in de zondvloed, zoals we zagen. Deze zienswijze bleek echter onhoudbaar want de fossielen waren niet enkele duizenden jaren oud (het vermeende tijdstip waarop de zondvloed zou hebben plaatsgevonden), maar vele miljoenen.

Men zou denken dat Darwin een einde aan alle verwarring maakte. De titel van zijn hoofdwerk luidt immers *On the origin of species* – over het ontstaan van soorten. Toch is dit niet het geval. Darwin legt weliswaar geduldig uit hoe soorten door toedoen van natuurlijke selectie langzaam kunnen *veranderen* (een proces dat fyletische evolutie wordt genoemd), maar op de vraag hoe en wanneer precies een *nieuwe* soort ontstaat, moest ook Darwin het antwoord schuldig blijven. Zijn vermoeden dat er op de Galápagos-eilanden nieuwe soorten vinken waren ontstaan door geografische isolatie was juist, maar hij beschikte niet over de hedendaagse genetische technieken waarmee je zo'n kolonisatiegeschiedenis kunt onderzoeken.

Pas na de totstandkoming van de populatiegenetica en het neodarwinisme in de jaren dertig van de vorige eeuw zou er meer duidelijkheid komen over de kwestie. Soortvorming, oftewel speciatie (van het Latijnse *species* = soort), blijkt grotendeels een kwestie van reproductieve isolatie, waarbij populaties zich onafhankelijk van elkaar verder ontwikkelen. De verschillen kunnen op een gegeven moment zo groot worden dat er sprake is van verschillende soorten. Voordat we echter op de details van soortvorming ingaan, moeten we eerst ingaan op de vraag wat een soort eigenlijk is, of meer in het algemeen, hoe de natuur is geordend. Zodra men zich namelijk met biologie en evolutie gaat bezighouden, rijst onvermijdelijk de fundamentele vraag hoe we de natuur moeten indelen. Wat hoort bij elkaar en wat niet? Deze vragen behoren tot het domein van de taxonomie (van het Griekse *taxis* = verdeling, en *nomos* = wet), ofwel de wetenschap der classificatie.

DE DIEREN VAN DE KEIZER

In een kort essay uit 1966 maakt de Argentijnse schrijver Jorge Luis Borges gewag van een taxonomische ordening die hij toeschrijft aan een oude Chinese encyclopedie met de titel *Hemels emporium van welwillende kennis*:

Op die vervlogen bladzijden staat geschreven dat dieren onderverdeeld zijn in (a) die de Keizer toebehoren, (b) gebalsemd, (c) tamme, (d) speenvarkens, (e) meerminnen, (f) fabeldieren, (g) zwerfhonden, (h) die in deze indeling voorkomen, (i) die trillen alsof ze gek zijn, (j) ontelbare, (k) die met een fijn kameelharen penseeltje zijn getekend, (l) andere, (m) die juist een kruik gebroken hebben, (n) die vanuit de verte op vliegen lijken.

Borges heeft zoals altijd oog voor het fantastische, maar de – fictieve – indeling raakt wel een belangrijk punt, namelijk het inzicht dat de vermeende ordening en structuur in de wereld voor een groot deel afhangt van onze concepten en categorieën. *Wij* ordenen de wereld door middel van taal, en met taal kun je altijd verschillende kanten uit. De Cheyenne-indianen in Noord-Amerika hanteren bijvoorbeeld het concept ‘vovetas’. Vovetas zijn ondermeer gieren en andere roofvogels, maar ook libellen en zelfs tornado’s en wervelwinden. Waarom hebben de Cheyenne deze entiteiten in één categorie bij elkaar gevoegd? Het antwoord luidt dat gieren, libellen en tornado’s bij elkaar horen omdat ze allemaal op een bepaalde draaikolkachtige manier voortbewegen. Ze draaien als een spiraal in de lucht. De Cheyenne delen de dingen in de wereld in op grond van de beweging die ze maken.

In theorie zijn er oneindig veel classificaties mogelijk. We zouden bijvoorbeeld een indeling kunnen maken in dieren die kunnen vliegen en dieren die dat niet kunnen. Kraaien, vleermuizen en wespen horen dan bij elkaar, net zoals schildpadden, olifanten en regenwormen. Of je zou een indeling kunnen maken op kleur, grootte of aaibaarheid, enzovoort. Iedereen voelt aan dat deze classificaties arbitrair zijn. Ze verraden meer over *ons*, dan dat er werkelijk een bestaande orde wordt weerspiegeld. Men zou willen zeggen: bij elke classificatie gaat het erom welke organismen *verwant* aan elkaar zijn. Maar dit is ook vaak problematisch omdat verwantschap niet altijd even duidelijk is. Sommige organismen die veel op elkaar lijken heb-

ben in feite niets met elkaar te maken. Neem bijvoorbeeld de gewone wolf en de in de twintigste eeuw uitgestorven buidelwolf van Tasmanië. Ogenschijnlijk lijken deze dieren op elkaar, maar ze zijn in de verste verte niet aan elkaar verwant. De wolf is een placentaal zoogdier, de buidelwolf een buideldier, behorend tot de Marsupialia. De twee diergroepen zijn al meer dan honderd miljoen jaar van elkaar gescheiden. Andersom kunnen twee organismen grote verschillen vertonen, maar toch nauw verwant aan elkaar zijn. Denk opnieuw aan de Deense dog en de tekkel. Deze dieren behoren tot dezelfde soort: *Canis familiaris*. In principe (en met enige acrobatiek) kunnen ze samen gezond en vruchtbaar nageslacht verwekken.

Kortom, de studie der classificatie in de biologie is niet zo eenvoudig als zij op het eerste gezicht lijkt. Tegenwoordig hebben we een handig hulpmiddel om de verwantschap van organismen te onderzoeken, namelijk de vergelijking van het DNA. Maar dat wil niet zeggen dat de taxonomie een recente onderzoeksdiscipline is. Integendeel, de studie van de natuurlijke orde gaat op zijn minst terug tot Aristoteles. De Griekse wijsgeer was zich er al van bewust dat elke classificatie bepaalde criteria veronderstelt. Eén van de maatstaven die Aristoteles hanteerde, behelsde bijvoorbeeld het onderscheid tussen eierleggende en levendbarende dieren. Op grond van dit criterium stelde hij onder meer dat dolfijnen niet tot de vissen behoren, een inzicht dat we ook tegenwoordig nog onderschrijven. De belangrijkste ontwikkelingen zouden echter nog tweeduizend jaar op zich laten wachten.

Pas in de achttiende eeuw maakte de taxonomie weer een grote stap voorwaarts door het werk van de Zweedse natuuronderzoeker Carolus Linnaeus. Linnaeus trachtte orde in de chaos te scheppen door allereerst een hiërarchische indeling te maken. Zo stelde hij onder meer een binominale (tweetermige) methode voor om organismen te classificeren. Elk organisme wordt sindsdien aangeduid met twee formele namen. De eerste naam is generiek, zoals in *Homo*. De tweede naam is specifiek, zoals in *sapiens*. Organismen die tot hetzelfde geslacht (genus) behoren, hebben dezelfde generieke naam. De specifieke naam duidt vervolgens de soort aan. Beide namen worden altijd cursief geschreven, de geslachtsnaam met een hoofdletter, de soortnaam met een kleine letter. De binominale methode is een hiërarchisch systeem van classificatie: de kleine categorie van de

‘soort’ is ingebed in de bredere categorie van het ‘geslacht’. Het geslacht *Homo* omvat bijvoorbeeld de soorten *Homo sapiens*, *H. erectus* en *H. habilis* (wanneer het duidelijk is welk geslacht wordt bedoeld, mag de generieke naam worden afgekort tot een hoofdletter).

Linnaeus onderscheidde naast de ‘soort’ en het ‘geslacht’ nog bredere categorieën zoals orde, klasse, en rijk waarbij elke categorie weer is ingebed in de volgende, meer overkoepelende categorie. Soorten zijn ingebed in een geslacht, geslachten in een orde, orden in een klasse, en klassen ten slotte in een rijk. Linnaeus onderscheidde twee overkoepelende rijken, te weten planten (*Plantae*) en dieren (*Animalia*). Latere onderzoekers, waaronder de Duitse bioloog Ernst Haeckel, hebben deze indeling in rijken gaandeweg verder uitgebreid tot vijf, te weten: (1) Dieren, (2) Planten, (3) Fungi (schimmels, gisten, paddestoelen), (4) Protista (eencellige eukaryoten), en (5) Monera (prokaryoten). De toevoeging van de laatste twee rijken dateert van de twintigste eeuw. Men ontdekte namelijk dat er een fundamenteel verschil bestaat tussen eencellige organismen mét een celkern (*nucleus*), oftewel de eukaryoten (van het Griekse *eu* = goed, en *karyon* = kern) en eencelligen *zonder* zo’n kern, ofwel de prokaryoten. Onder het rijk van de prokaryoten vallen onder meer primitieve bacteriën en algen, beide behorend tot de vroegste levensvormen op aarde. Ook werden er in Linnaeus’ hiërarchie nog verdere onderverdelingen gemaakt zoals familie en fyllum. Elk rijk kan men zodoende onderverdelen in verschillende fyła, klassen, ordes, families, geslachten en soorten. Een voorbeeld van de taxonomie van drie verschillende soorten zien we in afbeelding 3.1.

Het hiërarchisch classificatiesysteem dat Linnaeus introduceerde en dat in de afgelopen tweehonderd jaar verder werd verfijnd, wordt tegenwoordig nog algemeen gebruikt. Toch doen zich nog steeds interessante ontwikkelingen voor in de taxonomie.

Het meest recent is de introductie van een categorie die nog boven het niveau van een rijk uitstijgt, te weten: het domein. Sommige hedendaagse biologen stellen dat alle levende wezens in drie domeinen kunnen worden onderverdeeld: de Archeabacteria (‘oude’ prokaryotische bacteriën), Eubacteria (‘moderne’ prokaryotische bacteriën) en de Eukaryota (alle eukaryotische organismen, dat wil zeggen microben, schimmels, planten en dieren). Deze nieuwe indeling is voor een groot deel gebaseerd op moleculair onderzoek. Op celniveau

Taxonomie van drie organismen

	Mens	Fruitvliegje	Eik
Rijk	Animalia	Animalia	Plantae
Fylum	Gewervelden	Geleedpotigen	Vaatplanten
Klasse	Zoogdieren	Insecten	Bedektzadigen
Orde	Primaten	Tweevleugeligen	Nootdragenden
Familie	Hominidae	Drosophilidae	Fagaceae
Geslacht	<i>Homo</i>	<i>Drosophila</i>	<i>Quercus</i>
Soort	<i>sapiens</i>	<i>melanogaster</i>	<i>robur</i>

Afbeelding 3.1: De taxonomie van de mens, het fruitvliegje en de eik.

blijken de Archeabacteria en de Eubacteria namelijk meer van elkaar te verschillen dan ze beiden verschillen van de Eukaryota.

HET BIOLOGISCHE-SOORTENCONCEPT

De belangrijkste ontwikkeling in de taxonomie, en de biologie in het algemeen, is zonder twijfel Darwins ontdekking geweest. Het hiërarchisch systeem dat Linnaeus uitstippelde werd door Darwin in een evolutionair perspectief geplaatst. De verwantschap tussen organismen is gebaseerd op afstamming. In principe zijn alle organismen aan elkaar verwant. Mensen, fruitvliegjes en eiken delen een gemeenschappelijke voorouder. Als we maar ver genoeg teruggaan in de tijd zullen de verschillende afstammingslijnen allemaal bij elkaar komen. De mate van verwantschap wordt bepaald door de tijd die sindsdien is verstreken en het aantal vertakkingen dat zich heeft voorgedaan. Darwins ontdekking bracht tevens met zich mee dat de *scala naturae*, de hiërarchische schepping, een dynamisch karakter kreeg. Soorten zijn niet eeuwig en statisch, maar temporeel en veranderlijk. In plaats van naar de essentie, de algemene vorm van een soort te zoeken, moeten we daarom de dynamiek van populaties bestuderen. Deze dynamiek bepaalt uiteindelijk ook welke verschillende wegen een soort kan inslaan, en daarmee zijn we terug bij onze aanvangsvraag: hoe ontstaat eigenlijk een nieuwe soort?

De hedendaagse visie op soortvorming is voornamelijk te danken aan de Duits-Amerikaanse bioloog en ornitholoog Ernst Mayr, één van de architecten van het neo-darwinisme (zie p. 37). Mayr, die op 3 februari 2005 op honderdjarige leeftijd overleed, was decennialang hoogleraar zoölogie aan de universiteit van Harvard. Na zijn emeritaat behield Mayr zijn kamer aan de universiteit, waar hij elke werkdag met de auto heen reed. Toen hij negenennegentig werd, vond zijn familie het echter welletjes en pakte hem zijn autosleutels af. Een jaar later was hij dood. Mayr was behalve een briljant bioloog ook de vader van het zogeheten biologische-soortenconcept (bsc). Mayrs bsc geeft een definitie van wat een biologische soort is. De omschrijving luidt als volgt:

Een soort is een groep van onderling kruisende natuurlijke populaties die reproductief geïsoleerd is van andere zulke groepen.

Met ‘kruisende populaties’ bedoelt Mayr dat de individuen waaruit een soort bestaat genen kunnen uitwisselen, hetzij daadwerkelijk, hetzij potentieel. Er moet sprake zijn van geregelde *gene flow*. Individen die tot dezelfde soort horen, kunnen in principe vruchtbaar nageslacht verwekken, individuen die tot verschillende soorten behoren, kunnen dat niet. Wanneer de *gene flow* stagneert, gaan de betrokken populaties een eigen leven leiden en kan een nieuwe soort ontstaan. Volgens Mayr is reproductieve isolatie de motor achter soortvorming.

Hoewel de individuen van een soort dus een gezamenlijk genen-reservoir (*gene pool*) delen, is het niet zo dat deze individuen allemaal hetzelfde zijn. Binnen elke soort bestaat een grote variatie aan kenmerken en eigenschappen. Vaak zijn deze kenmerken gebonden aan een bepaalde populatie binnen de soort in kwestie. Zo’n populatie die iets afwijkt van andere populaties binnen de soort noemen we een ras. De moderne mens, *Homo sapiens*, kunnen we bijvoorbeeld onderverdelen in Afrikanen (Negroïden), Europeanen (Kaukasiërs), Aziaten en Indianen (Mongloïden) en Papoea’s (Australoïden). We spreken echter van één soort omdat er sprake is van (potentiële) *gene flow*, de verschillende populaties hebben de mogelijkheid om genen uit te wisselen. De verschillen tussen de genoemde rassen zijn voor een deel het resultaat van geografische spreiding. Mensen die op of

in de buurt van de evenaar leven, zien er doorgaans anders uit dan mensen die dichterbij de polen leven. Het meest in het oog springend is het verschil in huidskleur. Een donkere huidskleur is een goede bescherming tegen de tropenzon. Maar de verschillen kunnen ook tot uiting komen in lichaamsbouw. In de evolutiebiologie spreekt men bijvoorbeeld over de regel van Bergmann: bij warmbloedige gewervelde dieren (en dus ook bij de mens) zijn rassen in een koeler klimaat vaak groter (in volume) dan rassen in warme streken. Een groter volume in een gedrongen vorm houdt de warmte beter vast. Gerelateerd hieraan is de regel van Allen: lichaamsdelen die uitsteken, zoals oren of een staart, zijn bij dieren in koude streken vaak korter of kleiner dan bij soortgelijke dieren in warme streken. In een koud klimaat zouden lange oren en een lange staart eerder bevriezen.

Overigens is de genetische variatie onder moderne mensen verrassend klein als we het vergelijken met verwante soorten zoals de mensapen. Wij mensen vertonen weliswaar verschillen in huidskleur en een beetje in lichaamsbouw, maar dat zijn slechts oppervlakkige verschillen die betrekkelijk recent zijn ontstaan. Het erfelijk materiaal van alle mensen is opvallend identiek. Wat is de verklaring hiervoor? De laatste jaren wordt hier druk over gespeculeerd. Een mogelijke verklaring voor de genetische homogeniteit is dat onze soort in het verleden door een zogeheten evolutionaire flessenhals (*bottleneck*) is gegaan. Een kleine honderdduizend jaar geleden heeft zich wellicht een ramp voorgedaan waardoor onze voorouders drastisch in aantal zijn geslonken. Schattingen gebaseerd op de huidige genetische variatie doen vermoeden dat de menselijke soort op het dieptepunt van de crisis (ongeveer tachtigduizend jaar geleden) uit niet veel meer dan enkele duizenden individuen bestond. Zeg maar de populatie van een dorp. Het heeft weinig of niks gescheeld of we waren helemaal weggevaagd. Door de decimering is veel van de oorspronkelijke variatie verdwenen: wij stammen allemaal af van die kleine groep overlevenden. Voor de ramp die hiervoor verantwoordelijk is geweest, bestaan verschillende scenario's. De slachting zou door een pandemie veroorzaakt kunnen zijn, of wellicht door een vulkanische mega-eruptie met mondiale gevolgen. Er zijn bijvoorbeeld aanwijzingen dat er rond de tijd van de crisis een gigantische uitbarsting plaatsvond in de Indonesische archipel. Dit laatste sce-

nario verklaart echter niet waarom andere soorten, zoals de mensapen, niet zijn gedecimeerd.

Hoe dan ook, gedurende de evolutie kunnen populaties en rassen door verschillende oorzaken verder van elkaar geïsoleerd raken, waardoor de *gene flow* met de moederpopulatie stagneert of helemaal ophoudt. Eén van die isolatiemechanismen hebben we al kort aangestipt: geografische isolatie. Als een populatie per ongeluk aan de andere kant van een bergkam of aan de andere kant van een brede rivier terechtkomt, kan de band met de moederpopulatie worden verbroken. De vinken van de Galápagos-eilanden zijn hier een mooi voorbeeld van (zie p. 20-21). Ooit zijn een paar vinken in een storm van het vasteland van Zuid-Amerika naar de archipel geblazen zodat er geen *gene flow* met de moederpopulatie meer mogelijk was. De vinken waren geografisch en genetisch geïsoleerd, en dit leidde tot een gescheiden evolutie. Na enkele tienduizenden jaren waren er nieuwe vinkensoorten ontstaan. Mayr noemt deze vorm van soortvorming ‘allopatrisch’ (van het Griekse *allos* = anders, en *patra* = vaderland). Speciatie door geografische scheiding is dus altijd per definitie allopatrisch: de populaties hebben een ander vaderland gekregen en evolueren daar tot nieuwe soorten. Volgens Mayr is allopatrische speciatie verreweg de belangrijkste wijze waarop nieuwe soorten kunnen ontstaan.

Een belangrijke rol bij allopatrische soortvorming is volgens Mayr weggelegd voor het fenomeen genetische drift (zie p. 36-37). Genetische drift betekent dat er toevalsschommelingen optreden in de frequentie waarin een bepaald gen voorkomt in een populatie. De paar vinken die de Galápagos-eilanden bereikten waren hoogstwaarschijnlijk geen representatieve steekproef uit de moederpopulatie. Bepaalde genetische variaties die in de moederpopulatie geen kans maakten, konden nu wel prominent naar voren treden. Recessieve (terugwijkende) eigenschappen die op het vasteland werden onderdrukt, kregen nu een kans. Dit is simpelweg een kwestie van kansrekening. Stel dat je een grote bak met duizend knikkers hebt, in tien verschillende kleuren. De kleuren stellen de oorspronkelijke variatie in de moederpopulatie voor. Als we blind vijf knikkers uit de bak nemen, is de kans aanzienlijk dat de steekproef slechts twee of drie verschillende kleuren oplevert. De vijf knikkers zijn geen natuurgetrouwe afspiegeling van de totale ‘populatie’ knikkers. In het

statistisch gunstigste geval levert de steekproef slechts de helft van het oorspronkelijke aantal kleuren op. Genetische drift kan de genetische opmaak van een kleine, afgescheiden populatie dus ingrijpend veranderen. Mayr noemt dit proces ook wel het *founder effect*, oftewel het pioniereffect. *Founders* zijn individuen die geografisch en genetisch geïsoleerd zijn geraakt en zo de pioniers van een nieuwe soort worden. In principe kan één enkel zwanger wijfje voldoende zijn om dit te bewerkstelligen.

EEN SOORTENZWERM IN HET VICTORIAMEER

Maar allopatrische soortvorming, speciatie door geografische isolatie, is niet het enige mechanisme waardoor nieuwe soorten kunnen ontstaan. Een tweede vorm van speciatie is sympatrische soortvorming (van het Griekse *sym* = hetzelfde, en *patra* = vaderland). Sympatrische soortvorming vindt plaats *binnen* de moederpopulatie in hetzelfde gebied. De uitwisseling van genen tussen de moederpopulatie en een subgroep kan hier stagneren door de invloed van natuurlijke en seksuele selectie. Een voorbeeld is het uitwaaieren van cichlidensoorten in de Oost-Afrikaanse meren. De cichliden behoren tot de vissenfamilie Cichlidae: kleine, baarsachtige visjes die ook in menig aquarium zijn te bewonderen. De soortvorming bij de cichliden is vergelijkbaar met die van de darwinvinken, maar dan op veel grotere schaal. In het Victoriameer alleen al zijn binnen een tijdsbestek van twaalfduizend jaar meer dan vijfhonderd nieuwe soorten ontstaan. Men spreekt daarom met recht over een soortenzwerm.

De gangbare visie was dat het uitwaaieren van de vissen als een klassiek voorbeeld van allopatrische soortvorming moet worden gezien. De soorten waren waarschijnlijk elders ontstaan en vervolgens via rivieren in het meer terecht gekomen. Daarnaast zou ook het fluctueren van de waterspiegel allopatrie in de hand hebben gewerkt. Bij een geleidelijke daling van het waterniveau zouden er vele baaien en randmeertjes zijn ontstaan waarin kleine populaties genetisch geïsoleerd raakten. Bij een daaropvolgende stijging van de waterspiegel, enige duizenden jaren later, zouden de dochterpopulaties dermate verschillen van de moederpopulatie dat er geen *gene flow* meer plaatsvond. Herhaal zo'n proces enige tientallen keren en je hebt een soortenzwerm. Deze gangbare visie ligt echter steeds meer onder vuur.

Het uitzwermen van de cichliden is waarschijnlijk eerder een voorbeeld van sympatrische soortvorming. Uit genetisch onderzoek blijkt bijvoorbeeld dat de soorten allemaal nauw verwant zijn en stuk voor stuk in het meer zijn ontstaan. Geologisch onderzoek toont bovendien aan dat de theorie van de fluctuerende waterspiegel geen hout snijdt. Het Victoriameer is niet oud genoeg om de vele, langdurige schommelingen mogelijk te maken. Tot voor kort meende men dat het meer op zijn minst een half miljoen jaar oud was en dat de bulk van de watermassa gedurende die tijd goeddeels intact is gebleven. Recent onderzoek wijst in een heel andere richting. Het Victoriameer heeft verscheidende malen volledig droog gestaan, de laatste keer slechts een kleine dertienduizend jaar geleden. De vele honderden cichlidensoorten zijn dus binnen dat tijdsbestek en op sympatrische wijze ontstaan, dat wil zeggen, binnen één en hetzelfde ecosysteem. Hoe is dit mogelijk?

Adaptieve radiatie is één mogelijk scenario voor de uitwaaiering van de cichliden. Door voedselconcurrentie werden de vissen gedwongen om verschillende ecologische niches van het meer te verkennen. Gaandeweg zouden de populaties zich door natuurlijke selectie aan de verschillende omstandigheden hebben aangepast. Er zijn bijvoorbeeld soorten die gespecialiseerd zijn in het schrapen van algen, andere zijn volleerde slakkenkrakers, insecteneters of modderhappers, en weer andere zijn geduchte schubbeneters of pedofagen (kindereters), enzovoort. Maar mogelijk heeft ook seksuele selectie, met name de seksuele voorkeur van de wijfjes (*female choice*), een belangrijke rol gespeeld bij het ontstaan van de soortenzwerm. Een mannetje kan bijvoorbeeld door een mutatie of door een toevallige herschikking van genen een ander kleur- of vlekkenpatroon krijgen of iets ander baltsgedrag vertonen. Als er vrouwtjes zijn die hierdoor worden aangetrokken, zal zowel de eigenschap van het mannetje als de voorkeur van het vrouwtje aan een nieuwe generatie worden overgedragen. Bij een dergelijk proces slaat de evolutie op hol (zie p. 51). De *gene flow* met de moederpopulatie wordt doorsneden waardoor binnen een betrekkelijk korte tijdsspanne een nieuwe soort kan ontstaan. De aanwijzingen dat seksuele selectie de motor achter sympatrische soortvorming zou kunnen zijn worden kortom steeds sterker.

Het succesverhaal van de cichliden in het Victoriameer heeft

echter ook een schaduwkant. In de jaren vijftig van de vorige eeuw werden er nijlbaarzen in het meer uitgezet ten behoeve van de visserij. De nijlbaarzen, die oorspronkelijk niet in het meer voorkwamen, zijn kolossale roofvissen die anderhalve meter lang kunnen worden met een gewicht van vijfenzeventig kilo. De gevolgen waren desastreus: de nijlbaarzen floreerden weliswaar, maar dit ging grotendeels ten koste van de endemische fauna van het meer. Met name onder de cichliden werd een ware slachting aangericht. Het ecosysteem stortte na enkele tientallen jaren volledig in elkaar. Dit is zeer betreurenswaardig omdat het Victoriameer als een reusachtige en unieke evolutionaire kweekvijver moet worden beschouwd. De Nederlandse bioloog en schrijver Tijs Goldschmidt heeft hier in zijn boek *Darwins hofvijver* indringend over geschreven. Het drama toont onverholoos aan hoe kwetsbaar ecosystemen zijn en hoe menselijk ingrijpen de biodiversiteit aantast.

ISOLATIEMECHANISMEN IN SYMPATRISCHE POPULATIES

Evolutiebiologen van de oude stempel, waaronder Mayr zelf, meenden dat allopatrische soortvorming, speciatie door middel van geografische scheiding, het belangrijkste mechanisme is waardoor nieuwe soorten kunnen ontstaan. Sympatrische soortvorming, speciatie binnen één en dezelfde habitat, zou veel zeldzamer zijn. Veel hedendaagse biologen denken hier anders over. Sympatrische soortvorming komt waarschijnlijk net zo vaak voor als allopatrische soortvorming, of zelfs vaker. Sympatrische speciatie is vaak wel wat ingewikkelder dan allopatrische speciatie omdat de stagnatie van de *gene flow* op iets anders gebaseerd moet zijn dan puur geografische isolatie. Wat zijn de isolatiemechanismen en reproductieve barrières bij sympatrische soortvorming? Hoe kan het dat verschillende potentieel kruisbare ondersoorten binnen een moederpopulatie toch geïsoleerd blijven?

In zijn boek *Animal species and evolution* uit 1963 bespreekt Mayr verschillende mechanismen die de genetische isolatie van sympatrische populaties in de hand kunnen werken. Mayr onderscheidt twee categorieën van dergelijke reproductieve barrières, te weten: (1) isolatiemechanismen die een potentieel succesvolle paring of bestuiving *verbinderen* (ofwel *pre mating isolation*), en (2) isolatiemechanismen die *na* de paring of bestuiving optreden (ofwel *post mating*

isolation). Vervolgens verdeelt Mayr deze twee categorieën in verschillende subklassen. Bij isolatiemechanismen die een potentiële paring simpelweg verhinderen, kan men bijvoorbeeld denken aan seizoens- of gebiedsgebonden isolatie, waarbij de potentiële seksuele partners elkaar mislopen omdat ze vruchtbaar zijn in verschillende seizoenen, of omdat ze verschillende ecologische zones binnen de moederpopulatie bevolken. Een ander isolatiemechanisme is gedragsmatige of seksuele isolatie, waarbij twee nauw verwante en potentieel kruisbare ondersoorten in hetzelfde gebied voorkomen, maar de paring wordt verhinderd omdat hun baltsgedrag of hun seksuele gedrag te verschillend is. Bij de cichliden in het Victoria-meer heeft seksuele selectie tot zulke verschillen, en uiteindelijk tot nieuwe soorten, geleid.

Bij isolatiemechanismen die *na* een succesvolle paring of bestuiving kunnen optreden, kunnen we volgens Mayr denken aan twee of meer populaties die reproductief al zo ver uitelkaar zijn gegroeid dat ze geen levensvatbare nakomelingen meer kunnen produceren. Dit kan bijvoorbeeld gebeuren doordat de gameten (eicellen of zaadcellen) na de copulatie worden vernietigd, waardoor de paring niet in een bevruchte eicel (zygote) resulteert. Een andere mogelijkheid is dat de eicel wordt bevrucht (er ontstaat een zygote), maar dat deze zich niet verder ontwikkelt. Nog een andere mogelijkheid is dat er een levensvatbare hybride (een bastaard, ofwel een nakomeling van genetisch ongelijke ouders) ontstaat, maar dat het individu niet in staat is om zich te reproduceren, bijvoorbeeld omdat het steriel is. De onvruchtbaarheid wordt veroorzaakt doordat er geen succesvolle productie van gameten plaatsvindt. De bekendste voorbeelden van steriele, maar anderszins zeer vitale, hybriden zijn de muilezel (kruising van een hengst en een ezelin) en het muilnier (kruising van een ezel en een merrie).

Zoals gezegd wilde Mayr zelf weinig van sympatrische soortvorming weten. Volgens hem is allopatrie verreweg het belangrijkste mechanisme achter speciatie. Als nestor van de moderne evolutiebiologie heeft Mayr een enorme invloed uitgeoefend op vele generaties van toegewijde onderzoekers. Hierdoor is sympatrische soortvorming lange tijd een ondergeschoven kindje gebleven. Tegenwoordig is het tij echter langzaam aan het keren. Het voorbeeld van de cichliden in de Oost-Afrikaanse meren toont aan dat sym-

patrische soortvorming niet zo uitzonderlijk is als velen lange tijd hebben gedacht.

PROBLEMEN MET HET BIOLOGISCHE-SOORTENCONCEPT

Tot dusver lijkt de theorievorming over wat soorten zijn en hoe nieuwe soorten kunnen ontstaan weinig problemen op te leveren. Maar planten en dieren gedragen zich niet altijd zoals de hand- en leerboeken ons willen doen geloven. De natuur laat zich niet altijd in het keurslijf van onze concepten en categorieën dwingen. De problemen zijn dan ook legio, alleen al met betrekking tot Mayrs definitie van wat een soort is. Laten we nog eens naar zijn omschrijving kijken:

Een soort is een groep van onderling kruisende natuurlijke populaties die reproductief geïsoleerd is van andere zulke groepen.

De meest in het oog springende omissie is wel dat Mayrs definitie alleen betrekking heeft op organismen die zich geslachtelijk voortplanten. De reden waarom de individuen in een populatie tot dezelfde soort behoren, is immers de aanwezigheid van *gene flow*, de uitwisseling van genen. Dit gebeurt alleen bij soorten die zich seksueel reproduceren. Maar er zijn ook talloze planten en dieren die zich *aseksueel* voortplanten, bijvoorbeeld door zich te klonen. Als we Mayrs definitie strikt hanteren, behoren deze organismen dus niet tot een of andere soort. Dit is natuurlijk een gebrek, want zich asexueel reproducerende organismen vormen net zulke herkenbare groepen als organismen die zich seksueel voortplanten.

Een heel bekend organisme dat zich asexueel voortplant, is elke zomer in alle tuinen, parken en weilanden van Nederland te vinden. We hebben het allemaal wel eens in handen gehad, namelijk de paardenbloem (*Leontodon taraxacum*). Paardenbloemen hebben onvruchtbaar stuifmeel en de (diploïde) eicellen ontwikkelen zich tot zaden zonder dat er bevruchting aan te pas komt. De planten maken in feite klonen van zichzelf. De technische term hiervoor is parthenogenese, ofwel maagdelijke voortplanting (van het Griekse *parthenos* = maagd, en *genese* = wording). Waarschijnlijk is de paardenbloem geëvolueerd uit voorouderplanten die zich wel netjes aan

de regels hielden. Daarom vormen organismen die zich asexueel reproduceren ook herkenbare groepen. Maar hoe herkenbaar ook, volgens Mayrs definitie is de paardenbloem geen soort. Parthenogenese doet zich overigens ook voor bij dieren, bijvoorbeeld bij wandelende takken en bladluizen.

Een tweede probleem met betrekking tot Mayrs bsc is dat hybridisatie veel meer voorkomt dan in de handboeken wordt gesuggereerd. Vaak zijn deze hybriden levensvatbaar en ook vruchtbaar. Dit betekent dat de twee soorten waartoe de ouders van de bastaard behoren eigenlijk geen twee verschillende (onder)soorten zijn, maar gewoon één soort. Met name in een vroeg stadium van speciatie kunnen regelmatig vruchtbare hybriden opduiken. Vooral planten blijken zich dan weinig van reproductieve barrières aan te trekken. Een ander illustratief voorbeeld van hybridisatie zijn opnieuw de vinken van de Galápagos-eilanden. Deze dertien verschillende soorten zijn met veel moeite in het raamwerk van het bsc geperst, maar strikt genomen zijn het helemaal geen verschillende soorten omdat hybridisatie voorkomt en de bastaardvinken vruchtbaar zijn. De genetische afstand is gewoon nog te klein om van volwaardige soorten te kunnen spreken. Het proces van speciatie is nog in volle gang.

Een derde en laatste probleem met betrekking tot het bsc is gerelateerd aan het vorige. De reproductieve isolatie die vereist is om van een soort te kunnen spreken, voltrekt zich gradueel. Evolutie is nu eenmaal een geleidelijk en vloeiend proces. Er is daarom geen precies punt aan te wijzen waarop twee zich splitsende populaties plotseling het stadium van volwaardige, afzonderlijke soorten bereiken. De darwinvinken tonen dit aan: zijn het al verschillende soorten, of nog net niet? Dit is feitelijk een arbitraire vraag, het ligt er maar aan welke criteria we hanteren. Eisen we volledige reproductieve isolatie als maatstaf, of mag er zo nu en dan een levenslustige en vruchtbare bastaard opduiken? Kijken we naar soorten in een vloeiend, evolutionair perspectief, of maken we een 'bevroren' momentopname? Om de tijdsdimensie van de evolutie te benadrukken, introduceerde de paleontoloog G.G. Simpson, een andere architect van het neo-darwinisme (zie p. 37), in het midden van de vorige eeuw het zogeheten evolutionaire-soortenconcept (esc). Een recente variant van het esc luidt als volgt:

Een evolutionaire soort is een op zichzelf staande afstammingslijn van populaties die zijn identiteit bewaart ten opzichte van andere zulke lijnen en een eigen evolutionaire geschiedenis bezit.

Mayrs bsc heeft betrekking op een korte, 'horizontale' momentopname van speciatie. Simpsons esc daarentegen benadrukt de evolutionaire, 'verticale' dimensie van de tijd. Wat bepaalde organismen tot een soort maakt, is in de eerste plaats hun gemeenschappelijke afkomst: ze behoren tot en komen voort uit dezelfde genealogische keten.

Wij mensen hechten aan strikte indelingen, patronen en definities. Dit hokjesdenken is begrijpelijk, maar de natuur laat zich niet altijd in onze sjablonen dwingen. De problemen die zich voordoen bij de definitie van wat een 'soort' is, komen we in een of andere vorm ook tegen bij de hogere taxa, zoals 'geslacht', 'familie', 'orde' en 'rijk'. Sommige biologen suggereren bijvoorbeeld dat het geslacht *Homo* niet alleen de moderne mens en zijn directe voorouders zou moeten omvatten, maar ook de mensapen, dat wil zeggen de chimpansee, bonobo, gorilla en orang-oetan. Dit is opnieuw een kwestie van welke maatstaven we hanteren: gaan we op zoek naar brede verbanden en algemene patronen, of kijken we juist naar de fijnere details? We hebben eerder in dit hoofdstuk gezien dat we de natuur op verschillende manieren kunnen indelen. Dat wil echter niet zeggen dat elke classificatie even goed of waardevol is. Sinds Aristoteles, Linnaeus en Darwin hebben we aanzienlijke vooruitgang geboekt. Dankzij de voortschrijdende wetenschap kunnen we steeds beter inzoomen op de vele facetten van het leven op onze planeet. Mayrs biologische-soortenconcept en zijn theorieën over speciatie zijn nog altijd zeer waardevol. Alleen zullen hedendaagse biologen Mayrs definities en theorieën niet meer zo rigide hanteren.

HOOPVOLLE MONSTERS

In de voorgaande sectie werd gesteld dat evolutie een geleidelijk, graadueel proces is. Darwin zelf was deze mening ook toegedaan. Een gevleugelde uitspraak van Linnaeus: *natura non facit saltus*, ofwel, de natuur maakt geen sprongen, was een van Darwins lijfspreuken. Evolutionair gezien is speciatie een kwestie van een vloei-

ende overgang van de ene naar de andere soort. Toch duiken er om de zoveel tijd biologen op die beweren dat evolutie juist sprongsgewijs plaatsvindt. Deze visie op evolutie noemt men daarom ook wel saltationisme. Saltationisme staat tegenover gradualisme, het uitgangspunt dat Darwin zijn leven lang hanteerde. T.H. Huxley bekritiseerde zijn goede vriend al om zijn gehechtheid aan het adagium van Linnaeus. Huxley kon zich niet voorstellen dat de diversiteit van het leven door kleine, geleidelijke stapjes was ontstaan.

Een andere bioloog die een vorm van sprongsgewijze evolutie verdedigde, was de getalenteerde geneticus Richard Goldschmidt. In de jaren dertig van de vorige eeuw ontvluchtte Goldschmidt het nazisme in Duitsland en kwam hij in Amerika terecht. Daar maakte hij indruk met zijn theorie over sprongsgewijze evolutie. Goldschmidt stelde dat soorten niet in een graduëel proces van reproductieve isolatie ontstaan, maar in één klap door een zogeheten macromutatie. Een macromutatie (letterlijk: grote verandering) levert vaak een *freak of nature* op, oftewel een gedrocht. Denk bijvoorbeeld aan een dier met twee koppen of vijf poten. Goldschmidt bedacht de naam 'hoopvolle monsters' voor deze schepsels. Hoopvolle monsters hoefden volgens hem namelijk niet per se misbaksels te zijn: bij een drastische verandering van de omgeving zouden sommige gedrochten wel eens een groot voordeel kunnen hebben. Enkele monsters zouden dan aan de wieg van een geheel nieuwe soort kunnen staan. Mayr was overigens *not amused*. Hij kwalificeerde Goldschmidts macromutaties als *bopeloze* monsters. Immers, hoe zou zo'n gedrocht ooit een partner kunnen vinden? Zoals zo vaak deed Mayrs invloed zich gelden. Tegenwoordig is er vrijwel niemand meer die Goldschmidts theorie nog onderschrijft.

Toch was Goldschmidt zijn tijd in zekere zin ver vooruit, want hij stelde dat met name mutaties in elementaire 'regelgenen' verantwoordelijk waren voor een grondige wijziging in het bouwplan van organismen. Deze hypothetische regelgenen, die de ontwikkeling van het embryo sturen, werden pas in de jaren tachtig van de vorige eeuw ontdekt. Tegenwoordig worden deze genen 'homeobox-genen' en 'hox-genen' genoemd. Dergelijke regelgenen zijn essentieel voor een goed verloop van de embryonale ontwikkeling. Ze verdelen het embryo allereerst in verschillende segmenten, zoals kop, middenstuk en staart. Vervolgens produceren ze signaaleiwitten die de cel-



Afbeelding 3.2: Een voorbeeld van een macromutatie. Deze levende pad werd aangetroffen in een Canadese tuin. Het dier heeft twee ogen in zijn bek in plaats van op zijn kop.

len in het zich ontwikkelende embryo informeren over hun positie in het lichaam. Dat bepaalt tot welk weefseltype en tot welke vorm de cellen moeten uitgroeien. De regelgenen bepalen dus of een cel moet uitgroeien tot een hersencel, een levercel, of dat een weefsel zich moet ontwikkelen tot een kop, een staart, een voor- of achterpoot, enzovoort. Homeobox-genen en hox-genen zijn oeroud: ze zijn al zeer vroeg in de dierlijke evolutie ontstaan en we vinden ze terug in alle gewervelde dieren (zoogdieren, vogels, vissen, reptielen en amfibieën), maar ook bij insecten. Opnieuw een krachtig bewijs voor de evolutie en de gemeenschappelijke oorsprong van al het leven. Het meest wonderlijk is wel dat de regelgenen inwisselbaar zijn. De regelgenen die bij een menselijk embryo voor de ontwikkeling van ogen zorgen, kan men inbrengen bij een muizenembryo of een vliegenlarve. In een vlieg zullen de genen dan perfecte facetogen produceren.

Bij insecten zoals het fruitvliegje is de laatste tien jaar veel geëx-

perimenteerd met hox-genen. Het blijkt dat de genen het insect in acht verschillende segmenten verdelen. Als men de genen minimaal verandert, leidt dat in het embryo en het volwassen organisme tot grote veranderingen. Het insect ontwikkelt bijvoorbeeld twee paar vleugels, of een paar extra poten die uit zijn kop groeien. Een kleine natuurlijke mutatie in het hox-gen kan zo tot een macromutatie in het embryo en het fenotype leiden. Goldschmidts ideeën zijn echter nooit aangeslagen, onder andere door toedoen van Mayr. Verreweg de meeste hedendaagse biologen zijn, net als Mayr en Darwin, gradualisten. En met recht, want de evolutie maakt zelden of nooit grote, plotselinge sprongen naar een geheel nieuwe afstammingslijn. Hoe meer fossielen er worden ontdekt, des te meer blijkt dat evolutie geleidelijk verloopt. Natuurlijk duiken er zo nu en dan macromutaties en gedrochten op, maar deze zijn bijna altijd minder succesvol dan bestaande organismen. Ze gaan vroeg dood of reproduceren zich niet. Macromutaties zijn vrijwel altijd inferieur aan een reeds beproefd ontwerp omdat bestaande organismen vaak op of dicht tegen een fitnessoptimum aanzitten. Het ontwerp van bestaande organismen is door natuurlijke selectie vaak haarfijn afgestemd op een bepaalde omgeving waardoor elke grote verandering in ontwerp deze afstemming onmiddellijk teniet doet. Een grote verandering is in de regel een verslechtering. Hoopvolle monsters zijn daarom vrijwel altijd gedoemd te mislukken.

Een milde variant van Goldschmidts saltationisme is de theorie van *punctuated equilibrium*, ofwel onderbroken evenwicht. Begin jaren zeventig van de vorige eeuw stelden de paleontoloog Niles Eldredge en de tegendraadse evolutiebioloog Stephen J. Gould dat het onderzoek naar fossielen de geleidelijke overgang van de ene naar de andere soort niet ondersteunt. Als we het fossielenbestand nauwkeurig bestuderen, zien we overal gaten en sprongsgewijze veranderingen, aldus Eldredge en Gould. Graduele evolutie kan deze sprongen niet maken en dus moet er iets verkeerd zijn aan Darwins oorspronkelijke idee van gradualisme. De gedachte van Eldredge en Gould is dat evolutie met horten en stoten gebeurt. Lange perioden waarin hoegenaamd niets gebeurt (*stasis*), worden onderbroken door korte episoden waarin grote evolutionaire veranderingen optreden, zoals het ontstaan van nieuwe soorten. Dit zou volgens Eldredge en Gould binnen enkele generaties kunnen gebeuren. Wat het pre-

cieze mechanisme achter deze plotselinge soortvorming is, konden Eldredge en Gould echter niet zeggen. Mogelijk heeft het iets met massa-extincties te maken, waarbij de overgebleven organismen de kans krijgen om de lege ecologische nissen in te nemen. Maar ook de theorie van Eldredge en Gould is langzaam doodgebloed. Het vermeende schoksgewijze (*jerky*) patroon dat zij in het fossielenbestand meenden te ontwaren, wordt tegenwoordig anders uitgelegd. Het *lijkt* wellicht alsof soorten in het verleden soms met horten en stoten zijn ontstaan, maar dit is gezichtsbedrog. De illusie wordt veroorzaakt doordat onze paleontologische kennis onvolledig is. Als we alle fossielen in alle aardlagen ter wereld zouden kennen, zou het schoksgewijze patroon verdwijnen en zouden we een mooie, geleidelijke overgang van de ene naar de andere soort kunnen reconstrueren.

De meeste hedendaagse evolutiebiologen zijn, zoals gezegd, gradualisten. Maar zij erkennen, net als Darwin, dat evolutie niet altijd in precies hetzelfde trage tempo hoeft plaats te vinden. Sommige organismen evolueren sowieso sneller dan andere. Dit heeft voor een deel met het verschil in generatietijd te maken. Bacteriën evolueren veel sneller dan olifanten of mensen. Bij bacteriën volgen de generaties elkaar veel sneller op. Ook kan de evolutie versnellen omdat een bepaalde populatie relatief klein is waardoor sommige variaties eerder een kans krijgen dan in een grote populatie. Genetische drift en het effect van een evolutionaire flessenhals doen zich dan gelden. Kortom, het tempo van evolutie is relatief. Gradualisme staat toe dat evolutie soms wat sneller en dan weer wat langzamer verloopt. Maar in de regel moeten er altijd (fossiele) tussenvormen te vinden zijn die de geleidelijke overgang van de ene naar de andere soort laten zien.

4

Evolutie van de mens

ONTWIKKELINGEN IN DE PALEOANTROPOLOGIE

In het vorige hoofdstuk kwam naar voren dat de levende natuur in principe op verschillende manieren kan worden ingedeeld. De ordening die we aanbrengen, hangt voor een deel van onze interesses af en van welke concepten en maatstaven we hanteren. Hierdoor zou de indruk kunnen ontstaan dat deze indelingen altijd arbitrair zijn. Dat is echter niet het geval. Onze kennis van de oorsprong en de ontwikkeling van het leven op aarde is de afgelopen honderd jaar spectaculair gegroeid. We begrijpen steeds beter hoe het leven in ontelbare geledingen is vertakt en hoe de huidige biodiversiteit tot stand is gekomen. Huidige taxonomieën zijn niet langer op de uiterlijke kenmerken van organismen (morfologie) gebaseerd, maar op hun fylogenetische verwantschap. Organismen die uit dezelfde evolutionaire tak voortkomen, zijn aan elkaar verwant en horen bij elkaar, ook al kunnen hun uiterlijke verschijningsvormen danig verschillen. Omgekeerd, organismen die ondanks hun oppervlakkige gelijkenis niet uit dezelfde evolutionaire tak voortkomen, behoren taxonomisch gezien niet tot dezelfde groep. De spectaculaire groei van kennis doet zich ook voor bij de wetenschap die de oorsprong en evolutie van de mens onderzoekt, de paleoantropologie (van het Griekse *palaios* = oud, *anthrōpos* = mens). Een eeuw geleden was de oorsprong en evolutie van de mens nog in dichte nevelen gehuld. Binnen het tijdsbestek van enkele generaties hebben we echter een fascinerend inzicht gekregen in de evolutionaire stamboom van de mens. Dit inzicht is vooral te danken aan de noeste arbeid van onderzoekers die naar fossiele overblijfselen speuren en hypothesen

opstellen over de evolutie van de mens.

Het beeld van de menselijke evolutie dat voor ons oprijst, is nog lang niet scherp. Vergelijk het met een grote legpuzzel waarvan de contouren zich langzaam beginnen af te tekenen. Het beeld wordt echter steeds duidelijker, want in de afgelopen decennia zijn er veel belangrijke fossiele resten van vroege mensachtigen gevonden. Ook kunnen we de ouderdom van deze fossielen tegenwoordig vrij precies inschatten, onder meer door naar de geologische aardlagen te kijken waarin ze zijn gevonden, en door verschillende dateringstechnieken. Eén van die technieken betreft de zogeheten koolstofdatering. Koolstof is een natuurlijk element dat in alle organische verbindingen voorkomt en twee samenstellingen (isotopen) kent, te weten koolstof-12 en koolstof-14. Koolstof-14 heeft de eigenschap dat het zwak radioactief is en langzaam vervalt tot stikstof. Met speciale apparaten kan men zodoende de hoeveelheid koolstofatomen in een fossiel tellen en dit levert een indicatie van de ouderdom op. Als het fossiel (of een ander organisch object) veel koolstof bevat, is het relatief jong, terwijl een geringe hoeveelheid koolstof op een hoge ouderdom wijst. Koolstofdatering is echter niet geschikt voor objecten die meer dan vijftigduizend jaar oud zijn omdat de isotoop dan geheel tot stikstof is vervallen. Voor oudere objecten en fossielen gebruikt men daarom een dateringstechniek die op de elementen kalium en argon is gebaseerd. Het principe is grotendeels gelijk aan de koolstofdatering, het enige verschil is dat de vervalsnelheid van de radioactieve isotoop kalium-40 veel trager is dan die van koolstof-14. Het duurt miljoenen jaren voordat de isotoop geheel tot argon is vervallen. Men kan dus de ouderdom van fossielen bepalen door de hoeveelheid argongas van gesteenten en afzettingen te meten waarin de objecten zijn ontdekt. Bij beide technieken hanteert men een foutmarge van ongeveer vijf tot tien procent. Recentelijk heeft men overigens nog meer verfijnde technieken ontwikkeld waardoor de ouderdom van een object op verschillende manieren kan worden bepaald en de onzekerheidsmarge verder daalt.

In vroeger dagen moest men het zonder deze handige hulpmiddelen doen en werden deskundigen regelmatig op het verkeerde been gezet, zoals blijkt uit het volgende beroemde geval. In 1912 werd in een grindgroeve nabij het Engelse plaatsje Piltdown Common in Sussex een ogenschijnlijk sensationele vondst gedaan: enkele goed

bewaard gebleven schedel- en kaakfragmenten van een uitgestorven mensachtige. Het nieuws haalde de voorpagina's van alle kranten en de voorouder werd al gauw de Piltdownmens gedoopt. De fossielen vertoonden precies de eigenschappen die men in die tijd verwachtte van de voorloper van de moderne mens, namelijk een grote, moderne schedel (met corresponderend hersenvolume), gecombineerd met primitieve, aapachtige kaken en forse hoektanden. De gedachte was dat mensachtigen zich van aapmensen onderscheidden door hun grote brein. Pas in 1953, toen de 'vindsters' al waren overleden, ontdekte een tandtechnicus dat er bedrog in het spel was. Het bleek om een combinatie van een opzettelijk verweerde schedel van een hedendaagse mens en de kaak van een orang-oetan te gaan. Iedereen, inclusief de wetenschappelijke wereld, was er ingestonken. Sindsdien zijn onderzoekers een stuk voorzichtiger geworden. Het bedrog bevestigde immers het vooroordeel dat paleontologen allerlei voorin genomen ideeën hebben over onze verre voorouders.

PRIMATEN EN HOMINIDEN

De hedendaagse mens, zijn uitgestorven voorouders, en de hedendaagse mensapen, apen en halfapen behoren tot de orde der Primaten. De term 'primaat' is afkomstig van Linnaeus en betekent letterlijk 'eerste in rang'. Karakteristieke kenmerken van primaten zijn onder meer een relatief groot brein, vijfvingerige handen met een opponeerbare duim en/of teen (grijphanden en -voeten), platte nagels in plaats van klauwen, ogen die recht vooruit kijken en een relatief lange zwangerschap. Primaten hebben doorgaans maar één jong tegelijk dat lang afhankelijk blijft van de ouderlijke zorg. Van de honderdtachtig nu nog voorkomende soorten primaten zijn verreweg de meeste boombewoners. De grijphanden (en -voeten) en het stereoscopische gezichtsvermogen zijn duidelijke aanpassingen aan een boomrijke omgeving. Om van tak tot tak te kunnen springen of slingeren, zijn een goede inschatting van de afstand en een stevige grip noodzakelijk. Primaten stammen af van kleine insectenetende boombewoners die overwegend 's nachts actief waren. De vroegste primaten dateren waarschijnlijk uit het laat-Paleoceen, ongeveer zestig miljoen jaar geleden. Rond diezelfde tijd, ongeveer vijfenzeftig miljoen jaar geleden, waren de dinosauriërs plotseling van het toneel

verdwenen, waarschijnlijk door toedoen van een reusachtige meteorietinslag bij het huidige schiereiland Yucatán in Mexico. Hierdoor kregen de primaten en andere zoogdieren vrij spel. De ecologische nissen die de dinosauriërs hadden achtergelaten, werden al spoedig door zoogdieren ingenomen. Een dergelijk verschijnsel, zo hebben we eerder gezien, wordt door biologen aangeduid met de term 'adaptive radiatie'. Het relatief grote primatenbrein is mogelijk ontstaan om een soepele, gecoördineerde voortbeweging in de bomen mogelijk te maken, om insecten te vangen en roofdieren te ontvluchten. Daarnaast zijn er sterke aanwijzingen dat een toenemende sociale structuur de groei van de hersenen heeft bespoedigd. Overigens hebben bijna alle primaten een harige vacht. De enige uitzondering hierop is de mens, een reden voor de zoöloog Desmond Morris om onze soort als de 'naakte aap' te betitelen.

Binnen de orde der primaten kan men vervolgens een specifiekere indeling maken in verschillende families, geslachten en soorten. Hedendaagse mensen en de uitgestorven aapmensen behoren bijvoorbeeld tot de familie der hominiden (mensachtigen). Binnen de familie der hominiden worden twee geslachten onderscheiden: het uitgestorven geslacht *Australopithecus* (letterlijk: 'zuidelijke aap') en het geslacht *Homo*. Deze twee geslachten worden vervolgens weer ingedeeld in verschillende soorten (afb. 4.1).

Soms worden de *Australopithecini* iets anders ingedeeld, namelijk in twee geslachten: *Australopithecus* en *Paranthropus* ('bijna-mens'). De naam *Paranthropus* wordt in die indeling gereserveerd voor de 'robuuste' tak van deze hominiden met als vertegenwoordigers *A. aethiopicus*, *A. robustus* en *A. boisei*. De meer graciele (slanke en lichtgebouwde) *A. africanus* en *A. afarensis* worden dan tot de 'echte' *Australopithecini* gerekend. In dit hoofdstuk wordt uitgegaan van de gangbare indeling in één geslacht, *Australopithecus*, waarin dan een graciele en een robuuste vorm is te onderscheiden.

DE EERSTE MENSACHTIGEN

De *Australopithecini* zijn allemaal uitgestorven. Wij kennen ze alleen van, meest fragmentarische, fossiele resten. Deze fossielen zijn allemaal in Afrika gevonden. De *Australopithecini* leefden van ongeveer viereenhalf miljoen jaar tot anderhalf miljoen jaar geleden. De

Familie der hominiden (mensachtigen)

Twee geslachten: *Australopithecus* en *Homo*

<i>Australopithecus</i>	<i>Homo</i>
<i>A. anamensis</i>	<i>H. habilis</i>
<i>A. afarensis</i>	<i>H. rudolfensis</i>
<i>A. africanus</i>	<i>H. ergaster</i>
<i>A. aethiopicus</i>	<i>H. erectus</i>
<i>A. robustus</i>	<i>H. heidelbergensis</i>
<i>A. boisei</i>	<i>H. neanderthalensis</i>
	<i>H. sapiens</i>

Afbeelding 4.1: De twee geslachten van de familie der hominiden.

eerste overblijfselen van een *Australopithecus* werden in 1924 in Zuid-Afrika ontdekt door de paleontoloog Raymond Dart. Het fossiel betreft de schedel van een kind en staat bekend als het Taung-kind (Taung ligt bij Kimberley in Zuid-Afrika). Het specimen bleek ruim twee miljoen jaar oud. Wat opvalt aan de kleine schedel is dat deze zowel aapachtige als mensachtige eigenschappen vertoont. Zo is de herseninhoud van deze hominide nog vrij klein en vergelijkbaar met die van hedendaagse mensapen, terwijl het platte gelaat en het gebit meer aan moderne mensen doen denken. De nieuw ontdekte soort werd door Dart *Australopithecus africanus* gedoopt (afb. 4.2).

In de jaren veertig van de vorige eeuw kwamen meer overblijfselen van deze soort aan het licht. Het waren belangrijke aanwijzingen dat de wieg van de mens in Afrika gestaan moet hebben. In de eerste helft van de twintigste eeuw waren veel paleontologen, waaronder de Nederlander Eugène Dubois, nog van mening dat de oorsprong van de mens in Azië was gelegen. Deze hypothese bleek bij nader inzien onjuist.

Ondertussen waren er in Zuid- en Oost-Afrika ook overblijfselen gevonden van een andere *Australopithecus*-soort. De nieuw ontdekte soort bleek even oud als *A. africanus*, ongeveer twee miljoen jaar, maar vertoonde heel andere eigenschappen. De nieuwe soort bleek veel krachtiger gebouwd dan *A. africanus*, vandaar de naam: *Australopithecus robustus*. Wat onmiddellijk opvalt bij deze robuuste



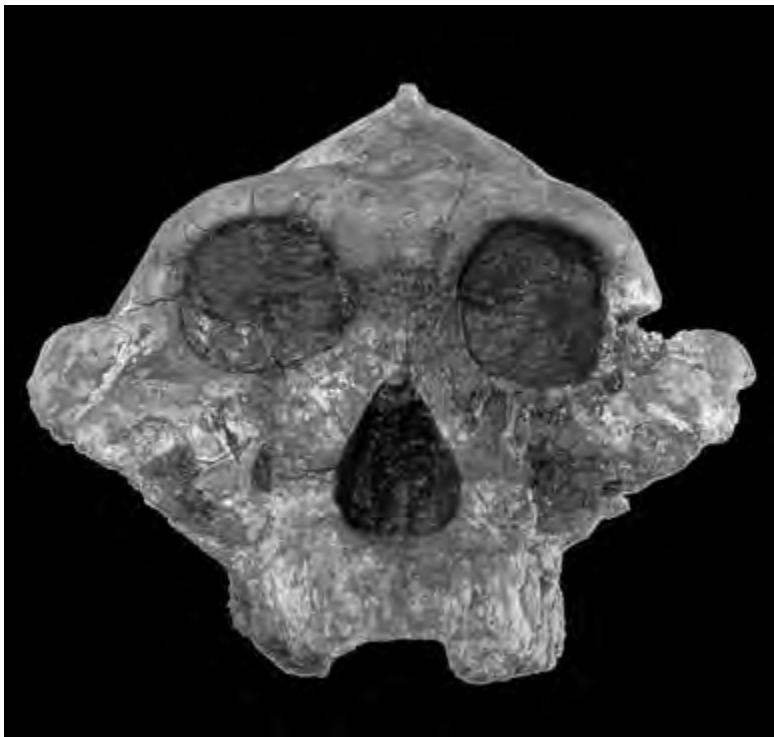
Afbeelding 4.2: Schedel van het Taung-kind. Deze jeugdige vertegenwoordiger van de soort *A. africanus* leefde ongeveer 2,3 miljoen jaar geleden in Zuidelijk Afrika.

hominiden is de dikke schedelwand, de enorme kaken en kiezen, geprononceerde wenkbrauwbogen en jukbeenderen, en een opvallende benige kam die van voor naar achter over het schedeldak loopt. De robuuste Australopitheci moeten enorme maalkaken hebben gehad waarbij de schedelkam als extra verankering voor de kaakspieren diende. De meest robuuste van deze vroege hominiden is *Australopithecus boisei* die in 1959 door het paleontologenechtpaar Louis en Mary Leakey in de Olduvaikloof in Tanzania werd gevonden.

A. boisei wordt ook wel de ‘notenkrakerman’ genoemd vanwege zijn enorme kaken en kiezen met een maalvlak zo groot als een munt van één euro (afb. 4.3). De Australopitheci waren voornamelijk vegetariërs, ondanks hun afschrikwekkende voorkomen. Net als de huidige gorilla’s vermaalden zij grote hoeveelheden bladeren en boomschors (de kiezen vertonen stevast flinke slijtage, net als bij hedendaagse plantenetende primaten). Mogelijk kraakten zij ook harde noten met hun formidabele gebit. De naam ‘boisei’ verwijst naar de Londense zakenman Charles Boise die meerdere expedities van de Leakey’s financierde. De vondst van de graciele en de robuuste Australopitheci (waartoe ook *A. aethiopicus* behoort) bewees dat er twee miljoen jaar geleden ten minste vier verschillende soorten hominiden in Afrika leefden. Latere ontdekkingen zouden aantonen dat er mogelijk meer dan een half dozijn mensachtigen (inclusief vertegenwoordigers van het geslacht *Homo*) naast elkaar bestonden.

De beroemdste *Australopithecus* werd in 1974 gevonden door de Amerikaanse paleontoloog Donald Johanson. Tijdens een expeditie in Hadar (Ethiopië) stuitte zijn team op het fossiele skelet van een onbekende hominidensoort. Het skelet, met delen van de schedel en de kaak, was bijna voor de helft compleet, hetgeen zeer uitzonderlijk is voor paleontologische maatstaven. Nooit eerder waren er zoveel fossiele resten gevonden die aan één vroege hominide hadden toebehoord. De vondst was tevens wereldnieuws omdat het de tot dan toe oudste vertegenwoordiger van de Australopitheci bleek te zijn: het fossiel was ruim drie miljoen jaar oud. Johanson gaf de nieuwe soort de naam *Australopithecus afarensis*, een verwijzing naar de Afar-driehoek, de onherbergzame streek waar de sensationele ontdekking was gedaan. Het fossiele specimen kreeg de bijnaam ‘Lucy’ omdat ’s avonds, in de euforie na de ontdekking, steeds het liedje *Lucy in the sky with diamonds* van de Beatles in het tentenkamp werd afgespeeld.

Lucy bleek een volwassen vrouw van net één meter lang. Het feit dat Lucy volwassen moet zijn geweest toen ze overleed, leidde men af uit haar anatomie (het bekken) en haar gebit (afb. 4.4). Belangrijker nog, op basis van een analyse van de wijze waarop de botten in elkaar staken, kon men afleiden dat Lucy recht op op twee benen moet hebben gelopen. Dit was opmerkelijk omdat *A. afarensis* (net als de andere Australopitheci) een schedelinhoud van nauwelijks 500 cc bezat, net zoveel als een moderne chimpansee. Eén van de be-



Afbeelding 4.3: Schedel van de hominidensoort *A. boisei* ('notenkraker-man'). Het fossiel werd gevonden in Kenia en is een kleine twee miljoen jaar oud.

langrijkste vermoedens over de menselijke evolutie kwam hierdoor op zijn kop te staan, want tot dusver had men aangenomen dat bij de vroegste mensachtigen de hersenen eerst waren gegroeid, het rechtop lopen (bipedie) zou pas daarna zijn ontstaan. Lucy bewees dat het precies andersom was. Overigens kon *A. afarensis* wellicht zowel rechtop lopen als goed in bomen klimmen, getuige de naar verhouding lange (slinger)armen.

De ontdekking omtrent het rechtop lopen van de Australopithecini werd in 1978 bevestigd door een spectaculaire vondst van Mary Leakey in Laetoli, Tanzania. Zij stuitte op een zeventig meter lang spoor van versteende voetsporen die ongeveer drieëneenhalf miljoen



Afbeelding 4.4: A. afarensis ('Lucy'). Het door Donald Johanson in Hadar (Ethiopië) ontdekte fossiel is 3,2 miljoen jaar oud.

jaar oud bleken te zijn. De voetafdrukken, bewaard gebleven in versteende vulkaanas en eveneens toegeschreven aan *A. afarensis*, wijzen er ondubbelzinnig op dat de individuen rechtop op twee benen

hebben gelopen (afb. 4.5). De voetsporen in Laetoli zijn duidelijk door mensachtigen achtergelaten. De verdeling van het gewicht op de hak en tenen kan alleen op een rechtop lopende hominide duiden. Aangezien er drie tot drieëneenhalf miljoen jaar geleden enkel Australopitheci in Afrika leefden en nog geen vertegenwoordigers van het geslacht *Homo*, bewijst de vondst dat *A. afarensis* rechtop liep. Hedendaagse mensapen laten een heel ander spoor achter. Zij zijn zogeheten 'knokkellopers': bij het voortbewegen worden de armen en de knokkels van de handen ter ondersteuning gebruikt. Door de verschillende verdeling van het gewicht over voor- en achterpoten ontstaat zo een totaal ander spoor. Het gewicht rust meer op de tenen dan op de hak. Kortom, Lucy vertoonde typisch menselijke kenmerken zoals bipedie, een vlak gelaat en relatief kleine (hoek)tanden, maar ook aapachtige eigenschappen zoals een klein brein. Men kwam aldus tot de conclusie dat niet de relatief grote hersenomvang, maar de rechtopstaande gang (bipedie) het wezenlijke kenmerk van de vroege hominiden is geweest.

A. afarensis was gedurende enkele decennia de tot dan toe oudst bekende vertegenwoordiger van het geslacht *Australopithecus*. In de jaren negentig werden er bij het Turkanameer in Kenia echter nog oudere overblijfselen gevonden. De nieuwe soort werd *Australopithecus anamensis* genoemd, naar het lokale woord *anam* dat 'meer' betekent. *A. anamensis* brengt de ouderdom van de hominidenfamilie nog verder terug, namelijk naar ruim vier miljoen jaar geleden. De ontdekking werd gedaan door een team onder leiding van Meave Leakey, de schoondochter van Louis en Mary Leakey. Meave is getrouwd met Richard Leakey, de zoon van het beroemde paleontologenechtpaar, die ook zelf belangrijke vondsten in Afrika heeft gedaan.

De Australopitheci moeten zeer succesvolle hominiden zijn geweest. De zes verschillende soorten leefden van ongeveer vier miljoen jaar tot anderhalf miljoen jaar geleden in een gebied dat zich uitstreckte van het huidige Ethiopië tot Kaap de Goede Hoop. De robuuste vertegenwoordigers van het geslacht vormden na verloop van tijd een afzonderlijke evolutionaire tak die ongeveer anderhalf miljoen jaar geleden doodliep. Mogelijk had dit alles te maken met de opkomst van een nieuwe en nog succesvollere hominide, de eerste echte mens behorend tot het geslacht *Homo*. De meeste paleoan-



Afbeelding 4.5: Eén van de voetafdrukken bij Laetoli (Tanzania). Het versteende spoor werd in 1978 ontdekt door Mary Leakey en is drie-eenhalf miljoen jaar oud.

tropologen menen dat de graciele leden van het geslacht (*A. afarensis* en *A. africanus*) waarschijnlijk de voorouders van deze nieuwe hominiden zijn geweest. Het is echter een misvatting te denken dat *Australopithecus* de gemeenschappelijke voorouder zou zijn van tegenwoordige mensen en onze meest nauwe nog levende verwanten, de chimpansee en de bonobo. DNA-onderzoek en paleontologische ana-

lyses plaatsen die gemeenschappelijke voorouder veel vroeger, namelijk op ongeveer zes tot acht miljoen jaar geleden. Uit die periode zijn echter zeer weinig fossielen bekend. Men spreekt daarom over het zogenaamde *fossil gap* – de fossielenleemte. De nog onontdekte gemeenschappelijke voorouder heeft wel alvast een naam gekregen, namelijk *Pan prior*, hetgeen ‘eerdere chimpansee’ betekent.

De in 2002 ontdekte *Sahelanthropus tchadensis* (‘Sahelmens uit Tsjaad’) vormt wellicht een sleutel tot deze vroege periode van evolutie. Het fossiel uit Centraal-Afrika is zes tot zeven miljoen jaar oud. Het specimen, een fragmentarische schedel, kreeg de bijnaam ‘Toumaï’, hetgeen ‘hoop op leven’ betekent. Het is nog niet helemaal duidelijk of Toumaï tot de tak van de hominiden of tot die van de aapachtigen behoort. De meeste paleoantropologen neigen tot de eerste hypothese. De argumenten hiervoor luiden dat Toumaï een plat, mensachtig aangezicht heeft met relatief kleine hoektanden. Ook het tandglazuur vertoont meer overeenkomsten met de mens dan met de chimpansee. Er zijn zelfs aanwijzingen dat *S. tchadensis* rechtop heeft gelopen, een wezenlijk kenmerk van hominiden. De stand van het zogeheten achterhoofdgat (*foramen magnum*) in Toumaï’s schedel, dat de ruggenwervel en de schedel met elkaar verbindt, alsmede de recente vondst van andere fossiele resten wijzen in deze richting. *S. tchadensis* had een relatief kleine herseninhoud van nauwelijks 350 cc. Dit feit zegt echter niet zoveel, want ook alle andere vroege hominiden hadden een klein brein. Toumaï is dus mogelijk de vroegst bekende hominide die leefde vlak nadat de splitsing tussen mens- en aapachtigen zich had voltrokken. Maar zoals gezegd, uit deze periode zijn zeer weinig fossielen bekend. Uit de periode van viereneenhalf tot vier miljoen jaar geleden duiken er plotseling wel relatief veel fossielen op, te beginnen met *A. anamensis* en *A. afarensis*. Uit latere perioden stammen dan weer de verschillende soorten van het geslacht *Homo*. Maar ondanks deze betrekkelijke weelde aan belangrijke specimen blijft er vooralsnog veel te gissen over het precieze verloop van de evolutie der hominiden.

DE DAGERAAD VAN DE MENS

De vraag die daarom gerechtvaardigd lijkt, is: wanneer en waarom wordt een hominide tot het geslacht *Homo* gerekend? Deze vraag is

niet altijd eenduidig te beantwoorden. De meest typische menselijke kenmerken zoals gedrag, taal en complexe sociale verbanden, laten namelijk nauwelijks sporen na. Een andere typisch menselijke eigenschap laat wel sporen na: cultuur. Denk bijvoorbeeld aan stenen werktuigen. De eerste hominide met deze verworvenheid is *H. habilis*, de vroegste vertegenwoordiger van het geslacht *Homo*. *H. habilis* blijkt ongeveer twee tot tweeëneenhalf miljoen jaar oud. De eerste stenen werktuigen stammen uit diezelfde periode. *H. habilis* betekent 'handige mens', een naam die door Raymond Dart is bedacht. De eerste overblijfselen van *H. habilis* werden eind jaren vijftig van de vorige eeuw door Mary en Louis Leakey ontdekt in de Olduvaikloof in Tanzania. Het gebied rond de kloof ligt letterlijk bezaaid met resten van primitieve stenen werktuigen. De fossiele resten van hominiden die erbij zijn gevonden, dateren van ongeveer twee miljoen jaar geleden. Ze verschilden echter in enkele opzichten duidelijk van de reeds bekende Australopitheci. Zo is de herseninhoud van *H. habilis* vijftig procent groter dan die van de Australopitheci, namelijk 750 cc in tegenstelling tot 500 cc bij de Australopitheci.

Nauw verwant aan *H. habilis* is *H. rudolfensis* die ook door de Leakey's is ontdekt. Het is echter niet geheel duidelijk of het werkelijk twee verschillende soorten betreft. Soms spreekt men over de 'kleine' en de 'grote' *H. habilis*, waarbij *H. rudolfensis* dan tot de laatste wordt gerekend. Beide vormen zijn gevonden in Koobi Fora, Kenia. *H. habilis* is mogelijk de ontbrekende schakel tussen de (graciele) Australopitheci en de latere vertegenwoordigers van het geslacht *Homo*, inclusief de moderne mens. Er zijn overigens nog meer in het oog springende verschillen tussen *H. habilis* en de Australopitheci. Zeker vergeleken met de robuuste Australopitheci is *H. habilis* zeer slank gebouwd. De schedelkam en de opvallende jukbeenderen zijn geheel verdwenen, en de tanden en kiezen zijn een stuk kleiner, hetgeen duidt op een ander dieet (afb. 4.6).

Opvallend zijn ook de geringere verschillen tussen de seksen bij *H. habilis*. Bij de Australopitheci was de seksuele dimorfie nog aanzienlijk: de mannen waren veel forser gebouwd en wogen minstens twee keer zoveel als de vrouwen. Dit duidt op een andersoortig samenlevingsverband. De Australopitheci leefden, net als sommige hedendaagse mensapen, in groepen met één of meer dominante mannen die de harem bestierden. Seksuele selectie, in het bijzonder competi-



Afbeelding 4.6: Een schedel van *H. habilis*. Het fossiel werd gevonden in Koobi Fora (Kenia) en is een kleine twee miljoen jaar oud. Vergelijken met de Australopitheci vertoont *H. habilis* duidelijk menselijke trekken.

tie tussen mannen, resulteert dan in grotere sekseverschillen. Denk bijvoorbeeld opnieuw aan de kolossale zilverrug, de alfaman bij de gorilla's (zie p. 49). *H. habilis* had waarschijnlijk een meer monogaam gedragspatroon. Seksuele selectie speelde hierdoor een veel kleinere rol en zodoende was er geen sprake van openlijke strijd tussen mannen om dominantie. Maar echte zekerheid omtrent deze hypothese is er niet omdat ook *H. habilis* verschillende variëteiten kent. Sommige schedels lijken wat meer op de Australopitheci, terwijl andere duidelijk tot het nieuwe geslacht *Homo* behoren. Misschien leefden

er twee miljoen jaar geleden al meerdere soorten van het geslacht *Homo* in Oost-Afrika.

Omstreeks 1,8 miljoen jaar geleden verschijnt er weer een nieuwe mensensoort in Oost-Afrika, te weten *Homo erectus*. De naam 'recht-opstaande mens' stamt oorspronkelijk uit de negentiende eeuw en illustreert opnieuw de vooringenomenheid binnen de paleontologie uit die periode: men was namelijk van mening dat alleen 'echte' mensen rechtop konden lopen. De vondst van Lucy en de voetsporen in Laetoli veranderden deze zienswijze. Het lopen op twee benen was immers al minstens twee miljoen jaar eerder door de Australopitheci uitgevonden. De vroegste exemplaren van *H. erectus* zijn in Kenia gevonden, ten oosten en ten westen van het Turkanameer, respectievelijk in Koobi Fora en Nariokotome. Deze hominide wordt soms ook wel de Afrikaanse *H. erectus* genoemd of ook wel *Homo ergaster* (de naam *ergaster* betekent 'werkman' en verwijst naar het toegenomen gebruik van stenen werktuigen). Het gebit van *H. erectus* duidt, net als bij *H. habilis*, op een veranderd dieet. In tegenstelling tot de plantenetende Australopitheci nuttigde *H. erectus* vooral een dieet van vlees en aas.

In vergelijking met *H. habilis* is de schedelinhoud van *H. erectus* opnieuw toegenomen, naar ongeveer 800 tot 900 cc. De soort was fors gebouwd en vrij groot, plusminus 170 cm, ongeveer dezelfde afmeting als de hedendaagse mens (afb. 4.7). Ook de stenen werktuigen van *H. erectus*, de zogeheten Acheuléen-cultuur, zijn verfijnder dan die van zijn voorganger. Naar alle waarschijnlijkheid werden ook materialen als hout en bamboe gebruikt, maar deze fossiliseren niet en laten daarom geen sporen na. *H. erectus* verbleef graag in grotten en hij was, getuige de dikke lagen as die er zijn gevonden, waarschijnlijk de eerste mens die het vuur beheerste.

H. erectus was een zeer succesvolle soort, niet alleen in Afrika waar hij minstens één miljoen jaar lang heeft rondgelopen, maar ook elders in de wereld. *H. erectus* was de eerste mensensoort die Afrika zou verlaten, een gebeurtenis die bekend staat als het *Out of Africa*-I-scenario (de naam laat zien dat er later nog een tweede exodus heeft plaatsgevonden). Tussen de anderhalf en één miljoen jaar geleden verspreidde deze hominide zich via het Midden-Oosten over Azië en Europa. De Limburgse arts en paleontoloog Eugène Dubois ontdekte in 1891 op Java al fossiele resten die tegenwoordig aan



*Afbeelding 4.7: Schedel van *H. ergaster*, ofwel de Afrikaanse *Homo erectus*. De schedel werd gevonden in Koobi Fora (Kenia) en is ruim anderhalf miljoen jaar oud.*

H. erectus worden toegeschreven. Op de oever van een bocht in de Solorivier was Dubois op een schedeldak (*cranium*), een kies en een dijbeen (*femur*) gestoten. Hij benoemde de soort *Pithecanthropus erectus* (rechtopstaande aapmens), maar het specimen zou beter bekend worden onder de naam 'Javamens'. De wereldberoemde fossielen zijn – achter kogelvrij glas – te bezichtigen in museum Naturalis in Leiden. De destijds sensationele vondst overtuigde Dubois, en andere onderzoekers zoals Alfred R. Wallace, dat de oorsprong van de mens

in Azië gezocht moest worden. We hebben gezien dat deze veronderstelling onjuist is, want de voorouders van de Javamens, evenals die van de in China gevonden 'Pekingmens' (een andere variant van *H. erectus*), komen oorspronkelijk uit Afrika.

In 2004 kwam een Indonesisch-Australisch team van onderzoekers met het sensationele bericht dat zij op het Indonesische eiland Flores fossiele overblijfselen van een nieuwe mensensoort hadden ontdekt: de Floresmens, oftewel *Homo floresiensis*. Deze mensensoort blijkt een dwergvorm van *H. erectus* te zijn. De fossiele resten die zijn gevonden, tonen aan dat de individuen slechts één meter groot waren (daarom worden ze ook wel 'hobbits' genoemd) en over een relatief kleine, aapachtige herseninhoud beschikten: ongeveer 380 cc. Het meest wonderbaarlijke is echter de geringe ouderdom van de fossielen. Het jongste specimen dat de onderzoekers hebben gevonden, blijkt 'slechts' 13.000 jaar oud. Ruim tienduizend jaar geleden leefden er dus nog vertegenwoordigers van *H. erectus* in de Indonesische archipel! Dat is veel recenter dan tot dusver werd aangenomen. Eerder ging men er namelijk vanuit dat de moderne mens, *H. sapiens*, al zo'n vijftientig tot dertigduizend jaar het enige nog levende lid van het geslacht *Homo* was.

Maar dat is nog niet alles. Onder de huidige bewoners van Flores circuleren namelijk oude volksverhalen over 'kleine harige bosmensjes' (*Ebu gogo*) die voorovergebogen liepen en een vreemde murmelende taal spraken. Zou dit wellicht een beschrijving van de Floresmens kunnen zijn? De volksverhalen zijn waarschijnlijk niet meer dan enkele duizenden jaren oud, wellicht zelfs maar een paar eeuwen, en dit zou betekenen dat *H. floresiensis* misschien nog recenter op het eiland voorkwam dan de fossielen aantonen. Sterker nog, misschien leven er tegenwoordig nog steeds Floresmensen in de dichtbegroeide bergen van het eiland! Desmond Morris vroeg zich daarom af wat we moeten doen als we zo'n levende hobbit zouden ontdekken: moet de Floresmens dan naar school of naar de dierentuin? Hoe dan ook, de sensationele ontdekking van *H. floresiensis* toont aan dat *Homo erectus* in al zijn verschillende variëteiten een uiterst succesvolle hominide is geweest die, naar paleontologische maatstaven, pas zeer recentelijk is verdwenen.

HET RAADSEL VAN DE NEANDERTHALERS

Rond de vijfhonderdduizend jaar geleden deed zich, wederom in Afrika, een nieuwe ontwikkeling voor. De fossiele resten uit die periode suggereren een nieuwe afsplitsing binnen de hominidenlijn: *Homo heidelbergensis*. Net als *H. erectus* is deze hominide over de Oude Wereld uitgezwemd, waardoor beide soorten ongeveer hetzelfde verspreidingsgebied hebben gehad. De naam *H. heidelbergensis* stamt van een onderkaak die in 1856 in de buurt van Heidelberg (Duitsland) is gevonden. De bouw van deze hominide is iets minder robuust dan die van *H. erectus* en de schedelinhoud bedraagt nu 1100 tot 1300 cc. Sommige paleontologen rekenen *H. heidelbergensis* tot een late vorm van *H. erectus*, maar anderen menen juist dat het een vroege, 'archaïsche' vorm van de hedendaagse mens (*Homo sapiens*) betreft. Het beeld van de menselijk evolutie is hier vooralsnog diffuus. Waarschijnlijk is de Afrikaanse populatie van *H. heidelbergensis* de directe voorloper van de hedendaagse mens. De Europese populatie van *H. heidelbergensis* is dan mogelijk de voorouder van een andere illustere hominide: de Neanderthaler.

De opkomst en ondergang van *Homo neanderthalensis* heeft zich geheel in Europa, het Midden-Oosten en Klein-Azië afgespeeld. In Afrika is de soort nooit teruggevonden. De naam van deze hominide is afgeleid van de vondst van een schedeldak in het Neanderdal bij Düsseldorf. De Neanderthalers leefden van ongeveer tweehonderdvijftigduizend tot dertigduizend jaar geleden. Ook deze mensensoort is hoogstwaarschijnlijk niet onze voorouder. Toch was de Neanderthaler in menig opzicht een moderne mens. Een netjes aangeklede, geschoren en geknipte Neanderthaler zou nauwelijks opvallen op Beursplein 5. De Neanderthalers hadden een opmerkelijk grote schedelinhoud tot wel 1750 cc (afb. 4.8). Ter vergelijking, de hedendaagse mens heeft een gemiddeld volume van 1500 cc. Van de andere kant waren de Neanderthalers zeer sterk en robuust gebouwd. Waarschijnlijk was dit een aanpassing aan de ijstijd en hun gevaarlijke levensstijl: zij joegen met stenen, slagwapens en korte steekspere op hollenberen, oerossen en mammoeten. De gedrongen en compacte bouw diende als bescherming tegen de kou, net zoals bij tegenwoordige eskimo's. Veel teruggevonden botten vertonen geheelde breuken, wat er op wijst dat de individuen elkaar moeten

hebben verzorgd. Er zijn tevens aanwijzingen dat zij hun doden begroeven en dat er eenvoudige grafgraven, zoals sieraden of bloemen, werden meebegraven, hetgeen wellicht duidt op een geloof in een hiernamaals. Ook is er groeiend bewijs dat de Neanderthaler een rijk repertoire aan vocale klanken tot zijn beschikking had, net zoals de hedendaagse mens. Het strottenhoofd van de Neanderthaler heeft dezelfde vorm en bevindt zich op dezelfde plaats als dat van *H. sapiens*. De archeoloog Steven Mithen stelt in zijn boek *The singing Neanderthal* dat deze mensachtige waarschijnlijk over een soort zingtaal beschikte. Het is echter niet zeker of de Neanderthalers ook de cognitieve capaciteiten bezaten om moderne, grammaticale taal te produceren. Feit is dat zij aanvankelijk zeer succesvol waren: de Neanderthalers verspreidden zich vanuit Europa naar het Midden-Oosten en Klein-Azië. Zij gebruikten volop stenen werktuigen, de zogeheten Moustérien-cultuur, die weer iets verfijnder waren dan die van *H. erectus*. Deze cultuur, genoemd naar vondsten in Le Moustier in Frankrijk, was echter weinig innovatief. Gedurende tienduizenden jaren werden exact dezelfde werktuigen en technieken gebruikt.

Zoals gezegd komen de Neanderthalers waarschijnlijk voort uit Europese populaties van *H. heidelbergensis* of *H. erectus*. Maar omstreeks dertigduizend tot vijfentwintigduizend jaar geleden zijn zij plotseling geheel verdwenen. Dit had waarschijnlijk alles te maken met een nieuwe mensensoort die de Oude Wereld begon te annexeren: onze eigen soort *Homo sapiens*. Er wordt nog altijd druk gespeculeerd waarom de Neanderthalers het loodje hebben gelegd. Heeft *H. sapiens* de Neanderthalers uitgemoord? Of heeft onze soort de Neanderthalers wellicht besmet met dodelijke ziekten? Er is vooralsnog niets wat hierop wijst. Waarschijnlijker is dat *H. sapiens* de Neanderthalers geleidelijk heeft weggeconcentreerd. Er ontstond mogelijk een strijd om dezelfde territoria en voedselbronnen, en deze competitie werd uiteindelijk gewonnen door *H. sapiens* omdat hij een groter aanpassingsvermogen had. Mogelijk hadden de Neanderthalers ook gewoon een lager geboortecijfer dan *H. sapiens*. Na enkele tientallen generaties kan de soort zijn verdwenen zonder dat er bloed heeft gevloeid. Sommige onderzoekers, waaronder de Amerikaanse paleoantropoloog Milford Wolpoff, menen echter dat de Neanderthalers helemaal niet zijn uitgestorven. Zij hebben zich vermengd met onze eigen soort en dat zou betekenen dat Neanderthalergenen



*Afbeelding 4.8: Schedel van *H. neanderthalensis*. Dit fossiel werd in La Ferrassie (Frankrijk) gevonden en is ongeveer vijftigduizend jaar oud.*

nog altijd aanwezig zouden moeten zijn in de hedendaagse mens. Deze visie is echter controversieel omdat recente analyses aantonen dat het DNA van Neanderthalers en hedendaagse Europeanen te veel verschilt om van een kruising te kunnen spreken.

EEN TWEEDE EXODUS UIT AFRIKA

Er bestaat tevens enige controverse over de vraag waar onze eigen soort, *Homo sapiens*, vandaan komt. Zeker is dat rond dertigduizend jaar geleden de moderne mens al volop in Europa aanwezig was. De opkomst van *H. sapiens* ging gepaard met een verdere verfijning van werktuigen. Daarnaast zien we in Europa rond dezelfde tijd een ware explosie van creativiteit. Archeologen spreken daarom over een heuse *big bang* van cultuur. In tegenstelling tot de eerdere mensensoorten vervaardigde *H. sapiens* namelijk volop sieraden en kunstige afbeeldingen. Denk aan de beroemde grotschilderingen van Lascaux en Chauvet in Zuid-Frankrijk en van Altamira in Noord-Spanje. Deze opvallende kunstnijverheid wordt de Aurignacien-cultuur genoemd, naar een rijke vindplaats nabij het gelijknamige plaatsje in Frankrijk. De Europese *H. sapiens* staat ook bekend als de Cro-Magnommens, eveneens naar een vindplaats in Frankrijk. De schedelinhoud van deze moderne mens bedraagt ongeveer 1500 cc (afb. 4.9).

Maar Europa is niet de plek waar *H. sapiens* vandaan komt. Dat was hoogstwaarschijnlijk opnieuw Afrika. De meeste onderzoekers houden het erop dat *H. sapiens* ongeveer tweehonderdduizend jaar geleden in Afrika is ontstaan. De moderne mens is dan vermoedelijk uit de Afrikaanse populatie van *H. heidelbergensis* geëvolueerd. De Britse paleoantropoloog Chris Stringer, verbonden aan het Natural History Museum in Londen, is de belangrijkste pleitbezorger van deze visie. *H. sapiens* is, na *H. erectus*, zodoende de tweede mensensoort die vanuit Afrika over de wereld uitzwermd (de uittocht van *H. heidelbergensis* niet meegerekend). Deze gebeurtenis wordt daarom het *Out of Africa-II*-scenario wordt genoemd. Dit scenario stelt dat *H. sapiens* zich honderdduizend jaar geleden vanuit Afrika gestaag over de Oude Wereld begon te verspreiden en daarbij bestaande *H. erectus*-populaties heeft verdrongen. De moderne mens verspreidde zich over het Midden-Oosten, Europa, Azië en Australië, en bereikte ongeveer twintigduizend jaar geleden via een grotendeels drooggevallen Beringstraat het nog ongerepte Amerika. Recent DNA-onderzoek wijst ook in deze richting. Er bestaat een grotere variatie in mitochondriaal-DNA van Afrikanen dan van Europeanen en Aziaten. De Afrikaanse mensenpopulaties zijn dus het oudst: hier hebben zich de meeste mutaties voorgedaan. Het sterke



Afbeelding 4.9: Schedel van *H. sapiens*. Dit fossiel van een Cro-Magnonmens werd gevonden in Les Eyzies (Frankrijk) en is ongeveer dertigduizend jaar oud. ‘Cro-Magnon’ betekent in het lokale dialect ‘grote, steile rots’, een verwijzing naar de overhangende kalkstenen rots die boven het dorpje Lez Eyzies, in de Dordogne, uittorent.

vermoeden dat de moderne mens uit Afrika stamt, wordt ook wel de Zwarte Eva-hypothese genoemd. Zwarte Eva is een (hypothetische) vrouw die ongeveer honderdvijftigduizend jaar geleden in Afrika leefde en de oermoeder zou zijn van alle hedendaagse mensen.

Er zijn echter ook onderzoekers die niets van dit scenario willen weten. Sommige paleoantropologen, waaronder de eerder genoemde Wolpoff, zweren bij het zogeheten multiregionale model. Deze theorie stelt dat de moderne mens in verschillende werelddelen uit lokale *H. erectus*-populaties is voortgekomen. Volgens deze visie komt *H. sapiens* dus niet uit Afrika, maar is hij op verschillende continenten geëvolueerd. Als deze hypothese klopt, heeft zich maar één keer een uittocht uit Afrika voorgedaan, namelijk die van *H. erectus* ongeveer één miljoen jaar geleden. De aanhangers van dit model zijn echter in de minderheid. Zij kampen met name met het probleem hoe het mogelijk is dat alle hedendaagse mensen genetisch zoveel op elkaar lijken. Het menselijke genenreservoir is opvallend homogeen en dit wijst op een relatief recente, gemeenschappelijke oorsprong (zie p. 70). Als de moderne mens op verschillende continenten uit verschillende *H. erectus*-populaties is voortgekomen, moeten de genetische verschillen eigenlijk veel groter zijn. De aanhangers van het multiregionale model hebben een verklaring voor deze anomalie: zij stellen dat de verschillende populaties steeds genen hebben uitgewisseld. Dit is echter zeer twijfelachtig. Hoe konden populaties op verschillende werelddelen honderduizend jaar geleden al genen hebben uitgewisseld? Het multiregionale scenario is daarom niet erg waarschijnlijk.

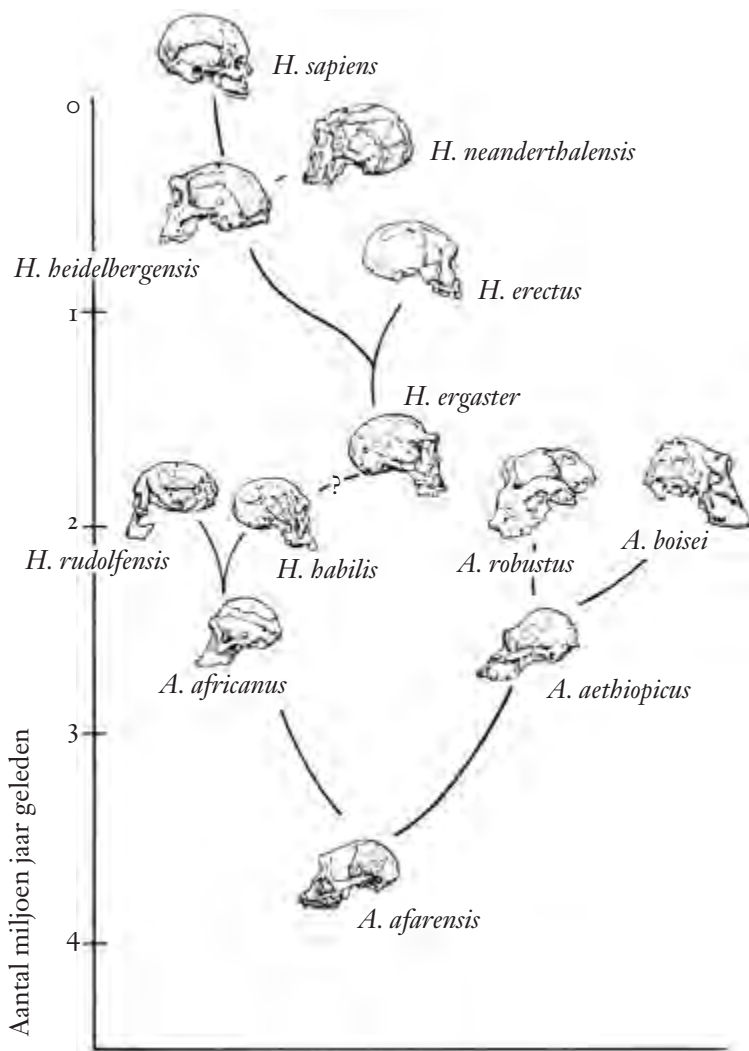
Overigens wordt ook het *Out of Africa*-I-scenario, de exodus van *H. erectus*, door sommigen aangevochten. Zo opperde de Leidse hoogleraar archeologie Wil Roebroeks dat *H. erectus* wellicht niet in Afrika maar in Azië is ontstaan. In een artikel in het tijdschrift *Nature* betoogt Roebroeks samen met zijn Engelse collega Robin Dennell dat de bestaande visie over de menselijke evolutie misschien op de schop moet. In Azië worden namelijk steeds oudere fossielen van *H. erectus* gevonden, sommige al uit dezelfde periode (1,7 miljoen jaar geleden) als de oudste fossielen in Afrika. Het is wachten op een fossiel van *H. erectus* uit Azië dat de specimens in Afrika in ouderdom overtreft. Dan zijn er sterke aanwijzingen dat deze mensensoort niet in Afrika maar in Azië is ontstaan. Roebroeks acht het zeer wel mogelijk dat populaties van Australopithecini of *Homo habilis* Afrika al tweeëneenhalf miljoen jaar geleden hebben verlaten en naar Azië zijn getrokken. Uit zulke populaties zou dan *H. erectus* zijn geëvolueerd.

Ondanks het feit dat de menselijke evolutie nog voor een groot deel in nevelen is gehuld, hebben we de afgelopen decennia toch een duidelijker zicht gekregen op de oorsprong van de mens. Het beeld dat langzaam tevoorschijn komt, is echter niet dat van een overzichtelijke stamboom, maar van een grillig struikgewas (afb. 4.10).

Maar behalve de genealogische complexiteit zijn er ook nog andere problemen, om te beginnen de bijna legendarische onenigheid en naijver onder paleoantropologen. Fossiele overblijfselen van hominiden worden vaak heel verschillend geïnterpreteerd. Omdat er veel prestige (en subsidie) op het spel staat, lopen de gemoederen onder de fossielenjagers vaak hoog op. Daarnaast kunnen we ons afvragen in hoeverre sommige specimens ook werkelijk als afzonderlijke soorten moeten worden beschouwd. Misschien waren het slechts verschillende ondersoorten of rassen. Sommige sceptici menen dat de effecten van seksuele selectie ons parten kunnen spelen. De vermeende verschillende 'soorten' zijn in werkelijkheid een voorbeeld van seksuele dimorfie. De mannen en vrouwen waren dermate verschillend in bouw en schedelvorm dat we ze abusievelijk als aparte soorten beschouwen (zie p. 48-49). De paleoantropologie wordt, net als andere wetenschappen, geplaagd door wat wetenschapsfilosofen het probleem van onderdeterminatie noemen. De theorieën zijn onderbepaald door de empirische data. Dit wil zeggen dat de empirische gegevens (de fossiele resten, dateringen en DNA-analyses, enzovoort) met meerdere, vaak incompatibele, modellen zijn te rijmen. In de paleoantropologie is er zoveel speelruimte dat de populariteit van de ene of de andere theorie vaak door *buitenwetenschappelijke* factoren wordt bepaald. In het ene decennium is het bijvoorbeeld modieus om de Neanderthaler af te schilderen als een brute holbewoner, in het daaropvolgende is hij ineens een nobele wilde.

TRENDS IN DE MENSELIJKE EVOLUTIE

Er blijft voorlopig dus nog veel te gissen. Maar zoals gezegd, toch is er flinke vooruitgang geboekt. Met name is er meer kennis opgedaan omtrent enkele in het oog springende trends in de menselijke evolutie. Als we naar de evolutie van de hominiden kijken, vallen namelijk twee dingen op. Ten eerste het feit dat onze voorouders op een gegeven moment rechtop zijn gaan lopen (bipedie), en ten



Afbeelding 4.10: Fylogenetisch overzicht van de menselijke evolutie. De lijnen geven de mogelijke afstammingsrelaties weer tussen de verschillende mensachtigen. Merk ook de soortenrijkdom op in de periode tussen tweeënehalf en anderhalf miljoen jaar geleden. *A. anamensis*, de vermoedelijke voorouder van *A. afarensis*, is niet opgenomen in deze figuur.

tweede de explosieve groei van het hominidenbrein (van nauwelijks 500 cc bij de Australopitheci tot meer dan 1500 cc in *H. neanderthalensis* en *H. sapiens*). Dat is meer dan een verdrievoudiging in hersenvolume. Hoewel het rechtop lopen het eerste gebeurde, hebben de twee kwesties waarschijnlijk wel met elkaar te maken.

Laten we eerst naar het fenomeen bipedie kijken. Ongeveer vijftien miljoen jaar geleden, toen de hominiden nog lang niet op het toneel waren verschenen, was Afrika vrijwel geheel bedekt met dicht regenwoud. Door klimaatsveranderingen, het werd geleidelijk koeler en droger, werd het oerbos echter langzaam uitgedund. Vanaf ongeveer tien miljoen jaar geleden, in het laat-Mioceen, ontstonden er steeds meer open plekken in het regenwoud: de savanne. De voorouders van de Australopitheci kwamen nu wellicht voor het eerst uit de bomen en begonnen voorzichtig de grasvlakte te verkennen. Deze visie op het ontstaan van bipedie kunnen we de savannetheorie noemen. Er is tevens gesuggereerd dat er door de open graslanden geïsoleerde stukjes regenwoud ontstonden die als eilandjes van evolutie fungeerden. Hominidenpopulaties raakten gescheiden (net zoals de Galápagosvinken) waardoor de evolutie verschillende kanten op kon gaan (zie p. 71).

Bipedie kan handig zijn als je als kleine primate door het lange gras loopt (bedenk dat Lucy net één meter lang was). Als je rechtop staat, heb je een beter beeld van de omgeving en zie je roofdieren eerder aankomen. Een ander voordeel van bipedie is dat een beduidend kleiner oppervlak van lichaam aan de felle zon wordt blootgesteld, namelijk alleen de bovenkant van het hoofd. In equatoriaal Afrika is dit geen overbodige luxe. Bovendien is de luchttemperatuur op anderhalve meter hoogte al aanzienlijk lager dan op de grond. Gecombineerd met een naakte huid met veel zweetklieren vormt bipedie zo een probaat middel tegen oververhitting. Een team van Amerikaanse antropologen en genetici kwam onlangs na een DNA-analyse tot de slotsom dat de hominiden al minstens 1,2 miljoen jaar pelsloos zijn. Onze vacht is dus niet verdwenen omdat we – pas veel later – kleren zijn gaan dragen.

Een probleem voor de savannetheorie is echter dat met de vondst van Toumaï (*S. tchadensis*) de oorsprong van hominiden steeds verder in het verleden komt te liggen. De theorie gaat niet langer op omdat de hominiden al in het regenwoud op twee benen moeten zijn

gaan lopen. Een mogelijke oplossing voor dit probleem is de hypothese dat de hominiden ergens tussen de tien en vijf miljoen jaar geleden een tussenstadium hebben doorgemaakt: het tijdperk van de wateraap. De evolutie van de mens heeft zich immers voor een groot deel aan of nabij de grote Oost-Afrikaanse meren afgespeeld. De hominiden leidden hier mogelijk een (semi)aquatisch bestaan waarbij bipedie allereerst van pas kwam om door het water te waden. In een later, meer geavanceerd, stadium zou de wateraap vervolgens tot een volleerde zwemmer en duiker zijn geëvolueerd. Het dieet van de wateraap bestond niet uit vlees, maar uit vis en schaal- en schelpdieren. Al in de jaren zestig van de vorige eeuw opperde de Britse bioloog Alister Hardy dat de mens een aquatisch verleden moet hebben gehad. De mens bezit namelijk enkele eigenschappen die verder alleen bij zeezoogdieren zijn te vinden, zoals een naakte huid, een onderhuidse speklag en een opvallende duikreflex. De duikreflex maakt dat we onze longen kunnen volzuigen met lucht (iets wat andere primaten minder goed kunnen) en dat de hartslag automatisch vertraagt zodra we kopje onder gaan, waardoor het lichaam efficiënter met zuurstof om kan gaan. Opvallend is ook dat onze neusgaten naar beneden zijn gericht – ook dit is uitzonderlijk onder de primaten – waardoor er bij het zwemmen minder snel water naar binnen stroomt. De ideeën van de ietwat excentrieke Hardy werden destijds echter weggelachen. In de jaren zeventig deed de wetenschapsjournaliste Elaine Morgan nog een poging om de theorie van de wateraap te rehabiliteren. Haar boek *The aquatic ape* sloeg aan onder een breed publiek, maar in de paleoantropologie werd de hypothese steevast doodgezwegen. Men was niet gecharmeerd van het idee van de mens als snorkeldier. De savannahypothese, stoere voorouders die al jagend over de savanne trokken, was immers veel aantrekkelijker. Recentelijk lijkt er echter sprake van enige hernieuwde belangstelling voor de wateraaptheorie.

Hoe dan ook, rechtop lopen is natuurlijk niet ineens, maar geleidelijk ontstaan. De primaten waren er aanvankelijk helemaal niet op gebouwd. Het moet in het begin knap lastig zijn geweest om zo'n merkwaaardige houding aan te nemen. Waarom werd er dan toch in volhard? Omdat er naast de reeds genoemde eigenschappen nog een groot voordeel aan bipedie is verbonden: de handen komen vrij waardoor men dingen kan dragen. Als men dingen (voedsel) kan dragen,

kan men ook een overschot naar een thuisbasis brengen. Overtollig voedsel kon daar worden geruild voor andere zaken zoals seks, of voor voedsel dat men zelf niet kon bemachtigen. De individuen begonnen vervolgens samen te werken en er ontstonden complexere sociale banden die een steeds grotere intelligentie vereisten.

En hier beginnen het rechtop lopen en de groei van de hersenen, met name de neocortex, in elkaar te grijpen. De Britse evolutiepsycholoog Robin Dunbar heeft aangetoond dat bij primaten de groepsgrootte altijd correleert met de grootte van het brein. Hoe ingewikkelder de sociale banden, des te groter de hersenen. Vrijwel alle (mens)apen leven in complexe sociale groepen waarin het van levensbelang is om de eigen status en die van anderen nauwlettend in de gaten te houden (de solitaire orang-oetan is de enige uitzondering op deze regel). Hier kan echter tegenin worden gebracht dat de rechtop lopende Australopitheci miljoenen jaren toekonden met een klein, aapachtig brein van nauwelijks 500 cc. Is hier sprake van een anomalie? Dat de Australopitheci – net als orang-oetans – solitair waren, is vrij onwaarschijnlijk. Mogelijk heeft seksuele selectie een rol gespeeld in de evolutie van de mens. We hebben gezien dat Geoffrey Miller meent dat de menselijke evolutie door toedoen van seksuele selectie op hol is geslagen. Gedurende de evolutie kwam er een premie te staan op het etaleren van allerlei kennis en vaardigheden, met als resultaat de explosieve groei van het brein. (zie p. 61).

Bij de opkomst van het geslacht *Homo*, tweeënehalf miljoen jaar geleden, wordt dit steeds duidelijker. De eerste stenen werktuigen markeren het ontstaan van cultuur: kennis kon voortaan via niet-genetische weg van generatie op generatie worden doorgegeven. Cultuur vereist breinkracht. Om kennis en vaardigheden door te kunnen geven, moet men ze eerst zelf verwerven. Daarnaast duidt het gebit van *H. habilis* en *H. erectus* op een gewijzigd dieet. Zij waren niet langer vegetariërs, maar aten volop aas en gevangen wild. Ook deze wijziging in voedsel is gerelateerd aan grote brein. In vergelijking met plantaardig voedsel bevat vlees allerlei hoogwaardige voedingsstoffen zoals dierlijke vetten en eiwitten. De meeste paleoantropologen menen dat deze wijziging in dieet een noodzakelijke voorwaarde was voor de groei van de hersenen. De Britse antropologen Leslie Aiello en Peter Wheeler stellen dat de consumptie van vlees tot de zogeheten *gut-brain swap* leidde: darmweefsel werd vervangen door

hersensweefsel. Zowel darmen als hersenen zijn kostbaar weefsel: de bouw en werking ervan vragen veel voedingsstoffen en energie. Naarmate er meer vlees werd geconsumeerd, was er steeds minder darmweefsel nodig omdat carnivoren, in tegenstelling herbivoren, geen lang en ingewikkeld spijsverteringskanaal nodig hebben. De energie die hierdoor overbleef, werd vervolgens geïnvesteerd in een steeds groter wordend brein. Het gewijzigde dieet droeg zo bij aan het mondiale succes van het geslacht *Homo*. Carnivoren zijn immers ook niet afhankelijk van lokale vegetatie en seizoenen. Voor een geoefende jager is er altijd wel vlees te vinden, desnoods in de vorm van soortgenoten.

Het ontstaan van sociale banden werd ook door andere factoren versterkt. Zo wijzen de relatief kleine sekseverschillen bij *Homo* namelijk op een toename van de monogamie. Mensenbaby's vragen in de eerste jaren zeer veel zorg en aandacht. De vrouwen hadden daarom baat bij toegewijde partners die met regelmaat calorierijk voedsel (vlees) aanleverden. Steeds vaker zal de biologische vader deze rol op zich hebben genomen, samen met andere familieleden of de clan. Zij investeerden immers in hun eigen genen. Een groeiend samenwerkingsverband vraagt bovendien om efficiënte communicatie, mogelijk met behulp van rudimentaire taal of symbolen. De cultuuroverdracht werd zo steeds intensiever, alsmede de selectieve druk op het bezit van een groot brein. De hersenschors groeide dermate explosief dat mensenkinderen steeds vroeger ter wereld moesten komen. De schedel zou anders het geboortekanaal niet kunnen passeren. De bioloog en schrijver Midas Dekkers vergelijkt de mensenbaby zelfs met een nog onvolgroeide larve die, net als een rups, nog een gedaanteverwisseling moet ondergaan. Dekkers overdrijft natuurlijk, maar hij heeft een punt: vergeleken met een pasgeboren chimpansee is een mensenbaby onvolgroeid en extreem hulpbehoevend. We zien aldus dat bipedie, de consumptie van vlees, monogamie, het ontstaan van cultuur en de groei van het brein innig met elkaar zijn vervlochten. De trends hebben elkaar wederzijds beïnvloed en versterkt waardoor de moderne mens een buitenbeentje onder de primaten is geworden.

Hoe de evolutie van de hominiden ook precies is verlopen, het is vrij zeker dat er in Afrika gedurende een lange periode verschillende mensachtigen naast elkaar hebben geleefd. Tussen de tweeënehalf

en anderhalf miljoen jaar geleden bestonden er tegelijkertijd drie soorten Australopitheci (*A. africanus*, *A. robustus* en *A. boisei*) en ten minste twee tot mogelijk vier echte mensensoorten (*H. habilis*, *H. rudolfensis*, *H. ergaster* en *H. erectus*). Afrika kende dus minstens een miljoen jaar lang een fraaie waaier van verschillende naast elkaar levende hominidensoorten. Deze zienswijze staat, met een knipoog, bekend als de theorie van de *Star Wars*-bar. In elke *Star Wars*-film komt wel een scène voor waarin de helden een intergalactisch dranklokaal bezoeken waar allerlei zonderlinge buitenaardse wezens samen vrolijk aan de toog hangen. Of de Afrikaanse hominiden ook zo broederlijk met elkaar omgingen is twijfelachtig. Wat zeker is, is dat er sindsdien een grote verschraling is opgetreden. Tegenwoordig is *H. sapiens* de enige overgebleven hominide.

Sociobiologie en evolutiepsychologie

CONTROVERSE OVER DE MENSELIJKE NATUUR

De menselijke cultuur heeft zich de afgelopen duizenden jaren zo snel ontwikkeld dat onze hersenen geen tijd hebben gehad om zich aan de nieuwe omstandigheden aan te passen. De biologische evolutie heeft de culturele evolutie eenvoudigweg niet bij kunnen benen. De menselijke psyche stamt daarom nog uit het stenen tijdperk: wij lopen rond met een geest die eigenlijk voor rondzwervende groepen van jagers en verzamelaars is bedoeld. Zo luidt althans één van de stellingen van de sociobiologie en de evolutiepsychologie, twee disciplines die na jaren van verguizing, aan een opmerkelijke opmars zijn begonnen. Wanneer we Edward O. Wilson en andere pleitbezorgers van deze disciplines mogen geloven, staan de sociale wetenschappen aan de vooravond van een heuse conceptuele omwenteling. Door de integratie van inzichten uit de moderne biologie zullen de sociale wetenschappen een nieuw, volwassen stadium bereiken.

Met Wilson, de grondlegger van de sociobiologie, hebben we al kort kennism gemaakt in hoofdstuk 2. Sociobiologie is de interdisciplinaire wetenschap die zich bezighoudt met een systematisch onderzoek naar de biologische basis van dierlijk en menselijk sociaal gedrag. Wilson wilde aanvankelijk ornitholoog worden, maar op jeugdige leeftijd verloor hij bij een ongeluk tijdens het vissen het zicht in zijn rechteroog. In zijn tienerjaren ging tevens zijn gehoor achteruit waardoor het bestuderen van vogels wel heel lastig werd. In plaats daarvan concentreerde hij zich op dieren die hij van korte afstand kon observeren: insecten. Hij werd entomoloog (insectendeskundige) en was decennialang hoogleraar biologie aan de universiteit van Harvard. In 1997

ging hij met emeritaat. Wilson wordt algemeen erkend als de grootste mierenkenner ter wereld en hij wordt door sommigen zelfs de nieuwe Darwin genoemd. Voor zijn monumentale boek *The ants*, een standaardwerk van vier kilo, kreeg hij in 1991 de Pulitzerprijs. Al eerder, in 1979, had hij deze prestigieuze prijs gewonnen met zijn boek *On human nature*. Dit boek was eigenlijk een vervolg op zijn opus magnum *Sociobiology, the new synthesis* uit 1975.

Bij het verschijnen van *Sociobiology* ontstond grote ophef. Wilson werd onder meer uitgemaakt voor reactionair en een gevaarlijk racist. Met name sociale wetenschappers en intellectuelen uit linkse, marxistische hoek vonden zijn ideeën verachtelijk. In een ingezonden brief aan de *New York Times* beschuldigden enkele collega's hem zelfs van nazi-sympathieën, en tijdens een lezing in Washington werd een kan ijskoud water over hem leeggegoten. Wilson zou een star genetisch determinisme prediken en dat stond haaks op het progressieve idee van een maakbare mens en een maakbare samenleving. Marx en Darwin stonden lijnrecht tegenover elkaar. Volgens Marx wordt de mens bepaald door zijn omgeving, dat wil zeggen, door de politieke en economische machtsverhoudingen. Volgens Darwin wordt de mens voor een aanzienlijk deel bepaald door zijn aanleg, dat wil zeggen, door zijn aangeboren disposities en instincten. In de periode dat Wilsons boek verscheen, helde het debat over *nature* versus *nurture*, aanleg versus omgeving, nog sterk over naar de *nurture*-zijde. De heersende opvatting onder sociale wetenschappers was dat mensen en samenlevingen extreem plooibaar zijn. Is de mens immers niet aan zijn biologische wortels ontstegen? Wat mensen tot mensen maakt is cultuur, opvoeding en sociaal milieu. Wilsons boek viel daarom in slechte aarde. De tijd was nog niet rijp voor de gedachte dat de mens ook voor een groot deel door zijn evolutionaire erfenis wordt bepaald.

Er zijn verschillende redenen aan te wijzen waarom er aanvankelijk zo'n ophef ontstond over de sociobiologie. Ten eerste zag men de sociale wetenschap als een autonome discipline. Wilsons tegenstanders gaven grif toe dat het gedrag van dieren best biologisch kan zijn bepaald. Maar mensen zijn geen gewone dieren. Mensen hebben een zelfbewustzijn, ze kunnen nadenken en ze leven in sociale en culturele verbanden die in complexiteit de dierlijke sociale verbanden overtreffen. Bovendien zien we een grote variatie in verschillende culturen, en die variatie kan nooit biologisch zijn gefundeerd. De mens

creëert aldus een *sociale werkelijkheid* die los staat van enige biologische invloed. Die sociale werkelijkheid kan daarom ook niet door de natuurwetenschap (de biologie) worden bestudeerd, maar uitsluitend door de sociale wetenschappen. De uniciteit van de mens waarborgt zo de autonome status van de sociale wetenschappen.

Een tweede reden voor argwaan jegens de sociobiologie was dat veel sociale wetenschappers in vooruitgang en maakbaarheid van de samenleving geloofden. Menselijk gedrag wordt bepaald door opvoeding en cultuur, en dat betekent dat de samenleving en haar leden in hoge mate beïnvloedbaar en kneedbaar zijn. Asociaal gedrag is het gevolg van een ongelukkige jeugd, een achtergesteld milieu of onvoldoende onderwijs. Dus als men maar voorwaarden schept voor een goede opvoeding en goed onderwijs wordt asociaal gedrag vanzelf uitgebannen en zal de maatschappij in haar geheel vooruitgaan. Biologisch determinisme werd in strijd geacht met een dergelijke maakbaarheid. Wetenschappers die opperden dat bij asociaal gedrag mogelijk ook erfelijke invloeden meespelen, konden in de jaren zeventig op totale verguizing rekenen. Illustratief is de ‘affaire Buikhuisen’ die zich in die periode in Nederland afspeelde, een affaire die reeds werd aangestipt in hoofdstuk 2. De Leidse criminoloog Wouter Buikhuisen had betoogd dat bij crimineel gedrag mogelijk ook biologische en erfelijke factoren in het geding kunnen zijn. Buikhuisen werd onmiddellijk verketterd door de linkse intelligentsia en er ontstond een ware hetze tegen zijn persoon. Met name de columns van Piet Grijs (pseudoniem van Hugo Brandt Corstius) in *Vrij Nederland* bespoedigden de karaktermoord. Grijs betoogde onder meer dat ‘crimineel’ een sociale categorie is en geen biologische. Criminaliteit bestaat slechts in een menselijke context want dieren zijn nooit crimineel. Grijs wilde niet erkennen dat crimineel gedrag niet alleen door een verkeerde opvoeding kan worden veroorzaakt, maar ook door wat er in iemands hersenen gebeurt. Karakterkenmerken als agressiviteit, gebrek aan empathie en aanleg voor verslaving – kenmerken die vaak correleren met asociaal en crimineel gedrag – hebben immers vaak een neurofysiologische oorzaak. Deze kenmerken kunnen bovendien erfelijk zijn. Er bestaat inderdaad geen ‘gen’ voor criminaliteit, maar er zijn wellicht volop genen die asociaal en crimineel gedrag in de hand kunnen werken.

Ten slotte kan er op worden gewezen dat Wilsons sociobiologie onverenigbaar was met het optimistische gelijkheidsdenken dat in de

jaren zestig en zeventig hoogtij vierde. De veronderstelling was dat alle mensen in beginsel over hetzelfde potentieel beschikken. Een mens is bij de geboorte een *tabula rasa*, een onbeschreven blad. Kinderen zijn daarom volkomen plooibare individuen die door hun opvoeding en onderwijs worden gevormd. De verschillen die tussen mensen bestaan, bijvoorbeeld in intelligentie, zijn louter het gevolg van verschillen in cultuur, opvoeding en milieu. Diegenen die beweerden dat mensen van nature verschillen of dat intelligentie erfelijk is, werden als reactionair bestempeld. Een beroep op biologische en erfelijke invloeden werd gezien als een quasi-wetenschappelijke ‘rechtvaardiging’ van machtsverschillen tussen man en vrouw, arm en rijk, en blank en zwart. Er ontstond zo een uiterst karikuraal beeld van de sociobiologie. Sociobiologen zouden beweren dat mannen door de evolutie zijn geprogrammeerd om overspel te plegen en te verkrachten, terwijl vrouwen zich van nature in een ondergeschikte, verzorgende rol zouden schikken. Xenofobie, rassenhaat en oorlogsvoering zouden in de menselijke natuur zijn verankerd, enzovoort. Wat de tegenstanders van de sociobiologie niet wilden zien, was dat Wilson geen *rechtvaardiging* maar slechts een *verklaring* zocht voor menselijk gedrag. Kennis omtrent de evolutionaire oorsprong van de psyche zou de maatschappelijk minder gewenste kanten van menselijk gedrag juist in kunnen dammen.

Door de hetze tegen Wilson en andere onderzoekers ging de sociobiologie tijdelijk ondergronds. Men werkte stug door, maar er werd weinig ruchtbaarheid aan de onderzoeksresultaten gegeven. De kentering kwam halverwege de jaren tachtig. Biologische en erfelijke invloeden op menselijk gedrag werden weer bespreekbaar. Inmiddels was de naam ‘sociobiologie’ min of meer in onbruik geraakt. Onderzoekers noemden zich voortaan liever ‘evolutiepsychologen’. De evolutiepsychologie volgt in grote lijnen hetzelfde onderzoeksprogramma als de sociobiologie. De menselijke geest en menselijk gedrag worden als het product van een universele en geëvolueerde menselijke natuur beschouwd. Een verschil met de sociobiologie is dat de evolutiepsychologie zich niet alleen richt op het gedrag zelf, maar ook op de mechanismen die gedrag veroorzaken, te weten: de hersenen. De evolutiepsychologie profiteert van de kennis die gedurende de laatste decennia in de cognitiewetenschap is opgedaan. Dit betekent overigens niet dat de sociobiologie is verdwenen. Tegenwoordig zie je de oude

term weer steeds vaker opduiken. Het is een geuzennaam geworden.

De voorzichtige kentering die zich in de jaren tachtig van de vorige eeuw ten gunste van de sociobiologie voordeed, heeft zich onverminderd doorgezet. Ongetwijfeld heeft dit te maken met de grote successen die in de moleculaire biologie en de genetica zijn geboekt. Sinds de ontrafeling van het humane genoom – de erfelijke blauwdruk van de mens – is onze kennis over het DNA in een stroomversnelling geraakt. Erfelijkheid speelt een veel grotere rol dan lang werd gedacht. Het gelijkheidsdenken kwam zo definitief op de tocht te staan: het taboe was doorbroken. Ook in Nederland. Begin jaren negenig ontvouwde de geneticus Hans Galjaard het nieuwe gezichtpunt voor een groot publiek in zijn boek (en de gelijknamige televisieserie) *Alle mensen zijn ongelijk*. Galjaards stelling was dat eigenschappen die voorheen aan opvoeding en milieu werden geweten, zoals intelligentie of asociaal gedrag, wel degelijk een biologische, genetische component bezitten.

Deze omslag in het denken betekent echter geen omarming van het genetisch determinisme. Onderzoekers die de sociobiologie en de evolutiepsychologie een warm hart toedragen, ontkennen niet dat opvoeding, milieu en cultuur een significante rol spelen bij het verklaren van gedrag. Zowel natuur (aanleg) als cultuur (omgeving) spelen een rol bij hoe mensen zich ontwikkelen en gedragen. Veel van Wilsons tegenstanders moesten overigens naderhand bekennen dat ze niet eens de moeite hadden genomen om zijn boek te lezen. Hadden ze dat wel gedaan, dan hadden ze kunnen constateren dat Wilson geen star genetisch determinisme predikt. Ook Wilson beklemtoont namelijk de wisselwerking tussen biologische en culturele invloeden. De menselijke geest en menselijk gedrag zijn het resultaat van een co-evolutionair proces waarbij natuur en cultuur in nauwe wisselwerking met elkaar staan.

DE NIEUWE SYNTHESE

De sociobiologie kwam in de jaren zeventig van de vorige eeuw niet zomaar uit de lucht vallen. In feite was het een verdere uitbreiding en voltooiing van de moderne evolutiebiologie. Vandaar de ondertitel van Wilsons boek: *The new synthesis*. Na de ‘moderne synthese’, de fusie van Darwins theorie van natuurlijke selectie met Mendels erfelijkheidsleer (zie p. 36), was het nu tijd voor een nieuwe synthese:

die tussen de biologie en de sociale wetenschappen. De eerste beginselen van sociobiologisch denken vinden we overigens al in het werk van Darwin. Ook Darwin bekeek menselijk en dierlijk gedrag al vanuit een evolutionair perspectief. Het onderzoek naar gedrag, de ethologie, vraagt immers om dezelfde benadering als het onderzoek naar bepaalde fysiologische kenmerken. Gedrag, bijvoorbeeld de balts van vogels, is net zoals een vinkensnavel of een schutkleur door natuurlijke selectie gemodelleerd.

In de jaren zestig van de vorige eeuw boekten ethologen zoals de Oostenrijkers Konrad Lorenz en Karl von Frisch en de Nederlander Niko Tinbergen klinkende successen met deze benadering. De ethologie bleef evenwel vooral beperkt tot dierlijk gedrag. De mens kwam er nog altijd bekaaid vanaf. Het werk van Desmond Morris was een uitzondering, maar zijn observaties waren betrekkelijk oppervlakkig en gespeend van een solide theoretische onderbouwing. Bovendien bestonden er na de moderne synthese in de jaren dertig nog lange tijd misverstanden en onduidelijkheden met betrekking tot de evolutiebiologie. Eén van de hardnekkigste misverstanden was het idee dat alle gedrag in beginsel is gericht op de instandhouding van de soort. Lorenz meende bijvoorbeeld dat de mens de enige soort is die zich *niet* aan dit gebod houdt. De mens jaagt immers systematisch soortgenoten over de kling. Dieren doen zoiets niet, was de gedachte. Bij dieren is de agressie geritualiseerd waardoor er zelden slachtoffers vallen. Volgens Lorenz is er bij de mens daarom sprake van een *Fehlfunktion*, een storing of disfunctie. Lorenz had in zoverre gelijk dat de moderne technologie de mens vaak parten speelt. Agressie kan al gauw ontsporen omdat wij de middelen bezitten om de zaak efficiënt en grootschalig aan te pakken. Maar dit betekent niet dat mensen zich wezenlijk onderscheiden van dieren. Ook dieren zijn geen lieverdjes voor hun soortgenoten. Het uitgangspunt dat het in de evolutie om de instandhouding van de soort gaat, was onjuist. Het misverstand kwam voort uit een al te rooskleurige visie op de evolutie: Moeder Natuur zorgt ervoor dat alles in evenwicht blijft. Dit romantische beeld sprak menigeen aan omdat het de scherpe kantjes van de evolutie haalde. De evolutie brengt immers niet altijd egoïstische individuen voort en het principe van *survival of the fittest* hoeft niet automatisch te onttaarden in een woeste concurrentieslag. Kijk maar naar de manier waarop dieren vaak voorbeeldig samenwerken. Wolven en leeuwen jagen in

groepen waardoor de kans om een prooi te vangen veel groter wordt, en prooidieren verschansen zich weer in kudde om zich de wolven en de leeuwen van het lijf te houden, enzovoort. Biologen zagen het als sociaal gedrag dat was bedoeld om de soort in stand te houden.

Men had eigenlijk beter moeten weten, want de evolutie zorgt nergens voor en heeft helemaal geen bedoelingen. Dus ook niet met betrekking tot de instandhouding van de soort. Wat men lange tijd niet onder ogen wilde zien, was dat dieren ook gedrag vertonen dat regelrecht in strijd is met het vermeende biologische gebod 'Gij zult geen soortgenoten doden'. Bij veel in groepen levende zoogdieren, zoals wolven, leeuwen en chimpansees komt bijvoorbeeld regelmatig infanticide voor. Als een jong, ambitieus mannetje de nieuwe baas (alfaman) wordt over een groep zal hij onmiddellijk alle zogende jongen proberen te doden die door de vorige alfaman zijn verwekt. Dit is niet goed voor de soort, maar het is wel goed voor de nieuwe alfaman. Hij is namelijk niet geïnteresseerd in de soort, maar in zijn eigen nageslacht. Doordat de wijfjes hun zogende jongen verliezen, worden ze weer vruchtbaar en kan het mannetje zijn eigen nakomelingen verwekken. Voor de alfaman is dit geen bewuste keuze want het gedrag is geprogrammeerd door natuurlijke selectie. Infanticide is bij sommige diersoorten een succesvolle evolutionaire strategie. De genen die dit gedrag voortbrengen, verspreiden zich meer dan genen voor onbaatzuchtig gedrag. Zeker, zo nu en dan kan er door een gedragsmutatie een zachtmoedige alfaman opstaan die met de hardvochtige traditie breekt. Zijn genen zullen echter binnen een paar generaties worden verdrongen door genen die weer op eigenbelang aansturen. Op de lange termijn telt enkel het rendement: de genen die het meest kopiëren, krijgen de overhand in de populatie. Een alfaman doet er dus verstandig aan om de zelfzuchtige strategie te volgen, want evolutionair gezien is het (behoudens enkele speciale uitzonderingen) bijzonder onverstandig om in andermans genen te investeren. Men kwam gaandeweg tot de conclusie dat evolutie helemaal niet gericht is op de instandhouding van de soort of de groep. Individuen zijn in wezen zelfzuchtig, hun gedrag wordt uiteindelijk gestuurd door eigenbelang.

Sommige vooraanstaande evolutiebiologen, zoals de Brit William Hamilton en de Amerikaan George C. Williams gingen vervolgens nog een stapje verder. Als we consequent zijn, zo stelden zij, dan moeten we eigenlijk zeggen dat de evolutie ook niet gericht is op de in-

standhouding of het belang van het individu. Waar het werkelijk om gaat, is de instandhouding en verspreiding van het erfelijk materiaal, de genen. De genetische blauwdruk voor een individu kan gecodeerd worden doorgegeven, het individu zelf niet. Individuele organismen zijn eenvoudigweg niet bestendig genoeg om een rol in de evolutie te kunnen spelen. Individuen gaan dood, maar genen niet. Genen zijn in principe onsterfelijk: sommige genen die wij in ons dragen zijn honderden miljoenen jaren oud. We hebben ze gemeen met muizen, vliegen en platwormen. In de evolutie telt uiteindelijk alleen welke genen zich verspreiden en welke niet. Natuurlijke selectie speelt zich daarom niet af op het niveau van de soort of van de groep, en zelfs niet op het niveau van het individuele organisme. Natuurlijke selectie speelt zich af op het niveau van het gen.

De theorie van genselectie werd in de jaren zeventig onder een groot publiek bekend door het boek *The selfish gene* van de Engelse zoöloog Richard Dawkins, een leerling van Tinbergen. Dawkins' stijl en beeldspraak maakten het boek tot een bestseller. In Dawkins ogen zijn individuele organismen niets anders dan vehikels of wegwerpomhulsels voor hun genen. Gedurende de evolutie hebben genen steeds complexere overlevingsmachines om zich heen gebouwd. Zij hebben zich diep in het binnenste van organismen verschanst. De vehikels zijn zodanig door hun genen geïnstrueerd dat ze alles in het werk stellen om nieuwe vehikels te produceren. Het DNA verhuist zo steeds van het ene naar het andere omhulsel. Genen gebruiken organismen als transportmiddel. Een organisme is dus eigenlijk niets anders dan een hulpmiddel voor de genen om meer genen te maken: genen zijn 'zelf-zuchtig': het enige wat ze 'willen' is zoveel mogelijk kopieën van zichzelf maken. Dat het in de evolutie uiteindelijk gaat om de verspreiding van het erfelijk materiaal, de genen, is ook het uitgangspunt van de sociobiologie en de evolutiepsychologie.

HET RAADSEL VAN DE SOCIALE INSECTEN

De sociobiologie komt voort uit de gerechtvaardigde vraag waarom mensen, en ook dieren, zo vaak met elkaar samenwerken en elkaar helpen. Een darwiniaanse wereld lijkt immers op het eerste gezicht zelfzuchtigheid te belonen. Organismen zijn er op gericht zoveel mogelijk kopieën van hun eigen genen in volgende generaties te

krijgen. Als daarvoor soortgenoten moeten wijken, of zelfs om zeep moeten worden geholpen – het zij zo. Het gebod ‘Gij zult nakomelingen produceren’ lijkt veel sterker dan het gebod ‘Gij zult geen soortgenoten doden’. Toch strookt deze visie niet met wat we in de natuur en bij onszelf observeren. Bij mensen en dieren zien we volop gedrag dat *niet* door eigenbelang lijkt ingegeven. Het meest raadselachtige voorbeeld van dergelijk onzelfzuchtig gedrag zien we bij een belangrijke orde van de insecten: de vliesvleugeligen (*Hymenoptera*). Tot de vliesvleugeligen behoren onder meer de zogeheten ‘sociale insecten’ zoals wespen, bijen en mieren. Deze dieren leven in grote kolonies waar de taken strikt zijn gescheiden. Een kolonie is namelijk opgebouwd uit verschillende kasten zoals werksters, wachters en voedsters. Eén van de meest in het oog springende kenmerken van de sociale insecten is de verbluffende mate van samenwerking en altruïsme die de individuen tentoonspreiden.

In de (socio)biologie wordt de term ‘altruïsme’ in de regel gebruikt voor het gedrag van een individu dat de eigen fitness (de eigen kans op overleving en voortplanting) opoffert ten gunste van de fitness van soortgenoten. Er liggen echter lang niet altijd bewuste motieven aan zulk gedrag ten grondslag, want de opoffering kan, net als het gedrag van de kindermoordende alfaman, door natuurlijke selectie zijn geprogrammeerd. Bij de sociale insecten komt extreem altruïsme voor: de werksters in een mieren- of bijenkolonie zijn namelijk onvruchtbaar, ze kunnen zelf geen nageslacht produceren. Hun hele leven staat in het teken van het verzorgen en beschermen van de larven en de eierenleggende koningin. Hoe kan een dergelijk opofferend gedrag ontstaan en vooral *standhouden* in een darwiniaanse wereld waar zelfzuchtigheid vooropstaat? We hebben zojuist immers geconstateerd dat de evolutie egoïstische individuen begunstigt. Organismen die zich opofferen voor andere organismen zouden incidenteel kunnen opduiken, maar de genen die voor het altruïstische gedrag verantwoordelijk zijn, zouden zich nooit kunnen verspreiden omdat het onzelfzuchtige organisme niet – of te weinig – aan zijn eigen voortplanting toekomt. In het geval van de sociale insecten zijn de altruïstische individuen zelfs steriel. Hoe wordt de zelfopoffering dan toch in elke nieuwe generatie instandgehouden? Het gedrag van de sociale insecten lijkt volledig in strijd met het evolutionaire gebod ‘Gij zult nakomelingen produceren’.

Darwin worstelde in het *Ontstaan van soorten* al met dit probleem. Hij kwam er echter niet uit. Darwin ontbeerde de noodzakelijke kennis omtrent de wetten der erfelijkheid (zie p. 34-35). Het zou nog honderd jaar duren voordat het probleem werd opgelost. In 1964 publiceerde Hamilton een baanbrekend artikel met de titel *The genetical evolution of social behaviour*, waarin het raadsel met mathematische precisie wordt ontleed. Om het probleem op te lossen, zegt Hamilton, moeten we niet naar individuele organismen kijken, maar moeten we een trede afdalen naar het genetische niveau. We moeten ons afvragen: hoe kunnen *genen* die verantwoordelijk zijn voor het altruïstische gedrag zich verspreiden? Gedurende de evolutie zijn er verschillende manieren uitgevonden om genen door te geven. Organismen die zich aseksueel voortplanten, maken bijvoorbeeld simpelweg klonen van zichzelf. Bij zich seksueel voortplantende organismen ligt de zaak subtieler. Deze organismen hebben in principe twee opties. Zij kunnen hun genen rechtstreeks verspreiden door een partner te zoeken en samen nakomelingen voort te brengen, maar zij kunnen ook een nauw verwant individu, bijvoorbeeld een broer of zus, terzijde staan bij deze activiteit. Ook al offert de altruïst daarbij zijn eigen reproductie op, er worden toch indirect kopieën van zijn genen verspreid omdat verwanten dragers van dezelfde genen zijn. Twee kinderen van zijn broer of zus wegen op tegen één kind van hemzelf. Hamiltons inzicht is een van de belangrijkste verworvenheden van de hedendaagse evolutiebiologie. Het verklaart onder meer waarom dieren, en ook mensen, zich meer om hun naaste familieleden bekommeren dan om vreemden.

In de moderne evolutiebiologie staat dit mechanisme bekend als *kin selection*, oftewel verwantenselectie (de term is afkomstig van de Engelse evolutiebioloog John Maynard Smith). De crux van verwantenselectie is dat als men de fitness (het reproductieve succes) van verwanten verhoogt, men indirect de eigen fitness verhoogt. Verwantenselectie is daarom nauw gerelateerd aan het begrip *inclusive fitness*. Deze term staat voor de mate waarin kopieën van de genen van een individu worden verspreid – inclusief die van zijn nauwe verwanten – als gevolg van het gedrag van het individu jegens zijn verwanten. Anders gezegd, bij inclusieve (of totale) fitness moet men niet alleen het reproductief succes van het individu zelf, maar ook dat van zijn verwanten in ogenschouw nemen, alsmede de bijdrage die het individu hieraan levert. Het evolutionaire gebod luidt dus niet zozeer ‘Gij

zult nakomelingen produceren', als wel 'Gij zult uw inclusieve fitness maximaliseren'.

Genetische verwantschap is betrekkelijk eenvoudig te bepalen. Een organisme dat uit seksuele reproductie is voortgekomen, krijgt de helft van zijn genen van zijn moeder en de andere helft van zijn vader. De verwantschap met zowel de vader als de moeder is dus 50%, oftewel $\frac{1}{2}$. Gemiddeld bestaat dezelfde verwantschap tussen broers en zusters (ééneïge tweelingen uitgezonderd want bij hen is de verwantschap 100%, ofwel 1). Volgens hetzelfde principe is de verwantschap van het individu met zijn grootouders en kleinkinderen, en ooms en tantes $\frac{1}{4}$. De verwantschap tussen twee volle neven of nichten is $\frac{1}{8}$. Genetisch gezien is een volle neef zo equivalent aan een achterkleinkind, enzovoort. Altruïsme jegens verwanten kan daarom evolutionair gedijen omdat het de inclusieve fitness, het totale voortplantingssucces van bepaalde genen verhoogt. Bij zoogdieren en vogels die in sociale groepen leven, zien we bijvoorbeeld dat een individu een alarmroep laat horen zodra er een roofdier opduikt. Op het eerste gezicht lijkt dit onverstandig omdat het individu zo de aandacht van het roofdier trekt en vaak als eerste het leven laat. Waarom nemen zij dat risico? Waarom duiken er steeds opnieuw van deze altruïsten op? Hamiltons antwoord luidt: omdat het altruïstische gen bewaard blijft als de opoffering de levens van nauwe verwanten redt. Als de 'wachter' door zijn leven op te offeren meer dan twee broers of zussen kan redden, is er zelfs sprake van winst. Hij heeft de kans dat het gen bewaard blijft verhoogd.

Ook bij de sociale insecten blijkt het altruïsme gebaseerd op verwantenselectie. Hamiltons model maakt haarfijn duidelijk waarom het evolutionair gezien loont om een onvruchtbare vliesvleugelige te zijn. In plaats van zelf nakomelingen te produceren, investeren de werksters namelijk in het grootbrengen van zussen. Mannetjes komen namelijk voort uit onbevuchte eieren en bezitten daarom maar één set chromosomen in plaats van twee: ze zijn haploïd in plaats van diploïd. Het gevolg is dat zusters onderling méér verwant zijn – meer genen delen – dan zusters en moeders of zusters en broers. De kans dat twee zussen dezelfde genen van de vader delen is 1 (de vader is immers haploïd). De kans dat twee zussen dezelfde genen van de moeder delen is $\frac{1}{2}$ (de moeder is diploïd). De kans dat twee zussen dezelfde genen bezitten is daarom $(1 \times \frac{1}{2}) + (\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}) = \frac{3}{4}$. Door toedoen van de haploïde vader is de verwantschap tussen zus-

ters $\frac{3}{4}$ in plaats van $\frac{1}{2}$ zoals bij de meeste andere dieren. De werksters zijn hierdoor onderling zelfs meer verwant dan met hypothetische eigen nakomelingen! De vrouwelijke vliesvleugeligen verhogen hun inclusieve fitness dus niet door zichzelf voort te planten, maar door hun moeder (de koningin) als een efficiënte zusterfabriek te gebruiken. Anders gezegd, voor de werksters is het lonender om hun moeder steeds nieuwe zusters te laten maken dan om zelf nakomelingen te produceren. Hamiltons model verklaart zo hoe een stabiele kaste van steriele vrouwelijke insecten kan ontstaan. De werksters verspreiden kopieën van hun eigen genen via hun moeder. Het complexe sociale systeem houdt stand omdat de nieuwe zussen ook het gen bezitten dat verantwoordelijk is voor het coöperatieve en altruïstische gedrag.

VERWANTENSELECTIE EN PARASITISME

Het principe van verwantenselectie maakt duidelijk dat het altruïstische gedrag eigenlijk op 'genetisch egoïsme' is gebaseerd. Het schijnbaar onzelfzuchtige gedrag is er in wezen op gericht om kopieën van de eigen genen door te geven. We zien dit mechanisme dagelijks om ons heen, bijvoorbeeld bij het verschijnsel ouderlijke zorg. Ouders die hun kinderen zorg en bescherming bieden, investeren in feite in hun eigen genen. De genen die verantwoordelijk zijn voor de hoge investering zullen zich sneller door de populatie verspreiden dan de genen van de ouders die er met de pet naar gooien. Ook hier is het altruïsme, de ouderlijke zorg, dus gebaseerd op verwantenselectie. Technisch geformuleerd: het altruïsme op fenotypisch niveau is egoïstisch op genotypisch niveau. Oftewel, het altruïsme dat het organisme tentoonspreidt, is op genetisch niveau zelfzuchtig. Altruïsme hangt vaak nauw samen met de mate van verwantschap. Uit statistisch onderzoek blijkt bijvoorbeeld dat stiefkinderen een veel grotere kans lopen mishandeld of gedood te worden door een stiefouder dan kinderen met twee natuurlijke ouders.

Een vraag die misschien voor de hand ligt, is: hoe weten individuen nu wie hun verwanten zijn? Zij zijn toch niet altijd op de hoogte van de exacte verwantschapsrelaties? Deze relaties zijn inderdaad niet altijd bekend, maar dat is ook niet noodzakelijk. Opnieuw, de individuen hoeven zich helemaal niet *bewust* te zijn van hun gedrag of van de ge-

netische factoren die er aan ten grondslag liggen. De werkbij verzorgt de larven van de koningin niet omdat zij *weet* dat ze haar genen zo indirect kan verspreiden. Nee, de bij is zo geprogrammeerd door de evolutie. Het is dus best mogelijk dat individuen hun altruïsme zo nu en dan abusievelijk op niet-verwanten richten. Dit is een statistisch risico dat op zich niet veel kwaad kan. Als het maar niet te vaak voorkomt of te grote vormen aanneemt, zal het sociale systeem intact blijven. Overigens blijken veel dieren hun verwanten wel degelijk te herkennen, bijvoorbeeld door middel van chemische stoffes (feromonen), geuren of een ingeprent begroetingssignaal. Ook kunnen dieren die in min of meer gesloten groepen leven (denk aan de ontoegankelijke kolonie van de sociale insecten) zich moeilijk ‘vergissen’, omdat alle leden van de groep verwanten van elkaar zijn.

Dit neemt echter niet weg dat verwantenselectie zeker gevoelig is voor parasitisme. Een mooi voorbeeld is de koekoek. De koekoek maakt namelijk handig misbruik van het fenomeen ouderlijke zorg. De vogel is wat speltheoretici een *free rider* noemen: een individu dat profiteert van het sociale systeem binnen een groep maar daar zelf niets aan bijdraagt. Koekoeken leggen hun eieren stiekem in andermans nest waardoor de ‘pleegouders’ ten onrechte menen dat ze hun eigen jongen verzorgen. Een dergelijk parasitisme kan echter niet al te grote vormen aannemen, anders elimineert het zichzelf. Wanneer de *free riders* de overhand krijgen, worden er immers alleen nog maar eieren in andermans nesten gelegd en is er is niemand meer om de eieren uit te broeden! Na een kortstondige explosie van profiteurs, zal de populatie dus weer snel krimpen. Toch zijn dergelijke plotselinge fluctuaties zeldzaam. De evolutie heeft de schommelingen vaak gladgestreken door met een ‘oplossing’ op de proppen te komen. Je kunt het aantal altruïsten en het aantal profiteurs stabiel houden door een welbepaalde *verhouding* tussen beide populaties te zoeken, bijvoorbeeld vijf procent profiteurs op het totale aantal *niet*-parasiterende individuen. In de evolutiebiologie heet zo’n oplossing een Evolutionair Stabiele Strategie, of ESS (de term is opnieuw van Maynard Smith).

In de beste van alle mogelijke werelden zou het in principe niets hoeven uit te maken wie welke eieren uitbroedt. Als alle vogels er op zouden toezien dat ze ten minste *iemand*s ei uitbroeden, doet het er niet meer toe of het de eigen of andermans genen betreft. Het belang van de groep – en de instandhouding van de soort – gaan dan voor het

belang van het individu. Het fenomeen van de *free rider* maakt echter duidelijk waarom deze ideale wereld een utopie blijft. Zodra er een profiteur opstaat die wél eieren legt maar weigert zijn sociale taak te vervullen, zal het gen voor parasitisme zich razendsnel door de populatie verspreiden. Het vriendelijke babysitsysteem stort in elkaar want het is geen Evolutionair Stabiele Strategie. De generositeit wordt onverbiddelijk ondermijnd door profiteurs. Onvoorwaardelijke altruïsten krijgen geen kans het sociale systeem in ere te herstellen omdat zij onmiddellijk worden uitgebuit. Het altruïsme kan daarom alleen standhouden door het op verwanten te richten. De kans dat de genen voor het sociale gedrag weer opduiken, is dan verzekerd. Zoals gezegd, een algemene voorspelling die uit Hamiltons model voortvloeit, is dat onder sociale dieren – inclusief de mens – de mate van altruïsme en samenwerking doorgaans correleert met de mate van verwantschap. Het lijkt er dus op dat écht, onvoorwaardelijk altruïsme nooit kan gedijen. Alleen altruïsme dat genetisch ‘zelfzuchtig’ is, dat gericht is op nauwe verwanten, kan evolutionair standhouden.

DE EVOLUTIE VAN WEDERKERIGHEID

Er is echter nog een andere strategie die samenwerking en opoffering bespoedigt *zonder* dat de betrokken individuen genetisch verwant met elkaar hoeven te zijn. De ietwat sombere conclusie van de vorige paragraaf is dus misschien te voorbarig. Bij dieren, en mensen, zien we immers ook volop sociaal en coöperatief gedrag dat níet op nakomelingen of familieleden is gericht. Hoe kan dergelijk gedrag gedijen? De bioloog Robert Trivers kwam in 1971 met het antwoord op deze vraag. Het model van Trivers heeft, net als dat van Hamilton, een mathematische en speltheoretische onderbouwing. De gedachte is dat genen kunnen ‘experimenteren’ met de verschillende emotionele reacties die ze hun vehikels toebedelen. De evolutie kweekt geen pure altruïsten of pure profiteurs, maar schepsels met een scala aan emoties, waardoor *verschillende* strategieën kunnen worden toegepast. De kwestie spitst zich dan toe op de vraag of er een bepaalde strategie is die méér oplevert dan die van een groep van pure bedriegers, en die vervolgens ook niet meer door zulke profiteurs kan worden ondermijnd. Trivers liet zien dat die strategie de eenvoud zelf is, namelijk *tit for tat*, ofwel ‘voor wat hoort

wat'. Zijn verklaring voor altruïsme jegens niet-verwanten luidt dat de betrokkenen wederzijds voordeel moeten hebben bij het samenwerkingsverband. Met andere woorden, het sociale gedrag moet op wederkerigheid zijn gebaseerd.

Wederkerig (of reciproom) altruïsme moet niet worden verward met andere biologische samenwerkingsverbanden zoals symbiose en mutualisme. Deze laatste samenwerkingsstrategieën zijn evolutionair gezien veel ouder en doen zich voor op verschillende biologische niveaus, zelfs bij planten en microben. Aan symbiose en mutualisme liggen (net als bij verwanteselectie) doorgaans geen bewuste motieven ten grondslag omdat de samenwerking geheel is voorgeprogrammeerd. Vaak betreft het coöperatie tussen totaal verschillende soorten organismen. Korstmossen zijn bijvoorbeeld symbiotische samenwerkingsverbanden tussen groenwieren en schimmels. Een ander voorbeeld is de wederzijdse afhankelijkheid van bloemdragende planten en insecten. Wederkerig altruïsme daarentegen zien we vooral bij hogere dieren met geheugen en bewustzijn. Hier is dus *wel* sprake van individuele herkenning en bewuste intenties. De samenwerking richt zich hier bovendien in de regel louter op leden van de eigen soort of groep. Wederkerig altruïsme betekent dat een individu zijn tijd en energie tijdelijk opoffert voor een ander in de verwachting dat dit later wordt 'terugbetaald'. De individuen in de groep gaan voortdurend sociale transacties met elkaar aan. Maar omdat de transacties niet altijd *gelijktijdig* plaatsvinden, bestaat opnieuw het gevaar van de *free rider*: een individu dat profiteert van het altruïsme en daarna zijn 'schuld' niet afbetaalt. Hoe kan dit probleem worden opgelost? Laten we een hypothetisch geval nemen.

Stel dat een groep apen door gevaarlijke, ziekteverwekkende vlooiën wordt geplaagd. De apen kunnen alle vlooiën bij zichzelf verwijderen, behalve die die midden op hun rug zitten. De oplossing voor dit probleem ligt voor de hand, namelijk een simpele vriendendienst: als jij mij eerst vlooit, vlooi ik daarna jou. De *free riders* liggen echter op de loer: apen die zich uitgebreid laten vlooiën en dan gauw de benen nemen. Het punt is dat deze profiteurs snel worden herkend. Een aap die een paar keer is bedrogen, trapt er de volgende keer niet meer in. De bedriegers worden zo gaandeweg buiten het sociale systeem gesloten waardoor ze aan de vlooiën ten onder gaan. Wederkerig altruïsme kan dus alleen gedijen als 'schulden' op termijn worden afgelost. De

individuen moeten elkaar kunnen herkennen en bedrog moet worden afgestraft. Als een aap er de vorige keer is ingetuind, moet hij de bedrieger lik op stuk geven zodra deze weer een transactie voorstelt. Het is daarom veel verstandiger om een transactie aan te gaan met een aap die de vorige keer ook meewerkte. De meest recente ontmoeting is op deze manier bepalend voor de te volgen strategie. Bij alle hogere, sociale dieren (inclusief de primaten) blijkt dat deze gedragsregel veelvuldig wordt toegepast en ook in de speltheorie wordt de efficiëntie van deze regel bevestigd. In computersimulaties blijkt *tit for tat* steevast een uiterst succesvolle strategie. We komen hier uitgebreid op terug in hoofdstuk 12.

Betekent dit nu dat wederkerig altruïsme uiteindelijk ook op genetisch egoïsme is gebaseerd? Jagen we uiteindelijk allemaal ons eigenbelang na, zoals sommige pessimisten verkondigen? Over deze kwestie wordt verschillend gedacht. Op het eerste gezicht lijken de pessimisten gelijk te hebben, want wederkerig altruïsme moeten we (net als verwanteselectie) immers begrijpen in termen van genendistributie. Hoe kunnen genen die verantwoordelijk zijn voor wederkerig altruïsme ontstaan en evolutionair gedijen? Het antwoord op deze vraag luidt: een samenwerkingsstrategie kan qua overleving en reproductie succesvoller zijn dan een strategie waarbij de organismen afzien van coöperatie. Genen zijn soms gewoon het beste gediend met vehikels die onderling coöpereren. Samenwerking is dan de beste strategie om het 'genetische eigenbelang' te optimaliseren. Als de samenwerkingsstrategie succesvol is, zullen de genen die verantwoordelijk zijn voor het gedrag zich in de populatie verspreiden en de samenwerking zal evolutionair standhouden. Ook wederkerig altruïsme is dus genetisch zelfzuchtig: de genen van betreffende organismen moeten er uiteindelijk 'voordeel' bij hebben, anders worden de genen, inclusief het gedrag dat ze bewerkstelligen, geëlimineerd in het proces van natuurlijke selectie. Puur altruïsme lijkt dus wederom onmogelijk.

Tegen deze pessimistische visie kan echter het volgende worden ingebracht. Het is wellicht waar dat onvoorwaardelijk altruïsme evolutionair gezien niet kan gedijen. In een darwiniaanse wereld moeten genen op de een of andere manier profijt hebben bij het gedrag dat hun vehikels tentoonspreiden. Maar dit betekent niet dat natuurlijke selectie niets onzelfzuchtigs voort zou kunnen brengen. Iemand die volgens zijn eigen wensen handelt, is niet per definitie egoïstisch. Omge-

keerd is het ook niet zo dat iemand pas altruïstisch is als hij zich geheel voor anderen opoffert en radicaal tegen zijn eigen belangen ingaat. De belangen van verschillende individuen kunnen elkaar namelijk overlappen. Denk opnieuw aan onze hypothetische apenkolonie. Het motief om met een andere aap samen te werken kan een koele berekening zijn, maar ook een oprechte wens. De apen hebben de capaciteit om regelingen te treffen die voor meerdere partijen bevredigend zijn. Genen kunnen zo iets niet, want genen kunnen niet vooruitkijken. Wederkerig altruïsme wordt dus niet rechtstreeks door genen geprogrammeerd. De bereidheid om sociale transacties met elkaar aan te gaan, wordt indirect bewerkstelligd door emoties. Wanneer we een kennis een verjaardagscadeautje geven, houden we doorgaans niet bij wat het precies heeft gekost zodat we op onze eigen verjaardag kunnen nagaan of die persoon ons wel voldoende 'terugbetaalt'. Nee, we zijn gewoon verheugd als die persoon aan onze verjaardag denkt, of teleurgesteld als hij het is vergeten. Deze *tit-for-tat*-emoties zijn het resultaat van natuurlijke selectie, maar dat maakt ze daarom niet minder oprecht.

Ook altruïsme gebaseerd op verwantenselectie is, zo gezien, geen nepaltruïsme. Verwantenselectie is niet op kille berekeningen gebaseerd, maar op sentimenten. De liefde en opoffering die ouders doorgaans jegens hun kinderen tentoonspreiden, is doorvoeld en oprecht. De genegenheid die we voor familieleden koesteren is geen illusie maar waarachtig. Emoties zijn dus niet louter slimme trucjes van genen om meer genen te maken. Wij zijn geen marionetten van ons DNA. Ouders kunnen bijvoorbeeld hun hele leven in dienst stellen van hun ernstig gehandicapte kind dat nooit in staat zal zijn om zich voort te planten. Verwantschap is zelfs helemaal geen voorwaarde voor affectie want er zijn talloze stiefouders die zielsveel van hun stiefkind houden. Dat genen 'zelfzuchtig' zijn, betekent niet dat er een gen voor zelfzuchtigheid bestaat of dat wij allemaal egoïsten zijn. Het 'zelfzuchtige gen' is een metafoor, want genen hebben geen bedoelingen, ze 'willen' helemaal niets.

DE PARADOX VAN DE VRIJE WIL

De sociobiologische verklaring voor altruïstisch gedrag raakt hier aan een oud filosofisch probleem, namelijk dat van de vrije wil. Zijn

wij principieel vrij in ons handelen of is ons gedrag grotendeels gedetermineerd? Hedendaagse criticasters van de sociobiologie, zoals Hilary Rose en Steven Rose, stellen dat de gencentrische benadering veel te reductionistisch is en onze unieke menselijke ervaringswereld ontkent. Het 'biologische determinisme' dat de sociobiologie zou prediken, is onverenigbaar met onze vrije wil. Deze kritiek is echter onjuist. Afgezien van het feit dat de sociobiologie geen determinisme predikt, is het namelijk ook niet zo dat het hebben van aangeboren neigingen en een vrije wil elkaar uitsluiten. De evolutie is vaak vindingrijker dan men denkt.

Het dierenrijk kan men globaal indelen in organismen met zogeheten 'open' en 'gesloten' gedragsprogramma's (de terminologie is van Ernst Mayr). Beide programma's zijn genetisch bepaald en sturen de ontwikkeling en het gedrag van dieren. Gesloten programma's zijn het oudst: we vinden ze vooral bij ongewervelden en geleedpotigen, zoals insecten. De gesloten programma's liggen geheel en al verankerd in het genoom van het organisme waardoor er sprake is van een zeer beperkt en instinctmatig gedragsrepertoire. De open programma's daarentegen bieden het organisme de mogelijkheid om van ervaringen te leren. Een open gedragsrepertoire is flexibel waardoor het organisme altijd meerdere opties tot zijn beschikking heeft en zijn gedrag voortdurend aan de eisen van de omgeving kan aanpassen.

Het open gedragsprogramma is een relatief recente uitvinding van de evolutie. We zien deze eigenschap vooral bij gewervelde dieren, zoals vogels en zoogdieren. Organismen zoals insecten kunnen goed uit de voeten met een beperkt en instinctmatig gedragsrepertoire. Zo ook de strak georganiseerde vliesvleugeligen. Maar bij hogere dieren die veel complexere sociale interacties met elkaar aangaan, voldoet deze strategie niet meer. Een dergelijk organisme is nooit zodanig te programmeren dat het alle denkbare (en vooral ook ondenkbare) situaties het hoofd kan bieden. Ontwerptechnisch gezien is het daarom veel efficiënter om deze dieren uit te rusten met een autonoom oriëntatie- en beslissingscentrum (zintuigen, zenuwstelsel, een groot brein en emoties) waardoor het individu zelf afwegingen en keuzes kan maken. In onbekende, complexe situaties zal een volledig voorgeprogrammeerd 'robotachtig' dier het al snel afleggen tegen een flexibel dier dat de situatie voor een deel zelf

in de hand heeft. Om diezelfde reden worden de verkenners die op Mars landen niet volledig voorgeprogrammeerd om elke mogelijke situatie het hoofd te bieden, maar worden ze uitgerust met kunstmatige intelligentie om zelf beslissingen te kunnen nemen. Omdat het signaal van en naar Mars minstens een half uur onderweg is, kan het voertuig immers ook niet goed op afstand worden bestuurd. Natuurlijk is het 'autonome beslissingscentrum' van de Marslander ook door wetenschappers van de NASA geprogrammeerd, maar in plaats van alles tot in het detail voor te schrijven, gaat het hier meer om algemene richtlijnen die de verkenner in staat stellen op grond van relevante informatie en binnen bepaalde parameters zelf een bepaalde procedure te kiezen.

Zo kan ook onze wil boven het genetische programma uitstijgen. Volgens de Amerikaanse evolutiepsycholoog Steven Pinker is onze geest een systeem met vele aangeboren onderdelen. De evolutie heeft ons uitgerust met mentale modules die ons niet alleen in staat stellen om zintuiglijke signalen te verwerken en taal te produceren, maar ook om problemen op te lossen, te fantaseren, gezichten te herkennen en nieuwe concepten te creëren, enzovoort. In deze cognitieve modules huist onze algemene intelligentie. Daarnaast zijn er ook nog modules die aan emotieve processen zijn gerelateerd, zoals modules voor angst en vreugde, genegenheid voor verwanten, sociale interactie en vriendschap. In dit licht moeten we ook onze *tit-for-tat*-emoties zien die erop zijn gericht om coöperatie te bespoedigen en bedrog te detecteren. Met name voor dat laatste hebben we een fijne neus. Volgens de evolutiepsychologen Leda Cosmides en John Tooby hebben we een speciaal circuit voor het signaleren van *free riders* en andere onverlaten die parasiteren op onze bereidheid om samen te werken.

De hypothese dat de menselijke geest uit verschillende mentale modules bestaat, werd in 1983 door de Amerikaanse cognitiefilosof Jerry Fodor gelanceerd. De evolutiepsychologie heeft deze (nog altijd enigszins speculatieve) hypothese sindsdien gretig omarmd. Om het idee te illustreren, gebruikt men vaak de analogie van het Zwitserse zakmes. Dit ingenieuze werktuig bestaat niet alleen uit een scala aan uitklapbare mesjes en schroevendraaiers, maar ook uit allerlei gespecialiseerde instrumenten zoals een schaar, een kleine zaag, diverse tangetjes en een pincet, enzovoort. De meest geavan-

ceerde modellen hebben tegenwoordig zelfs een digitale thermo- en hoogtemeter, computergeheugen, en een mp3-speler. Evolutiepsychologen stellen dat onze modulaire geest vergelijkbaar is met zo'n multifunctioneel zakmes, alleen zijn de modules niet door een Zwitserse fabrikant ontworpen, maar door de cumulatieve kracht van natuurlijke selectie. De evolutie heeft onze geest gemodelleerd om de problemen op te lossen die telkens weer opdoken in de geschiedenis van onze soort. Volgens Pinker bestaat onze mentale architectuur uit zoveel verschillende modules dat geen enkele aangeboren impuls de boventoon voert. Sterker nog, omdat de modules elkaar kunnen beïnvloeden en verschillend kunnen worden 'afgesteld', is elk (gezond) mens in hoge mate autonoom.

Ziehier de paradox: we zijn vrij, niet omdat we géén aangeboren impulsen hebben, maar juist omdat we er zovéél hebben! Of om Jean-Paul Sartre te parafraseren: de evolutie heeft ons tot vrijheid veroordeeld. Een genetische invloed op gedrag betekent derhalve niet dat we volledig voorgeprogrammeerd zijn of dat onze vrije wil een illusie is. De evolutie heeft juist een uiterst flexibele menselijke natuur opgeleverd die haar genetische programma gedeeltelijk kan ontstijgen. We kunnen rebelleren tegen de impulsen van ons DNA. Pinker is bijvoorbeeld bewust kinderloos.

HET LEIBANDPRINCIPE

We hebben eerder geconstateerd dat de mens een buitenbeentje is onder de primaten (zie p. 110-111). *Homo sapiens* verschilt immers niet alleen wat betreft allerlei fysiologische kenmerken van zijn naaste verwanten, maar ook door het bezit van een complexe cultuur. Voor alle duidelijkheid, hiermee is *niet* gezegd dat dieren géén cultuur bezitten, want ook mensapen zijn bijvoorbeeld in staat om kennis en vaardigheden via niet-genetische weg aan volgende generaties door te geven. De menselijke cultuur is echter dermate ingrijpend en complex dat ze een eigen leven is gaan leiden. De culturele evolutie lijkt de biologische evolutie te hebben overvleugeld. Sociobiologen en evolutiepsychologen menen echter dat de zaak subtieler ligt. Volgens hen zijn de twee vormen van evolutie met elkaar verwlochten geraakt. Wilson, bijvoorbeeld, heeft de notie van 'co-evolutie' geïntroduceerd om de innige wisselwerking tussen genen en

cultuur te illustreren. De menselijke cultuur heeft volgens Wilson een nieuwe omgeving gecreëerd waarin bepaalde genen de kans kregen te floreren.

Vanaf het moment dat onze voorouder *H. habilis* ruim twee miljoen jaar geleden vuistbijlen en andere artefacten begon te maken en collectieve jachttechnieken ging uitproberen, richtte het selectieproces zich op nieuwe eigenschappen zoals inventiviteit, communicatie, sociale intelligentie en een vermogen om te leren. De cultuur opende een nieuwe ecologische nis waarin dergelijke eigenschappen uitermate adaptief bleken te zijn. Het is niet voor niets dat het brein vanaf die periode explosief begon te groeien van 750 cc bij *H. Habilis* tot gemiddeld 1500 cc bij de moderne mens. Wilson spreekt in dit verband over een proces van zelfkatalysatie: de co-evolutie van cultuur en genen heeft zichzelf geleidelijk op gang gebracht om ten slotte, ongeveer veertigduizend jaar geleden, in een stroomversnelling te geraken. Er werd een drempel overschreden waardoor er een culturele 'big bang' plaatsvond. Naarmate de cultuur een grotere rol ging spelen, werd de invloed van de biologische evolutie steeds meer naar de achtergrond gedrukt. Ook Wilson erkent dat de menselijke cultuur zich voor een deel aan biologische invloeden heeft ontworsteld.

De cultuur heeft echter geen onbeperkte speelruimte, ze kan niet onbegrensd alle kanten op gaan. Volgens Wilson wordt haar speelruimte bepaald door de grenzen die de menselijke natuur stelt. Dit wordt verwoord in Wilsons beroemde – en destijds beruchte – *leash principle*: de gedachte dat de cultuur aan de leiband van de biologische, genetische evolutie loopt. Het leibandprincipe stelt dat de cultuur zich nooit geheel kan losmaken van biologische invloeden. Door de riem blijven we verbonden met onze genen. Een cultuur die zich tégen de menselijke natuur keert door bijvoorbeeld kinderloosheid te propageren of collectieve zelfmoord aan te moedigen, wordt door een ruk aan de leiband in het gareel gebracht, anders is ze ten dode opgeschreven.

De universele menselijke natuur stelt zo welbepaalde grenzen aan de mogelijke culturele diversiteit. De evolutiepsychologie staat daarmee diametraal tegenover het cultureel determinisme dat stelt dat menselijke culturen eindeloos plooibaar en variabel zijn. Volgens evolutiepsychologen delen mensen in verschillende culturen dezelfde psychische predisposities, variërend van een voorkeur voor bepaalde typen landschappen en gezichten tot een afkeer van slangen en feca-

liën. Evenals Pinker meent Wilson dat deze aangeboren predisposities een genetische basis hebben en begrepen kunnen worden door de biologische geschiedenis van de mens te reconstrueren. We zijn behept met erfelijk bepaalde gevoeligheden, ofwel ‘epigenetische regels’, die tezamen de bedding vormen waarin culturen zich ontwikkelen. Sommige van deze impulsen zijn vrij sterk, zoals het incesttaboe, andere zijn meer terloops zoals de wijze waarop kleine kinderen graag naar menselijke gezichten kijken. Bij elkaar genomen geven de aangeboren impulsen ons nog altijd pijn en plezier. In hoofdstuk 2 hebben we bijvoorbeeld gezien dat de evolutie ook de menselijke seksualiteit heeft vormgegeven. De verschillende voortplantingsstrategieën van mannen en vrouwen hebben niet alleen onze fysiologie maar ook onze psyche beïnvloed. Mannen zijn over het algemeen ontvankelijker voor visuele, seksuele signalen van vrouwelijke jeugdigheid en vruchtbaarheid, terwijl vrouwen meer letten op de sociale status van een partner en zijn bereidheid te investeren.

Dit betekent echter niet dat alle modules die in het verleden adaptief gedrag genereerden dat ook vandaag de dag nog doen. In onze moderne schedels huist, zoals gezegd, een geest uit de prehistorie. Ons brein is het resultaat van natuurlijke selectie en het vergt nu eenmaal de nodige tijd om een module of circuit van enige complexiteit te ontwerpen. De omgeving waarin onze voorouders (en hun brein) evolueerden, was heel verschillend van onze huidige urbane levenswereld. Onze soort bestond gedurende meer dan negentig procent van haar geschiedenis uit kleine groepen van jagers en verzamelaars. We zijn daarom veel handiger in het omgaan met dergelijke kleine groepen dan met grote mensenmassa's. We hebben nog altijd een hang naar tribalisme, een stamgevoel dat onder meer bij voetbalwedstrijden en etnische of religieuze conflicten op de voorgrond treedt. We bezitten een instinctieve angst voor slangen, terwijl een afkeer van versleten en blootliggende elektriciteitskabels veel méér ongelukken zou voorkomen. Een voorkeur voor zoet en calorierijk voedsel was voor onze voorouders een functionele, voordelige eigenschap omdat er in hun omgeving rijp fruit voorhanden was en er altijd tijden van schaarste konden aanbreken. In onze huidige *fast food*-cultuur waar overal suikers en vetten verkrijgbaar zijn, leidt deze impuls tot zwaarlijvigheid en de dood.

WETENSCHAP IN WORDING

De rehabilitatie van de sociobiologie heeft geen definitief einde gemaakt aan de controverse over de menselijke natuur. Over de vraag wie wij zijn en hoe we zo zijn geworden, wordt nog altijd stevig gedebatteerd. De emoties lopen echter lang niet meer zo hoog op als toen Wilson de sociobiologie voor het eerst introduceerde. Er is winst geboekt omdat er enkele hinderlijke dogma's en vooroordelen uit de weg zijn geruimd. Maar er zijn nog steeds grote meningsverschillen over de wetenschappelijke waarde en verdienste van de sociobiologie. Volgens haar aanhangers is de sociobiologie een veelbelovend nieuw en goed gefundeerd onderzoeksprogramma dat een rijkdom aan nieuwe inzichten belooft. De sociobiologie zal de sociale wetenschappen eindelijk volwassen maken door ze van een solide, natuurwetenschappelijke onderbouwing te voorzien. In zijn minder bekende boek *Consilience* uit 1998 betoogt Wilson dat een belangrijk ideaal van de Verlichting voor het grijpen ligt, namelijk universele kennis. ('Consilience' betekent het in elkaar grijpen van causale verklaringen vanuit verschillende invalshoeken.) Wilson windt er in zijn boek geen doekjes om. Hij voorziet niet alleen een spoedige synthese tussen de natuurwetenschappen en de sociale wetenschappen, maar op termijn ook een reductie: de natuurwetenschappen zullen de sociale wetenschappen gaandeweg opslokken. Psychologie, sociologie en antropologie worden herleid tot cognitie- en neurowetenschap, sociobiologie en evolutiepsychologie. Men kan zich echter afvragen of Wilson zijn hand hier niet overspeelt. Reductionisme is een oud en respectabel ideaal, maar het kampt wellicht met principiële problemen. De complexiteit van levende organismen kan misschien nooit in termen van onderliggende, universele fysische wetten en principes worden begrepen omdat de hogere niveaus van de werkelijkheid hun eigen wetten en principes kennen. Dat neemt echter niet weg dat de sociobiologie zeker een brug kan slaan tussen de nu nog grotendeels gescheiden wetenschapsgebieden, zonder dat hun eigenheid daarbij wordt aangetast.

De critici van de sociobiologie en de evolutiepsychologie denken hier echter heel anders over. Volgens hen is elke toenadering uit den boze. Het relatieve succes van de disciplines zou niets anders dan een modegril zijn die dankzij het huidige neoconservatieve klimaat

kan gedijen. Op de keper beschouwd hebben we te maken met een verzameling oudbakken vooroordelen die in een nieuw, quasi-wetenschappelijk jasje worden opgediend. De verklaringen die sociobiologen en evolutiepsychologen voor menselijk gedrag geven, zijn volgens critici volstrekt ad hoc, dat wil zeggen dat het gemakkelijke achteraf-verklaringen zijn die moeilijk getoetst kunnen worden. De bekende evolutiebioloog Stephen Jay Gould, Wilsons collega aan Harvard maar ook een van diens grootste tegenstrevers, noemde dergelijke al te makkelijke verklaringen smalend *just so stories*, naar de Engelse schrijver Rudyard Kipling die een gelijknamig kinderboek schreef met fantasieverhalen als 'Hoe de kameel aan zijn bult kwam' en 'Hoe de luipaard zijn vlekken kreeg'. Volgens Gould doen sociobiologen en evolutiepsychologen precies hetzelfde: ze zuigen een speculatief evolutionair scenario uit hun duim en presenteren dat als een 'verklaring' voor bepaalde menselijke gedragingen. Deze controverse over de wetenschappelijke status van de sociobiologie en de evolutiepsychologie zal ongetwijfeld nog enige tijd voortduren. Het is daarom te vroeg om nu al een definitief oordeel te vellen. Jonge onderzoeksprogramma's moet men de tijd gunnen om volwassen te worden, of om aan hun eigen pretenties ten onder te gaan.

Overigens heeft Wilson na zijn emeritaat bepaald niet stilgezeten. Hij heeft zich de laatste jaren opgeworpen als prominent voorvechter van het behoud van de biodiversiteit. De schaal waarop *H. sapiens* de soortenrijkdom van onze planeet aantast, dreigt uit te lopen op een heuse massa-extinctie. Ook hier zitten bepaalde ingebakken impulsen ons in de weg. We blijken nauwelijks in staat om de mondiale gevolgen van ons handelen te overzien. Onze zorg gaat uit naar onze naasten, het dorp of onze wijk, maar daarbuiten wordt het al snel abstract. Bovendien hebben we de neiging om maar één of twee generaties vooruit te denken. Wat er daarna gebeurt, lijkt niet onze zorg. De exploitatie van de laatste regenwouden en visbestanden is een schrijnend voorbeeld van dergelijk kortzichtig denken. Vergelijk het met iemand die het koud heeft en besluit de Nachtwacht aan stukken te hakken om er een vuurtje van te stoken. Als iedereen in laatste instantie zijn eigenbelang en dat van zijn verwanten najaagt, en we alleen bereid zijn samen te werken om er persoonlijk voordeel bij te halen, komt het *algemeen* belang en uiteindelijk ook de biosfeer van onze planeet in gevaar. Wilson ziet hier een taak voor opvoe-

ding en cultuur die ons egoïsme en onze kortzichtigheid kunnen beteugelen. De cultuur kan onze impulsieve neigingen bijsturen, en dit toont eens te meer aan dat het leibandprincipe reukeloos is. Wilson stelt dat we moeten leren onderscheiden wat in onze huidige samenlevingen de beste impulsen zijn. Als deze epigenetische regels worden gecultiveerd, kunnen ze de moderne mens meer veiligheid en genoeg brengen. En met enig geluk betekent dat ook het behoud van de rest van het aardse leven.

Evolutie en antropologie

OVER VREEMDE LANDEN EN VOLKEN

We hebben in het vorige hoofdstuk gezien dat de sociobiologie en de evolutiepsychologie uitgaan van een geëvolueerde, universeel menselijke natuur. Mensen in verschillende tijden en verschillende culturen hebben in principe dezelfde cognitieve en emotionele predisposities. Het negeren of ontkennen van deze menselijke natuur, waar sommige sociale wetenschappers nog altijd toe neigen, zal daarom alleen maar tot wetenschappelijke dwalingen leiden. Volgens Wilson is het aan toekomstige generaties wetenschappers om de epigenetische regels die aan onze mentale modules en ons gedrag ten grondslag liggen, in kaart te brengen. Alleen met gedegen kennis van de menselijke biologie kan in de sociale wetenschappen vooruitgang worden geboekt. Ondanks de culturele variatie zien we namelijk bepaalde gedragspatronen die in *alle* samenlevingen terugkomen, bijvoorbeeld de centrale positie van de familie en de stam, de zorg voor verwanten, altruïsme gebaseerd op wederkerigheid, en niet in de laatste plaats basale emoties zoals vreugde, woede of verdriet. Volgens sociobiologen en evolutiepsychologen zijn deze patronen voor het grootste deel biologisch bepaald. De biologie levert aldus de ruwe ‘vorm’ van menselijk gedrag die vervolgens door de cultuur van een specifieke ‘inhoud’ wordt voorzien. Door het leibandprincipe is deze culturele variatie echter altijd gebonden aan onze gemeenschappelijke menselijke natuur.

De gedachte dat er zoiets als een universele menselijke natuur bestaat, is allerm minst nieuw. Het idee treft men bijvoorbeeld al aan bij de Britse filosoof David Hume. In zijn *An enquiry concerning human*

understanding (VIII, 1) uit 1748 schrijft hij: ‘Het wordt algemeen erkend dat er grote uniformiteit bestaat in de daden van personen, in alle naties en tijden, en dat de menselijke natuur steeds hetzelfde blijft, in haar principes en verrichtingen. Dezelfde motieven bewerkstelligen altijd dezelfde handelingen: dezelfde gebeurtenissen volgen op dezelfde oorzaken. Ambitie, hebzucht, eigenliefde, ijdelheid, vriendschap, generositeit, gemeenschapszin; deze emoties, vermengd in verschillende gradaties en verspreid door de samenleving, waren vanaf het begin van de wereld, en zijn nog steeds, de bron van alle handelingen en initiatieven die ooit bij mensen zijn waargenomen. De mensheid is dermate gelijk, te allen tijden en op alle plaatsen, dat de geschiedenis ons niets nieuws of vreemds leert in dit opzicht.’

Hume waarschuwt ons daarom voor fantasten die ons iets op de mouw willen spelden over verre volken en vreemde culturen. Stel, zegt hij, dat een reiziger die net is teruggekeerd uit een ver land ons verslag doet van personen die geheel anders zijn dan die die we ooit zijn tegengekomen. De mensen in dit verre oord zouden bijvoorbeeld volledig bevrijd zijn van hebzucht, ambitie en wraak, en geen groter genoegen kennen dan vriendschap, vrijgevigheid en gemeenschapszin. Volgens Hume zouden we onmiddellijk de onwaarheid van dit relaas moeten bespeuren. We kunnen er gerust van uitgaan dat de verteller een leugenaar is, net zo zeker als wanneer hij zijn verslag had doorspekt met verhalen over centauren en draken, of over wonderen en bovennatuurlijke verschijnselen. We zullen zien dat Humes waarschuwing geenszins aan relevantie en actualiteit heeft ingeboet.

DE UNIVERSALITEIT VAN EMOTIES

Ruim een eeuw nadat Hume zijn *Enquiry* had gepubliceerd, begon ook Darwin aan een project dat de universaliteit van de menselijke natuur zou moeten aantonen. Het project verschilde echter in een belangrijk opzicht van dat van Hume omdat Darwin zijn onderzoek in een evolutionair kader kon plaatsen. Darwins evolutietheorie zou niet alleen de biologie maar ook de menswetenschappen op hun grondvesten doen schudden. Het project mondde uit in twee boeken die kort na elkaar verschenen: *De afstamming van de mens*

(*The descent of man*) in 1871 en *Het uitdrukken van emoties bij mens en dier* (*The expression of the emotions in man and animals*) in 1872. Bij het verschijnen van deze twee werken was Darwin al enige tijd beroemd. Zijn bekendste boek, het *Ontstaan van soorten* dat dertien jaar eerder was verschenen, bleek een internationale bestseller waardoor het darwiniaanse gedachtegoed zich alras over Europa en Amerika verspreidde. In het *Ontstaan van soorten* had Darwin echter geen, of nauwelijks, aandacht besteed aan de evolutie van de mens. Dit gebrek werd nu ruimschoots goedge maakt door de publicatie van de twee genoemde werken.

Met name in het boek over het uitdrukken van emoties constateert Darwin dat mensen in verschillende culturen hetzelfde repertoire aan basale gemoedstoestanden vertonen, zoals angst, kwaadheid, afschuw, verdriet en vreugde. Deze emoties en de gelaatsuitdrukkingen waarmee ze gepaard gaan, zijn volgens Darwin niet aangeleerd, maar aangeboren en daarom in alle culturen gelijk. De uitdrukkingen van emoties zijn het resultaat van een gemeenschappelijke, biologische evolutie, en dat maakt ze universeel. Ten behoeve van zijn onderzoek had Darwin beschrijvingen en foto's van menselijke gevoelsuitdrukkingen uit verschillende culturen verzameld. Dit materiaal toonde hij aan zijn vrienden en kennissen met de vraag of zij de betreffende emotie konden achterhalen. In de meeste gevallen leverde dit inderdaad geen enkel probleem op. Darwin heeft een aantal van deze foto's in zijn boek opgenomen, waardoor wij ons ook vandaag de dag nog van de elementaire boodschap van de gelaatsuitdrukkingen kunnen vergewissen.

De Amerikaanse psycholoog Paul Ekman, die in 1998 een nieuwe editie van Darwins boek over emoties heeft geannoteerd en van een inleiding en epiloog heeft voorzien, stelt onomwonden vast dat Darwin zijn tijd ver vooruit was. Niettemin zou er in de twintigste eeuw een felle strijd ontbranden over de wijze waarop Darwins werk over emoties moest worden geïnterpreteerd. De tegenstanders van Darwin hebben lange tijd de overhand gehad, maar het tij is aan het keren, ook in de sociale wetenschappen. Ekman, een internationaal erkend specialist op het gebied van emoties en gezichtsuitdrukkingen, was aanvankelijk zelf ook sceptisch over Darwins bevindingen, maar geeft nu volmondig toe dat hij zich heeft vergist. Ekmans onderzoek naar gelaatsuitdrukkingen waarbij proefper-

sonen uit verschillende culturen waren betrokken en een veldstudie naar geïsoleerde stenentijdperkvolken in Nieuw-Guinea wezen onontkoombaar op Darwins gelijk: basale menselijke emoties zijn aangeboren en universeel. In Nieuw-Guinea vroeg Ekman enkele Papoeamannen (via een tolk) om te laten zien welk gezicht ze zouden trekken als zij de hoofdpersoon in een bepaald verhaal zouden zijn. Tijdens het uitbeelden van de emoties maakte Ekman foto's en video-opnamen. Afbeelding 6.1 laat een aantal van hun poses zien. Terug in de Verenigde Staten draaide Ekman de videoband af voor Amerikaanse studenten. Als uitdrukkingen universeel zijn, zouden Amerikanen die nooit eerder mensen uit Nieuw-Guinea hadden ontmoet, geen moeite moeten hebben om de verschillende poses en emoties thuis te brengen. En dat bleek ook inderdaad het geval.

De universaliteit van emoties en emotie-uitdrukkingen bracht Darwin tot twee conclusies. Ten eerste meende hij dat de menselijke emoties, en de daarmee corresponderende gevoelsuitdrukkingen en gelaatsspieren, niet uniek zijn. De mens is geen afzonderlijke, door God geschapen soort, maar een door graduele evolutie ontstane primaat. Het feit dat andere primaten dezelfde gelaatsspieren bezitten als de mens en vrijwel identieke gevoelsuitdrukkingen vertonen, duidde volgens Darwin op de continuïteit van de soorten. Deze continuïteit, ofwel de geleidelijke overgang van de ene naar de andere soort, vormde één van de belangrijkste pijlers van zijn evolutietheorie. In de evolutie zien we volgens Darwin geen plotselinge sprongen, maar vloeiende overgangen. Ten tweede wees de universaliteit van de emoties volgens Darwin op het feit dat de verschillende mensenrassen een gemeenschappelijke oorsprong hebben. Darwin keerde zich daarmee tegen de visie van veel van zijn tijdgenoten, onder wie de invloedrijke Zwitsers-Amerikaanse paleontoloog Louis Aggasiz, die meenden dat de verschillende mensenrassen een gescheiden evolutionaire ontwikkeling hebben doorgemaakt.

VICTORIAANSE VOORROEDELLEN

In de tweede helft van de negentiende eeuw woedde binnen de antropologie een strijd tussen de zogeheten monogenisten en polygenisten, een discussie die tot op zekere hoogte vergelijkbaar is met het hedendaagse dispuut tussen de aanhangers van het *Out of Af-*



A



B



C



D

Afbeelding 6.1: Gelaatsuitdrukkingen. De instructies waren: laat zien wat voor een gezicht u zou trekken als u de persoon in het verhaal zou zijn.

A = uw vriend is gekomen en u bent blij

B = uw kind is overleden

C = u bent woedend en bereid te gaan vechten

D = u ziet een dood varken dat daar al heel lang heeft gelegen

rica-scenario en die van het multiregionale model (zie p. 103 e.v.). Monogenese behelst de stelling dat alle mensenrassen dezelfde gemeenschappelijke oorsprong hebben, de visie die ook Darwin onderschreef. Polygenese daarentegen is de stelling dat de mensenrassen verschillende oorsprongen hebben. De verkondigers van deze laatste visie meenden dat de rassen ofwel afzonderlijk zijn geschapen, een visie waartoe Aggasiz neigde, ofwel verschillende stadia van de evolutie vertegenwoordigen. De 'lagere' rassen werden zo als 'bevroren overblijfselen' beschouwd van de progressieve evolutie van aap naar mens. We hebben in hoofdstuk 4 gezien dat polygenese en het multiregionale model niet plausibel zijn. De meeste hedendaagse paleoantropologen gaan ervan uit dat de oorsprong van de moderne mens in Afrika gezocht moet worden. *H. sapiens* begon vervolgens ongeveer honderdduizend jaar geleden over de wereld uit te zwermen, hetgeen betekent dat onze soort evolutionair en genetisch gezien vrij jong en homogeen is. De verschillen die tussen de mensenrassen bestaan, zijn oppervlakkig (zoals de huidskleur) en van recente datum.

Het feit dat Darwin uitging van een gemeenschappelijke oorsprong van de mens betekent overigens niet dat hij ook meende dat alle mensenrassen gelijkwaardig zijn. Net als de meeste andere negentiende-eeuwse westerlingen was Darwin ervan overtuigd dat het blanke, Europese ras (en dan met name de mannelijke helft daarvan) als het voorlopige hoogtepunt van de evolutie moest worden beschouwd. Negers en Papoea's waren in Darwins ogen inferieure, 'wilde' mensenrassen zonder beschaving. In hagiografieën wordt Darwin vaak voorgesteld als een man van de wereld, zonder vooroordelen omtrent sekse of ras. Dit beeld is echter onjuist. In *De afstamming van de mens* vindt men verschillende passages die niets aan Darwins ideeën over vrouwen en rassen te raden overlaten. Net zoals de wilde rassen vertegenwoordigen vrouwen een 'lagere staat van beschaving', aldus Darwin.

Onder invloed van Darwin werd het evolutionaire verklaringsmodel razend populair in de tweede helft van de negentiende eeuw. Het resultaat was echter nauwelijks wetenschappelijk te noemen. Omdat men de evolutie als een overkoepelend proces beschouwde en men niet over een plausibele erfelijkheidstheorie beschikte, werden de invloeden van *nature* en *nurture*, aanleg en omgeving, over één kam geschoren. Het resultaat hiervan was dat men allerlei victoriaanse

vooroordelen omtrent ras, sekse en sociale afkomst bevestigd zag. Niet alleen werden sommige mensenrassen als biologisch inferieur beschouwd, maar ook aan armoede of maatschappelijk succes werd een biologische oorzaak gekoppeld. De invloedrijke socioloog Herbert Spencer meende bijvoorbeeld dat Darwins verklaringmodel, dat hij samenvatte met de slogan *survival of the fittest*, niet alleen op de evolutie van organismen maar ook op menselijke samenlevingen van toepassing was. Het sociaal-darwinisme dat uit deze mengeling van biologische en maatschappelijke inzichten voortvloeide, stelde dat men het natuurlijke, evolutionaire proces niet mocht verstoren door de hulpbehoevenden in de samenleving een helpende hand te reiken. Het principe van natuurlijke selectie schreef immers voor dat de sterksten ten koste van de zwakkeren zullen overleven (zie p. 18).

Een soortgelijke gedachte leefde bij de aanhangers van de eugenetica, een stroming die aan het eind van de negentiende eeuw het licht zag. De pleitbezorgers van de eugenetica meenden de menselijke soort te kunnen 'verbeteren' door de invoering van gedwongen sterilisaties en een verbod op raciaal gemengde huwelijken. De naam van de beweging (eugenetica betekent 'goede afstamming') was bedacht door Darwins neef Francis Galton die na lezing van het *Ontstaan van soorten* tot het inzicht was gekomen dat de evolutie een handje kan worden geholpen door sommige mensen, bijvoorbeeld zwakbegaafden, criminelen, of lieden uit de laagste sociale milieus, het recht op voortplanting te ontnemen. Intussen waren er echter steeds meer sociale wetenschappers opgestaan die zich terecht verzetten tegen deze 'biologische oplossingen' voor maatschappelijke problemen. In het begin van de twintigste eeuw deden zich bovendien enkele ontwikkelingen voor die tot een breuk met de voorafgaande periode zouden leiden. Na de eeuwwisseling keerden steeds meer sociale wetenschappers zich tegen het idee dat er zoiets als een universele menselijke natuur bestaat. Helaas raakten hierdoor ook Darwins oorspronkelijke ideeën omtrent de universaliteit van de menselijke natuur en de menselijke emoties in de vergetelheid. De waardevolle inzichten die Darwin had verzameld, zouden meer dan vijftig jaar lang worden genegeerd.

HET STANDAARDMODEL VAN DE SOCIALE WETENSCHAP

Het nieuwe gezichtspunt dat binnen de sociale wetenschappen opgeld deed, was deels verklaarbaar als reactie op het sociaal-darwinisme en de eugenetica, stromingen die in sommige kringen hardnekkig populair bleven. Een andere reden voor de argwaan jegens elke vorm van 'biologisme' was de opkomst van nieuwe stromingen in de sociale wetenschappen zoals het behaviorisme en het cultureel determinisme. Het behaviorisme van de Amerikaanse psycholoog John Watson propageerde dat gedrag van dieren en mensen geheel door een leerproces wordt bepaald. Alle gedrag kan door conditionering, dat wil zeggen door beloning en straf, worden gestuurd en bijgesteld. Het postuleren van een geest in de menselijke machine werd overbodig geacht omdat wetenschappers zich moesten toeleggen op het bestuderen van objectief waarneembaar gedrag. Door gedrag zorgvuldig in kaart te brengen, en het desgewenst te veranderen, zou men op den duur precies kunnen voorspellen welke reactie er op een bepaalde stimulus volgt. Het behaviorisme zou een enorme invloed uitoefenen op de psychologie en de overige sociale wetenschappen van de twintigste eeuw. Pas na 1950 begon de stroming aan populariteit te verliezen.

Ook de studie naar diergedrag werd door het behaviorisme beïnvloed, waardoor het toekennen van emoties aan dieren lange tijd taboe was in de ethologie. Darwin zou zich schuldig hebben gemaakt aan antropomorfisme, dat wil zeggen, het idee dat dieren dezelfde gevoelens en gedachten hebben als mensen. De lichaamstaal en gelaatsuitdrukkingen van dieren waren volgens behavioristen louter communicatief van aard, bedoeld om elementaire boodschappen over te brengen. De gedachte dat er achter het gedrag van dieren ook nog een gevoelswereld schuilgaat, werd niet toetsbaar en dus ook niet wetenschappelijk geacht. Pas in de tweede helft van de twintigste eeuw begonnen ethologen de emoties van dieren weer te onderkennen, wat ongetwijfeld heeft bijgedragen aan de groeiende discussie over dierenrechten en de afschuif van de bio-industrie.

Het idee van het behaviorisme dat gedrag uiterst plooibaar is, effende de weg voor het cultureel determinisme: de doctrine dat het gedrag van de mens geheel door omgevingsfactoren wordt bepaald. De vermeende 'menselijke natuur' was volgens de aanhangers van

deze doctrine niets anders dan een tijdelijke of plaatselijke ‘stolling’ van bepaalde gewoonten die binnen een cultuur opgang doen. Als de cultuur, de opvoeding of het milieu verandert, zal ook het gedrag veranderen. Omdat de menselijke natuur grenzeloos plooibaar werd geacht, beschouwde men de invloed van de biologie en de evolutie op menselijk gedrag als verwaarloosbaar. Men zag elk pasgeboren mens als een onbeschreven blad (*tabula rasa*) dat volledig door omgevingsfactoren wordt ingevuld. Het idee van de plooibare, onbeschreven mens staat bekend als het ‘standaardmodel van de sociale wetenschappen’. Het standaardmodel stelt dat de menselijke natuur een fictie is want er is helemaal niets aangeboren. Erfelijkheid speelt geen enkele rol bij verschillen in talent of karakter want verschillen in cognitieve vaardigheden zijn louter het gevolg van verschillen in milieu.

Na de Tweede Wereldoorlog versteende het standaardmodel tot een heus dogma dat alleen op straffe van excommunicatie en verguizing bekritiseerd kon worden. De nazi's hadden immers laten zien waartoe *Sozialbiologie* en rassenwaan kunnen leiden. Het was natuurlijk terecht dat deze gruwelijke uitwassen werden veroordeeld, maar de reactie was te extreem. Politieke correctheid leidde ertoe dat lange tijd een taboe rustte op elke suggestie dat menselijk gedrag ook door biologische en erfelijke componenten wordt bepaald. Ouders met psychotische of autistische kinderen kregen bijvoorbeeld te horen dat de kwalen van hun kroost aan een verkeerde opvoeding of een tekort aan affectie waren te wijten.

Naast de behavioristische psychologie was de culturele antropologie de grootste pleitbezorger van het standaardmodel en de *tabula rasa*-doctrine. In de voorbije eeuw zijn generaties antropologen opgeleid met het idee dat de menselijke natuur een verzinsel is. De vermeende universele eigenschappen en gedragskenmerken zouden in werkelijkheid sociale constructies zijn die van plaats tot plaats en van tijd tot tijd kunnen verschillen. Dit gold dan natuurlijk ook voor de menselijke emoties. Men meende dat emoties cultuurgebonden zijn en voortkomen uit een individueel leerproces. Mensen in verschillende culturen zullen daarom verschillende emoties en gevoelsuitdrukkingen vertonen. Niet de biologie maar de cultuur bepaalt immers ons gedrag. Deze zienswijze leidde onder meer tot de dwalingen van het soort waarvoor Hume ons eerder waarschuwde.

Antropologen brachten verslag uit van exotische volkeren die geheel ander gedrag en andere emoties vertoonden dan de gemiddelde westerling, en deze onderzoeksresultaten werden vervolgens weer gebruikt om de onomstotelijke waarheid van het cultureel determinisme aan te tonen. Darwin was verder weg dan ooit.

Het meest spraakmakende voorbeeld van een sociale wetenschapper die aldus de plank heeft misgeslagen is de Amerikaanse antropologe Margaret Mead. Haar werk, met name dat uit de jaren twintig en dertig van de vorige eeuw, geldt als het hoogtepunt – sommigen zullen zeggen dieptepunt – van het cultureel determinisme. In 1928 verscheen haar boek *Coming of age in Samoa*, een verslag van haar etnografische studie naar vrouwelijke adolescenten op Samoa. Er zijn weinig boeken die zoveel invloed op het denken in de sociale wetenschap van de twintigste eeuw hebben gehad. In de antropologie geldt het werk als een klassieker. Meads fraaie en toegankelijke schrijfstijl sprak bovendien een groter publiek aan: veel doorsnee Amerikanen kwamen voor het eerst in aanraking met de antropologie door het lezen van *Coming of age*. Het boek werd een internationale bestseller en is in vele talen vertaald. Mead werd de hemel in geprezen: ze zou ondubbelzinnig hebben aangetoond dat het idee van een universele menselijke natuur een hersenspinsel is.

Omdat iedereen ervan overtuigd was dat Meads bevindingen correct waren, werd er lange tijd geen kritisch vervolgonderzoek gedaan. Pas in 1983 verscheen een studie van de Nieuw-Zeelandse antropoloog Derek Freeman die Meads intellectuele erfenis aan het wankelen zou brengen. Freemans betoog heeft de toon van een persoonlijke afrekening: Mead moest als pseudo-wetenschapper en charlatan worden ontmaskerd. Om te kunnen begrijpen waarom de reactie zo heftig was, is het noodzakelijk om eerst Meads achtergrond en haar onderzoek op Samoa te bespreken.

CULTUREEL RELATIVISME

Mead werd op 16 december 1901 geboren in Philadelphia. Haar vader was econoom en haar moeder socioloog. Mead wilde aanvankelijk dichteres worden, maar omdat ze zelf vond dat ze te weinig talent had, besloot ze voor de wetenschap te kiezen. Ze studeerde psychologie en behaalde een doctoraat in de antropologie bij haar

leermeester Franz Boas aan de Columbia Universiteit in New York. De uit Duitsland afkomstige antropoloog Boas was in 1899 benoemd tot hoogleraar aan deze universiteit. In de eerste helft van de twintigste eeuw zou de Amerikaanse antropologie diepgaand door zijn ideeën worden beïnvloed. Boas was een fervent criticus van de eugenetica en van elk onderzoek naar biologische invloeden op menselijk gedrag. Daarnaast is Boas de grondlegger van het cultureel relativisme in de antropologie: de gedachte dat culturen gelijkwaardig zijn en dat termen als ‘beschaving’ en ‘barbarisme’ slechts ongefundeerde, westerse vooroordelen weerspiegelen. Cultureel relativisme moet niet worden verward met cultureel determinisme, de gedachte dat cultuur de belangrijkste, of enige, determinant is van gedrag. De twee doctrines gaan vaak samen, zoals bij Boas en Mead, maar ze zijn niet identiek. Boas’ cultureel relativisme staat in schril contrast met het etnocentrisme van Darwin en zijn victoriaanse tijdgenoten dat de superioriteit van het blanke ras en de Europese cultuur benadrukte. Volgens het cultureel relativisme bestaan er geen hogere of lagere culturen en dit betekent dat antropologen zo objectief mogelijk te werk moeten gaan wanneer ze vreemde volken bestuderen. Elke samenleving is uniek en het resultaat van een lange ontstaansgeschiedenis waardoor een vreemde cultuur eigenlijk alleen van ‘binnenuit’ valt te begrijpen. Het zoeken naar universele wetmatigheden of biologische constanten achtte Boas niet alleen gevaarlijk maar ook onjuist omdat deze vermeende ‘wetmatigheden’ en ‘constanten’ ook weer het product zijn van een bepaalde cultuur, in dit geval de westerse. Een beroep op een universele menselijke natuur was in Boas’ optiek dan ook uit den boze. De antropologie moest juist worden beschermd tegen dergelijke uitwassen en Boas meende dat zijn talentvolle leerlinge hier een rol bij kon spelen.

De jonge, ambitieuze Mead – ze was pas 23 – vertrok in de zomer van 1925 per boot van San Francisco om onderzoek te gaan doen op Amerikaans Samoa. De Samoaanse eilanden liggen in het westelijk deel van Polynesië, een eilandengroep in de Stille Oceaan. Bij aankomst verbleef Mead eerst zes weken in Pago Pago, de hoofdstad op het eiland Tutuila en tevens marinebasis, waar ze de inheemse taal onder de knie probeerde te krijgen. Critici hebben later hun twijfels geuit over Meads beheersing van het Samoaans. Haar verblijf in Pago Pago was veel te kort en daarbij kwam dat Mead bepaald niet als een

talenwonder te boek stond. Hoe dit ook zij, na zes weken meende Mead voldoende toegerust te zijn voor haar eigenlijke reisdoel: het kleine eiland Ta'u in de Manu'a-archipel, eveneens tot Amerikaans Samoa behorend (afb. 6.2). Mead zette er op 9 november voet aan wal. Mead had Ta'u uitgekozen voor haar studie naar het gedrag en de ontwikkeling van opgroeiende meisjes. Het onderzoek zou moeten aantonen dat menselijk gedrag door de cultuur wordt bepaald. Op het eiland verbleef ze niet bij de oorspronkelijke bewoners maar bij het gezin van Edward Holt, een apotheker bij de Amerikaanse marine. Het was het enige blanke huishouden op het eiland. In haar brieven aan Boas schrijft Mead dat de Holts de essentiële 'neutrale uitvalsbasis' verschaften voor haar etnografische verkenningen. Bijkomend voordeel was dat ze het inheemse voedsel niet hoefde te eten en niet op de grond hoefde te slapen.

Meads onderzoek betrof opgroeiende meisjes in de leeftijd van veertien tot twintig jaar. Uit de verschillende dorpen op het eiland had ze vijftientig meisjes uitgekozen om te interviewen. De uitvoerige vraaggesprekken werden, samen met Meads eigen observaties, uitgewerkt tot een onderzoeksverslag. Het project nam enkele maanden in beslag, van november 1925 tot maart 1926. Daarbij had Mead overigens met tegenvallers te kampen. Op nieuwjaarsdag 1926 werd het eiland door een verwoestende orkaan getroffen waardoor de bewoners wekenlang bezig waren om hun dorpen te herstellen. In het voorjaar van 1926, na een verblijf van negen maanden op Samoa, keerde Mead per boot via Europa terug naar de Verenigde Staten. In New York werd het onderzoeksmateriaal omgesmeed tot het manuscript van *Coming of age* dat in 1927 gereed was en een jaar later werd gepubliceerd. In het voorwoord stelt Boas dat Meads nauwgezette onderzoek het vermoeden bevestigt dat veel van wat wij aan de menselijke natuur toeschrijven, niet meer is dan een reactie op de belemmeringen die ons door onze beschaving worden opgelegd.

OPGROEIEN OP SAMOA

De voornaamste observatie in *Coming of age* is dat opgroeiende meisjes op Samoa niet lijken te worden geplaagd door de puberteit. In westerse samenlevingen is deze periode van adolescentie bijna altijd problematisch. Amerikaanse tienermeisjes zijn vaak onzeker en op-

standig, of ze liggen hevig met zichzelf in de knoop. Bij Samoaanse meisjes is dit echter niet het geval, stelt Mead vast. De puberteit van de meisjes is gespeend van elke geestelijke crisis. Volgens Mead is de problematiek van Amerikaanse meisjes gedurende de puberteit dus geen biologische constante die in alle culturen voorkomt. De puberteitcrisis is niet iets waar iedereen nu eenmaal doorheen moet, Samoa bewijst immers het tegendeel.

Mead noemt een aantal redenen waarom opgroeien op Samoa zo gemakkelijk gaat. Ten eerste wijst ze op de *general casualness*, de algemene ongedwongenheid van de Samoaanse samenleving. De Samoanen behoren volgens Mead tot de vriendelijkste, minst twistzieke en meest vredelievende volken ter wereld. Samoanen hebben losse familiebanden en binden zich daarom niet sterk aan één persoon. Baby's gaan van jongs af aan van hand tot hand en groeien op in de dorpsgemeenschap waardoor de sterke hechting tussen kinderen en hun ouders ontbreekt. Samoaanse kinderen kiezen volgens Mead hun eigen thuis. De gezamenlijkheidszin maakt dat de Samoanen ook nauwelijks gewelddadige conflicten kennen. De emoties lopen nooit hoog op want de nadruk ligt op het collectief en de vreedzame harmonie. Agressie is een zeldzaamheid op Samoa. Waar andere samenlevingen worden geplaagd door de gewelddadigheid van opgeschoten (mannelijke) adolescenten, heerst er op Samoa overwegend vrede en rust. Oorlog, zelfmoord en verkrachting zijn vrijwel onbekende fenomenen. Ook competitie en concurrentie, zo kenmerkend voor de westerse samenleving, is de Samoanen vreemd. Uitblinken, een hoge westerse deugd, is op Samoa zelfs een heuse ondeugd.

Een tweede reden waarom volwassen worden op Samoa onproblematisch is, komt volgens Mead voort uit de ontspannen houding tegenover seks. Seks is het favoriete tijdverdrijf onder jonge Samoanen, constateert Mead. Daarbij gaat het niet zozeer om de persoonlijkheid van de partner, maar meer om zijn of haar seksuele techniek en virtuositeit. Eén copulatie per nacht wordt door Samoanen als een teken van seniliteit gezien. In haar boek schetst Mead het beeld van een paradijselijk, tropisch bounty-eiland waar zowel jongens als meisjes naar hartelust met seks mogen experimenteren. In tegenstelling tot de westerse wereld kent het heidense Samoa geen verstikkende zeden met betrekking tot seksualiteit. Ook de knellende emotionele band tussen minnaars ontbreekt: de relaties zijn over-

wegend vluchtig en de seksuele contacten speels. Omdat de meisjes geen vaste liefdespartner hebben, zijn ze ook zelden jaloers. De Samoanen zijn weliswaar gepassioneerd, stelt Mead vast, maar er ontstaan geen 'romantische' afhankelijkheidsrelaties die zo kenmerkend zijn voor westerse liefdesparen. Over overspel wordt niet moeilijk gedaan omdat op Samoa de zorgeloze, vrije liefde geldt waarbij de ene minnaar voor de andere wordt ingeruild. Het begrip 'zonde' is de tieners vreemd want intimiteit met leden van het eigen geslacht wordt allerm minst geschuwd en gezamenlijk masturberen is niet ongewoon. De oudere Samoanen staan dit alles welwillend toe, constateert Mead. Sterker nog, de meisjes worden juist aangemoedigd om van hun puberteit te genieten. Meisjes proberen de periode van adolescentie dan ook te rekken om zoveel mogelijk ervaringen op te doen. Alleen de zogeheten *taupou*, de ceremoniële dorpsmaagd, wordt geacht haar maagdelijkheid te bewaren ten behoeve van het stamhoofd.

Kortom, het feit dat Samoaanse pubers zo zorgeloos en ontspannen door het leven gaan, heeft volgens Mead een sociaal-culturele oorzaak. Anders dan in het Westen worden wensen en verlangens op Samoa immers niet door de samenleving onderdrukt. Westerse adolescenten kennen deze 'primitieve' luxe niet omdat zij aan allerlei strikte, en vaak tegenstrijdige, regels en verwachtingen moeten voldoen. De gefrustreerde pubers worden in het stramien van de beschaving gedwongen waarbij een dubbele moraal ten aanzien van seksualiteit de boventoon voert. Niet de menselijke *natuur* maar de op seksueel gebied repressieve westerse *cultuur* is volgens Mead de oorzaak van de tienerstress. Anders dan hun Amerikaanse leeftijdgenoten hebben Samoaanse meisjes immers geen last van psychische klachten zoals neurosen of depressies. Frigiditeit, alsook impotentie bij mannen, komt op Samoa niet voor. De openhartige wijze waarop Mead over (homo)seksualiteit en masturbatie schrijft, verklaart voor een deel ook de aantrekkingskracht en het onmiddellijke succes van het boek destijds. In de jaren twintig en dertig was een dergelijke openheid over intieme zaken immers vrij zeldzaam. De oorspronkelijke stofomslag van *Coming of age* waarop een Samoaanse schone met blote borsten was getekend die met haar vrijer bij volle maan over het strand rent, heeft waarschijnlijk ook bijgedragen aan de hoge verkoopcijfers van het boek.



Afbeelding 6.2: De Samoaanse eilanden. Meads onderzoek vond plaats op het eilandje Ta'u in de Manu'a archipel (rechtsonder).

Mead behoort zo ook tot de eerste wetenschappers die de kwestie van *gender* hebben aangekaart, de gedachte dat mannelijke en vrouwelijke rolpatronen niet vastliggen maar door de sociale omgeving worden ingevuld. Deze visie op de sociale constructie van mannelijke en vrouwelijke rolpatronen zou in de tweede helft van de twintigste eeuw een grote bloei doormaken, met name in feministische kringen. Denk in dit verband bijvoorbeeld ook aan de lijfspreuk van Simone de Beauvoir, een andere feministe van het eerste uur: 'Je wordt niet als vrouw geboren, maar gemaakt.' In navolging van Mead ontkennen genderonderzoekers dat zulke rolpatronen ook maar iets met biologie of evolutie hebben te maken. De vermeende aangeboren gedragsverschillen tussen seksen, als ze al bestaan, zijn zo miniem dat we ze gerust kunnen negeren. De Belgische filosofe Griet Vandermassen heeft in haar fraaie studie *Darwin voor dames* uit 2005 de dogma's en dwalingen van de sociaal-constructivistische visie op gender uitvoerig uit de doeken gedaan. Vandermassen, die zichzelf een 'darwinistisch feministe' noemt, stelt dat het onderzoek naar gender sterk ideologisch is gekleurd en daardoor weinig meer met wetenschap heeft te maken. Indien de discipline 'gender-studies' respectabel wil worden, zal ze aansluiting moeten zoeken

bij de biologische wetenschappen. Een darwiniaans perspectief op de menselijke natuur en op de seksen is daarbij onontbeerlijk, aldus Vandermassen.

MOEDER VAN DE WERELD

Na het verschijnen van *Coming of age* in 1928 was iedereen ervan overtuigd dat Mead het biologisch determinisme had weerlegd. Er was immers maar één tegenvoorbeeld (*negative instance*) nodig om de theorie van de universele menselijke natuur onderuit te halen, en dit was precies wat Mead ogenschijnlijk had gedaan. *Coming of age* was het boek waarop iedereen had gewacht. Mead had aangetoond dat het ritme van de cultuur veel sterker is dan het ritme van onze biologie. Het gedrag dat westerse pubers vertonen, is geen noodzakelijke biologische fase waar elk mens mee krijgt te maken. De identiteitscrisis van westerse tieners heeft een culturele oorzaak, want Samoa liet immers zien dat het ook anders kan. Niet de natuur maar de samenleving bepaalt ons gedrag. Samoa moest daarom voor westerlingen als voorbeeld dienen hoe het beter kon, want door de invloed van cultuur is menselijk gedrag blijkbaar in elke gewenste vorm te kneden. We kunnen onze eigen samenleving in principe zodanig omvormen dat alle vervelende aspecten eruit verdwijnen. *Coming of age* draagt niet voor niets de ondertitel 'Een psychologische studie van primitieve jongeren voor de westerse beschaving'.

Ook de behavioristische school van Watson sloot zich in de jaren dertig aan bij het vooruitgangdenken. Net als Boas en Mead ging het behaviorisme uit van de *tabula rasa*-doctrine en het cultureel determinisme: alle menselijk gedrag is flexibel en veranderbaar. Aangeboren of erfelijke disposities voor talent, temperament en karakter bestonden eenvoudig niet. Mensen zijn onbeschreven bladzijden die worden ingevuld door cultuur. Het gevoel van een sociale renaissance hing in de lucht, een nieuwe verlichting ten aanzien van sociale en seksuele mores. Veel linkse westerse intellectuelen dweepten met de jonge Sovjet-Unie waar dit proces zogenaamd al in gang was gezet. Het communisme was een belangrijke stap op weg naar het Samoaanse ideaal: een samenleving die was bevrijd van hypocrisie en burgerlijke conventies. Meads conclusies hadden een enorme invloed, niet alleen op de antropologie, maar ook op de psychologie,

de sociologie en de pedagogie. Haar werk werd verplichte kost voor studenten in de sociale wetenschappen over de hele wereld. *Coming of age* behoorde voortaan tot de canon van de moderne antropologie en kreeg de status van een wetenschappelijke klassieker.

Mead was een beroemdheid en zou dat haar hele leven blijven. Haar veldwerk combineerde ze met een glanzende academische loopbaan in de Verenigde Staten. Ze was lange tijd curator van de afdeling etnologie (volkenkunde) van het American Museum of Natural History, gelegen aan de westzijde van Central Park in New York. Van 1954 tot 1978 bekleedde Mead een leerstoel antropologie aan Columbia en in 1976 werd ze voorzitter van de American Association of the Advancement of Science. Mead ontving in de loop der jaren talrijke wetenschappelijke onderscheidingen en maar liefst achtentwintig eredoctoraten. Collega's bestempelden haar als de moedergodin van de Amerikaanse antropologie. Mead was de goeroe van progressief Amerika. Bij elk maatschappelijk probleem werd Mead erbij gehaald om haar licht over de kwestie te laten schijnen. Feminisme, abortus, rassendiscriminatie – over elk gevoelig onderwerp had Mead een uitgesproken vooruitstrevende mening. In 1969 noemde *Time Magazine* haar de 'Moeder van de Wereld'. Ondanks haar kleine gestalte, Mead was nauwelijks één-meter-zestig lang, stond ze overal in het centrum van de belangstelling. De mythe leek onaantastbaar.

Pas halverwege de jaren vijftig werd er voor het eerst vervolgonderzoek gedaan op Samoa. De Amerikaanse antropoloog Lowell D. Holmes verrichtte in 1954 veldwerk op de Manu'a archipel en hij interviewde daarbij een aantal vrouwen die ook in Meads studie hadden gefigureerd. Holmes bracht daarbij enkele discrepanties aan het licht. Waar Mead een overwegend heidens eiland beschreef, constateert Holmes dat de Samoanen devote christenen zijn. De eilandbewoners bleken al in 1840 te zijn bekeerd door Britse protestanten en sindsdien speelde dit geloof, aangevuld met exotische trekjes, een aanzienlijke rol in het leven van de Samoanen. In *Coming of age* noemt Mead weliswaar de aanwezigheid van de Protestantse Kerk en de missionarissen op Samoa, maar de invloed ervan op de oorspronkelijke bewoners achtte ze gering. Holmes constateert tevens dat competitie en concurrentie belangrijke drijfveren voor de Samoanen zijn, terwijl Mead had geschreven dat deze impulsen goed-

deels afwezig waren. Ook viel het Holmes op dat volwassen worden op Samoa lang niet altijd van een leien dakje ging. Geweld onder jongeren was allerm minst sporadisch en psychische klachten kwamen veelvuldig voor. Voor Holmes was dit echter geen reden om Meads observaties in twijfel te trekken. Hij meende dat de geconstateerde verschillen aan de inmiddels veranderde Samoaanse samenleving waren te wijten. In de publicatie van Holmes' studie klinkt weliswaar voorzichtige kritiek op Meads werk door, maar dan vooral op subtiliteiten zoals de precieze interpretatie van bepaalde Samoaanse gebruiken. Ook in latere publicaties stelt Holmes vast dat de kern van Meads onderzoek *sound*, ofwel deugdelijk, is.

Ook de Amerikaanse antropologe Eleanor Gerber, die begin jaren zeventig vijftien maanden op Samoa verbleef, constateerde verschillen tussen haar eigen observaties en het Samoa dat Mead beschrijft. De seksuele moraal bleek een stuk puriteinsder dan in Meads boek. Enkele Samoanen die van de inhoud van *Coming of age* kennis hadden genomen, vertrouwden Gerber bijvoorbeeld besmuikt toe dat er niets klopte van al dat 'seksgedoe'. Net als Holmes wijt Gerber de discrepanties vooral aan de tijd die inmiddels was verstreken: in de tussenliggende vijftig jaar waren de Samoanen blijkbaar een stuk preutser geworden. Het icoon Mead bleef vooralsnog onaangetast, maar de primitieve idylle van Samoa begon niettemin haarscheurtjes te vertonen.

DE AANVAL VAN FREEMAN

Mead overleed op 15 november 1978 in New York aan kanker. Vijf jaar later, in 1983, verscheen de eerste echte kritiek op haar werk van de hand van de Nieuw-Zeelandse antropoloog Derek Freeman: *Margaret Mead and Samoa, the making and unmaking of an anthropological myth*. Freeman had in de jaren veertig en zestig zelf onderzoek gedaan op Upolu, een van de grotere eilanden van West-Samoa. In zijn boek, dat is opgedragen aan de wetenschapsfilosoof Karl Popper, laat Freeman geen spaan heel van Meads *Coming of age*: elke bevin- ding en elke observatie van Mead wordt door hem weerlegd. Freemans kritiek is zo hevig, en het beeld dat van Mead oprijst dermate ontluisterend, dat menigeen de motieven en conclusies van Freeman in twijfel trok. Freemans boek heeft de toon van een persoonlijke

afrekening: Mead, decennialang beschouwd als de wijze Moeder van de Aarde, moest blijkbaar de grond in worden geboord.

Freemans aanval is frontaal en genadeloos. Naast de discrepanties die Holmes en Gerber al eerder hadden opgemerkt, komt Freeman met een stortvloed aan aanvullende bewijzen dat Mead alles uit haar duim heeft gezogen. Volgens Freeman is er op Samoa helemaal geen sprake van seksuele promiscuïteit onder meisjes omdat maagdelijkheid hoog staat aangeschreven en seks *voor* het huwelijk taboe is. Het is de taak van de *taupou* of dorpsmaagd om het goede voorbeeld aan de meisjes te geven. Deze maagdelijkheidcultus is volgens Freeman onmogelijk te rijmen met de onbekommerde losbandigheid die Mead in haar boek beschrijft. Maar ook op andere terreinen komt Freeman tot tegengestelde conclusies. Tegenover Meads observatie dat de Samoanen weinig problemen kennen in de relatiesfeer, stelt Freeman dat frigiditeit vaak tot relationele spanningen leidt en dat overspel de belangrijkste reden voor echtscheiding is. Waar Mead stelt dat onvrijwillige seksuele handelingen op Samoa een zeldzaamheid zijn, komt Freeman met een overheidsrapport dat concludeert dat verkrachting tot de vijf meest voorkomende misdaden op de archipel behoort. In haar boek rept Mead over de geringe emotionele binding tussen Samoaanse ouders en hun kinderen. Freeman stelt hier tegenover dat de primaire band tussen moeder en kind tot de natuurlijke aard van de Samoanen behoort, net zoals dat in alle andere culturen het geval is. En waar Mead de ongedwongenheid en vredelievendheid van de Samoanen benadrukt, komt Freeman met gruwelijke verhalen over veldslagen waarbij hele dorpen worden uitgemoord.

Ook het centrale punt van *Coming of age* wordt door Freeman onderuit gehaald: opgroeiende meisjes (en jongens) gaan op Samoa helemaal niet zo zorgeloos door het leven als Mead had beweerd. Samoaanse pubers zijn net zo onzeker en rebels als hun westerse leeftijdgenoten. Freeman draagt bijvoorbeeld gegevens aan die erop wijzen dat de misdaadfrequentie onder Samoaanse tieners net zo hoog is als bij tieners in Chicago. De puberteitscrisis is volgens Freeman een universeel verschijnsel: bij Samoaanse bakvissen gieren dezelfde hormonen door het lijf als bij meisjes uit Amerika of Europa. De puberteit is vooraleerst een *biologische* transitie, het ontluiken van een nieuwe levensfase die allerlei beloftes, maar ook onzekerheden met

zich meebrengt. Antropologen die er bij hun onderzoek van uitgaan dat dergelijke biologische invloeden op menselijk gedrag niet bestaan, zoals Mead deed, zullen daarom onvermijdelijk onwaarheden verkondigen.

Meads onderzoek was volgens Freeman hogelijk vooringenomen omdat zij de cultuur als de belangrijkste determinant van menselijk gedrag beschouwde: Mead zag op Samoa wat ze graag *wilde* zien. Omdat Mead het cultureel determinisme wilde bewijzen, gaf ze een systematisch verkeerd beeld van de Samoaanse cultuur. Haar verslag beantwoordde bovendien aan de wensen van een westers leespubliek dat hongerde naar lichterotische verslagen over exotische oorden waar nobele wilden de vrije liefde onder de palmen bedrijven. Freeman meent dat de Samoaanse meisjes de goedgelovige Mead wel degelijk allerlei fantasieverhalen hebben opgedist. Samoanen vertellen vreemdelingen namelijk vaak wat ze *willen* horen, weet hij uit eigen ervaring. Als Mead nu maar in de biologie en de ethologie geschoold was geweest, had ze snel ingezien dat op Samoa precies dezelfde patronen voorkomen als elders in de wereld. Onder de variatie in culturen ligt immers een gemeenschappelijke menselijke natuur verscholen.

Het moet gezegd, Freeman kan lang niet zo goed schrijven als Mead en hij draaft inderdaad regelmatig door. Er is vrijwel geen uitspraak van Mead die niet door Freeman wordt ontzenuwd. Met een karrenvracht aan tegenvoorbeelden wil hij aantonen dat Mead zich door de meisjes in de luren heeft laten leggen. Freeman is echter niet de kortzichtige biologisch determinist waar sommige critici en Mead-adepten hem voor houden. Net zoals Edward O. Wilson en Steven Pinker stelt Freeman dat we zowel naar de cultuur *als* naar de biologie moeten kijken als we menselijk gedrag bestuderen. Op instigatie van Boas heeft Mead dit nagelaten, met alle desastreuze gevolgen van dien. Door de enorme invloed van *Coming of age* kregen generaties sociale wetenschappers een ondeugdelijk voorbeeld voorgeschoteld. Mead zou immers hebben aangetoond dat de antropologie een autonome discipline is die niets met biologie te maken heeft.

In november 1987 bezocht Freeman Samoa opnieuw, nu in het gezelschap van een Australische documentairemaker. Tijdens hun verblijf op Ta'u kwamen ze toevallig in contact met een zesen-

tachtigjarige Samoaanse vrouw met de naam Fa'apua'a Fa'amu. Zij was een van de meisjes die destijds door Mead waren geïnterviewd. Fa'apua'a Fa'amu behoorde niet tot de adolescenten die in *Coming of age* figureren (ze was al vierentwintig toen Mead op Ta'u verbleef), maar ze had wel veel samen met Mead opgetrokken en ze was een van haar belangrijkste informanten geweest. In 1962 was Fa'apua'a Fa'amu met haar echtgenoot naar Hawaï verhuisd, maar na het overlijden van haar man in 1986 besloot ze naar haar geboorte-eiland terug te keren. De bejaarde doch alleszins kwieke vrouw vertelde Freeman dat ze iets belangrijks te melden had. Ze wilde bovendien dat haar getuigenis op video werd vastgelegd zodat iedereen er kennis van kon nemen (het relaas staat tevens opgetekend in Freemans boek *The fateful hoaxing of Margaret Mead* uit 1999). Voor de camera verklaarde Fa'apua'a Fa'amu plechtig dat ze Mead indertijd van alles had wijsgemaakt over haar liefdesleven en de seksuele escapades van de andere meisjes. Het was allemaal als flauwe grap bedoeld, maar Mead had hun verhalen voor zoete koek geslikt.

BOTSENDE PARADIGMA'S

De controverse tussen Mead en Freeman heeft de afgelopen decennia tot veel beroering geleid. Er zijn namelijk twee kampen ontstaan die elkaar bittere verwijten maken. Verstokte Mead-adepten beschuldigen Freeman van het tendentieuze gebruik van gegevens en het hanteren van twijfelachtige onderzoekstechnieken. Freeman zou van meet af aan overtuigd zijn geweest van het ongelijk van Mead en vervolgens heeft hij getracht zijn vooroordelen met alle denkbare middelen te 'bewijzen'. Bovendien was Freeman blijkbaar bang voor Mead omdat hij zijn controversiële boek pas na haar dood durfde te publiceren. Niet Mead, maar Freeman heeft zich van alles door de Samoanen op de mouw laten spelden. De verdedigers van Freeman stellen hier tegenover dat de jonge Mead volstrekt ongeschikt was om veldwerk in Polynesië te verrichten, dat ze de Samoaanse taal nauwelijks beheerste en dat haar onderzoek in ernstige mate voorin genomen was. Het feit dat Freeman tot 1983 heeft gewacht met het uitbrengen van zijn boek is bovendien alleszins begrijpelijk omdat de tijd toen pas rijp was voor een grondige herziening van Meads werk. In de voorafgaande jaren was de biologische invloed op menselijk

gedrag eenvoudig niet bespreekbaar. Als Freeman zijn boek eerder had gepubliceerd, zou hem dezelfde hoon en verguizing ten deel zijn gevallen als Wilson en Buikhuisen (zie p.114-115).

Bij zoveel onenigheid is het moeilijk voor te stellen dat de waarheid wellicht ergens in het midden ligt. Meer in het algemeen kunnen we ons afvragen hoe de immense verschillen in het onderzoek van Mead en Freeman verklaard kunnen worden. De Nederlandse antropoloog Peter Kloos heeft een aantal suggesties gedaan. Het is volgens Kloos mogelijk, zoals Gerber ook al suggereerde, dat er een verschil is in tijd: de cultuur van de Samoanen kan sterk zijn veranderd sinds Mead op de archipel verbleef. De Samoanen zouden met name preutser zijn geworden en allerlei westerse normen en gedragingen hebben overgenomen. Een andere mogelijkheid die Kloos naar voren brengt, is dat er geen uniforme Samoaanse cultuur bestaat. Mead verbleef in 1925 op het Amerikaanse Oost-Samoa, terwijl Freeman in de jaren veertig en zestig op, het destijds tot Nieuw-Zeeland behorende, West-Samoa onderzoek heeft gedaan. We moeten bedenken dat Samoa uit zeer veel eilanden bestaat die soms honderden kilometers uit elkaar liggen. Volgens Kloos is de Samoaanse cultuur misschien minder homogeen dan Freeman ons wil doen geloven. Daar komt nog bij dat Meads onderzoek zich op adolescente meisjes concentreerde, terwijl Freeman vooral oudere mannelijke stamhoofden interviewde. Ten slotte meent Kloos dat een sociaal-cultureel systeem ook interne tegenstrijdigheden kan bevatten. De sociale werkelijkheid leent zich vaak voor meer dan één interpretatie. Zo zouden de maagdelijksheidcultus en de promiscuïteit van Samoaanse meisjes twee zijden van dezelfde medaille kunnen zijn.

De redenen die Kloos opsomt, zijn op zich plausibel en verklaren misschien voor een deel de genoemde verschillen in zienswijze, maar ze verklaren niet de oorlogstoon die Freeman hanteert en de heftige reacties die zijn boek losmaakte. Er is blijkbaar meer aan de hand. Het lijkt erop dat zich binnen de antropologie – en de menswetenschappen in het algemeen – een conflict tussen verschillende paradigma's voordoet. Een paradigma, de term is bekend geworden door het werk van de Amerikaanse wetenschapsfilosoof Thomas Kuhn, is een overkoepelend conceptueel kader waarbinnen wetenschap wordt bedreven. Een paradigma is te vergelijken met een wereldbeeld: het

bepaalt welke feiten en problemen relevant zijn, welke oplossingen gezocht moeten worden, en hoe die oplossingen er ongeveer uitzien. Het paradigma bepaalt aldus hoe wij de werkelijkheid ervaren. Mead verrichtte haar onderzoek en verzamelde haar gegevens binnen het raamwerk van het cultureel determinisme, terwijl Freeman feiten zocht die pasten in het kader van de sociobiologie (hoewel hij deze term nergens expliciet noemt). Het is daarom geen wonder dat hun onderzoeksresultaten elkaar overal tegenspreken. We zijn getuige van botsende paradigma's.

Volgens Kuhn zijn verschillende paradigma's 'incommensurabel', dat wil zeggen dat de wereldbeelden onverenigbaar zijn en eigenlijk niet zinvol met elkaar vergeleken kunnen worden. We worden geconfronteerd met verschillende visies op de werkelijkheid. Een beroep op de objectieve feiten is volgens Kuhn onmogelijk omdat er geen theorieneutrale waarnemingstaal bestaat die als scheidsrechter kan fungeren. Wat een feit is en wat niet, wordt immers door het paradigma bepaald. Volgens Kuhn zullen de aanhangers van verschillende paradigma's elkaar dan ook niet begrijpen omdat ze voortdurend langs elkaar heen praten. Dit gaat echter niet op in het onderhavige geval, want heden ten dage, ruim twintig jaar na publicatie van Freemans boek, zien we een voorzichtige toenadering tussen de twee rivaliserende kampen. Sociale wetenschappers zijn er langzaam van doordrongen dat ze biologische invloeden op menselijk gedrag niet langer kunnen negeren. Freeman heeft in dit opzicht een voortrekkersrol vervuld. Zonder zijn bijdrage zou het standaardmodel van de sociale wetenschap, het dogma van de onbeschreven en grenzeloos plooibare mens, veel langer hebben standgehouden. Antropologen als Boas en Mead beseften niet dat een gedeelde menselijkheid een noodzakelijke voorwaarde is om antropologisch onderzoek te kunnen doen. De mogelijkheid om een vreemde cultuur te begrijpen, doet zich alleen voor als er een universele menselijke natuur bestaat en verschillende samenlevingen een gemeenschappelijke kern bezitten.

Paul Ekman, de specialist van emoties met wie we aan het begin van dit hoofdstuk hebben kennisgemaakt, heeft Mead goed gekend en heeft met haar gecorrespondeerd over de kwestie of mensen een kern van aangeboren gedragingen en emoties gemeen hebben. Mead bestreed dit, hoewel ze later in kleine kring erkende dat menselijk

gedrag en de verschillende rolpatronen van mannen en vrouwen ook door de biologie worden beïnvloed. Mead kwam bijvoorbeeld tot het inzicht dat de biologische basis voor agressie bij de twee seksen, zowel bij de mens als bij andere zoogdieren, significant verschillend kan zijn. Over de universaliteit van de emoties en de gevoelsuitdrukkingen bleef Mead echter ernstige bedenkingen houden. Zoals reeds vermeld was Ekman, die werd opgeleid binnen de gestaalde kaders van het behaviorisme, aanvankelijk zelf ook sceptisch. Gaandeweg is hij echter tot de conclusie gekomen dat de uitdrukking van onze emoties en de speciale configuratie van spierbewegingen in ons gelaat intercultureel zijn en vast blijken te liggen. Hij stelt dat precies hierdoor onderling begrip mogelijk is, zowel tussen vreemden als bekenden, dwars door alle generaties en culturen heen. Darwin zou instemmend hebben geknikt.

Evolutie en taal

TAAL MAAKT DE MENS

De mens is een babbelende primate. Door met onze mond klanken voort te brengen, zijn we in staat om iemands gedachten te beïnvloeden. Hoe is dit wonderbaarlijke fenomeen ontstaan? En is het bezit van taal een uniek menselijke eigenschap, of hebben sommige dieren ook rudimentaire vormen van taal? Deze oude vragen zijn momenteel actueler dan ooit. De oorsprong en de evolutie van taal is een *hot topic* onder taalkundigen, neurowetenschappers, evolutiebiologen, psychologen en paleoantropologen. Het aantal interdisciplinaire workshops dat over dit onderwerp wordt gehouden, neemt explosief toe. Het onderzoek naar de oorsprong van de taal is in een stroomversnelling geraakt omdat de verschillende disciplines de handen ineen hebben geslagen. De kwestie is bovendien in een evolutionair perspectief geplaatst waardoor er tal van nieuwe gezichtspunten naar voren zijn gekomen. Voor 1960 meenden de meeste taalkundigen dat taal niets met biologie of evolutie had te maken. De taal zou een cultureel artefact zijn, een handig kunstje dat onze voorouders ooit hebben uitgevonden, net zoals de uitvinding van de fiets en het bouwen van huizen. Deze zienswijze bleek echter onhoudbaar. Men kan daarom stellen dat er de laatste decennia aanzienlijke vooruitgang is geboekt, maar het raadsel van de oorsprong van de taal is nog lang niet opgelost.

De vraag naar de herkomst van de menselijke taal heeft in de loop der eeuwen vele suggesties opgeleverd. Sommigen meenden dat taal is ontstaan door het uiten van onwillekeurige kreten tijdens gezamenlijke inspanningen, bijvoorbeeld wanneer onze voorouders een

stuk mammoet naar de thuisbasis moesten dragen. Bij het verslepen van het kadaver klonk dan een collectief ‘Héé...hup!’ Wij doen dit nog altijd automatisch als we samen iets zwaars op moeten tillen. Een andere theorie zegt dat de menselijke spraak voortkomt uit het imiteren van diergeluiden. In *De afstamming van de mens* oppert Darwin bijvoorbeeld de mogelijkheid dat ‘een ongewoon wijs aapachtig dier op de gedachte is gekomen om het gehuil van een roofdier te imiteren om zijn mede-apen de aard van het te verwachten gevaar aan te geven. En dit zou een eerste stap zijn geweest in de vorming van taal.’ Weer andere onderzoekers meenden dat de taal is ontstaan uit instinctieve oerkreten van genot, vreugde en pijn zoals ‘Oehh!’, ‘Jahoo!’ en ‘Auw!’. Deze kreten zouden gaandeweg steeds talrijker zijn geworden en zo de bron van taal hebben gevormd. Ook bijbelse verklaringen waren een tijd lang populair. Menig taalvorser wees bijvoorbeeld op het boek *Genesis* (2:19) waaruit blijkt dat Adam de eerste taalgebruiker is geweest omdat hij de dieren en planten een naam gaf: ‘Zoals Adam elk levend wezen zou noemen, zo zou het heten.’ In de tweede helft van de negentiende eeuw was de stroom aan wilde hypothesen dermate groot dat de Parijse *Société de Linguistique* in 1866 een heus verbod instelde op alle speculatie over de oorsprong van taal. Men achtte het een onderwerp waar niets zinvol over viel te zeggen.

Het bezit van taal prijkt steevast hoog op de lijst van eigenschappen die de mens tot een uniek wezen zouden maken. Degenen die de uniciteit van de mens benadrukken, noemen ook andere eigenschappen zoals religie, cultuur, kunst, rationeel denken en het koken van voedsel, maar met name het bezit van een volwaardige taal zou het cruciale verschil tussen mens en dier uitmaken. Alle andere menselijke eigenschappen zouden zelfs van dit verschil zijn afgeleid. Er valt zeker iets voor deze stelling te zeggen. Vanaf het moment dat onze verre voorouders over taal beschikten, kreeg de evolutie van de mens immers een extra stimulans. Met de doorgave van vitale informatie via niet-genetische weg (dat wil zeggen, via klanken, symbolen of gebaren) ontstonden er rudimentaire vormen van cultuur, kunst en techniek. Het machtige instrument van de taal stelde de mens in staat om zich uit zijn dierlijke bestaan te bevrijden en de overige natuur naar zijn hand te zetten. Niet de menselijke natuur, maar de menselijke cultuur voert sindsdien de boventoon.

In vorige hoofdstukken hebben we echter gezien dat menselijk gedrag niet oneindig plooibaar is. Mensen in verschillende tijden en verschillende culturen delen een gemeenschappelijke kern van gedragingen en emoties waardoor onderling begrip en communicatie mogelijk is. We begrijpen het geluk en het verdriet van de Samoaanen, net zoals de emoties en het gedrag van de hoofdrolspelers in Homerus' heldendichten of Shakespeares toneelstukken ons niet vreemd of onverklaarbaar voorkomen. De canon van de wereldliteratuur biedt ons wat dat betreft een leerzame, zij het niet altijd even fraaie, inkijk in de zielenroerselen van *Homo sapiens*. De mens is het product van zijn natuur én zijn cultuur: alleen door recht te doen aan beide elementen kunnen we onszelf beter leren begrijpen. Het feit dat sommige basale emoties intercultureel zijn, betekent namelijk niet dat die emoties ook dezelfde oorzaak of aanleiding hebben. Het gevoel van walging komt bij mensen in alle culturen voor, maar de reden *waarom* men walgt kan danig verschillen. Wij griezelen bij de gedachte een duimgrote, levende insectenlarve op te moeten eten, terwijl dit kronkelende hapje bij veel natuurvölker juist als delicatessen geldt. Omgekeerd zullen deze mensen waarschijnlijk weer moeten walgen bij het proeven van een zoute haring of een slok jenever. Onze cultuur is dus minstens net zo belangrijk als onze natuur.

Het onlosmakelijk samengaan van natuur en cultuur zien we niet alleen bij emoties, maar ook bij het verschijnsel taal. De menselijke taal blijkt een ingewikkeld samenspel van *nature* en *nurture*, van aangeboren en aangeleerde aspecten. Dit inzicht is vrij nieuw. Zoals gezegd, tot de jaren zestig van de vorige eeuw ging men er algemeen van uit dat taal een puur cultureel fenomeen is dat onafhankelijk van de biologie kan worden bestudeerd. Hier kwam verandering in door het werk van de neuropsycholoog Eric Lenneberg en de taalkundige Noam Chomsky, die aantoonde dat het vermogen om taal te leren in onze biologie ligt verankerd. Volgens deze wetenschappers moet het fenomeen taal daarom op dezelfde manier worden onderzocht als elk ander aspect van onze anatomie. Taal is, net als rechte lopen of seksualiteit, menselijk gedrag dat zich van nature ontwikkelt, mits er een geschikte leeromgeving is. Anders gezegd, het leren van een taal wordt gestuurd door aangeboren vermogens.

EMPIRISME EN NATIVISME

In de eerste helft van de twintigste eeuw stonden de psychologie en de taalwetenschap in het teken van het behaviorisme. Het uitgangspunt van deze streng empiristisch georiënteerde stroming, zo hebben we eerder gezien, was dat de mens bij de geboorte een onbeschreven blad is en dat dit blad wordt ingevuld door de ervaringen die men tijdens het leven opdoet. Door conditionering, dat wil zeggen door beloning en straf, zou gedrag bovendien in elke gewenste vorm kunnen worden gekneed. Volgens het behaviorisme bestond de enige wetenschappelijk verantwoorde methode daarom uit het bestuderen van objectief waarneembaar gedrag. Het postuleren van mentale vermogens, zoals een 'geest' in de dierlijke of menselijke machinerie, was geheel uit den boze omdat dergelijke zaken niet toetsbaar zijn. Ook het leren van taal werd in het behavioristische verklaringsmodel geperst. Volgens de behaviorist B.F. Skinner verwerven we taal op precies dezelfde wijze als elke andere vaardigheid: kleine kinderen worden beloond als ze correcte zinnen imiteren en berispt als ze hierbij fouten maken. De ironie wil dat het behaviorisme onder meer door deze stelling ten onder zou gaan.

Het behavioristische model voldeed uitstekend om het gedrag van dieren te begrijpen en te manipuleren. Honden en ratten kan men inderdaad de meest uiteenlopende kunstjes leren door ze positieve of negatieve prikkels toe te dienen. Maar bij mensentaal blijkt dit verhaal niet op te gaan. Als kinderen een jaar of drie zijn, beginnen ze namelijk taalconstructies te produceren die ze nooit eerder hebben gehoord. Denk bijvoorbeeld aan woordvondsten als 'belleblaasbloem' (paardenbloem) of 'bipspapier'. Deze creativiteit kan niet door louter imitatie of conditionering worden verklaard. Daar komt nog bij dat kinderen geen expliciete instructies over grammaticale regels van een taal krijgen aangereikt, terwijl ze deze regels toch op een of andere manier moeiteloos onder de knie krijgen. Taalkundigen en psychologen noemen dit de *poverty of the stimulus*: de stimulus, dat wil zeggen het taalaanbod, is veel te beperkt om de creativiteit en de snelle taalverwerving van kinderen te kunnen verklaren. De gedachte dat ouders of opvoeders het juiste voorbeeld geven en dat kinderen door middel van beloning en berisping leren om op de juiste manier taal te imiteren, bleek al met al onhoudbaar.

Door de kritiek van onder andere Lenneberg en Chomsky werd het behaviorisme in de jaren vijftig ten grave gedragen. Het empirisme van de behavioristen maakte daarbij plaats voor het nativisme: het idee dat bepaalde kennis is aangeboren. We moeten bepaalde aangeboren vermogens veronderstellen, want anders is de taalverwerving van jonge kinderen niet te verklaren. Wij hebben bij de geboorte blijkbaar allemaal een soort taalmodule in ons hoofd die alleen nog maar door de omgeving geactiveerd hoeft te worden. De meest elementaire taalregels zitten er bij ons ingebakken: de zogeheten universele grammatica. Dit is niet een vermogen om een specifieke taal te leren spreken, maar een vermogen om elke willekeurige natuurlijke taal te verwerven. De universele grammatica is de grondvorm van onze taal.

Volgens Chomsky zou een Marsmannetje dat de aarde bezoekt, concluderen dat wij allemaal dezelfde taal spreken. Hij zou achter de verschillende klanken een gemeenschappelijk patroon zien: alle talen zijn volgens dezelfde regels en uit dezelfde basiselementen opgebouwd. Elementen die bijvoorbeeld in alle talen (inclusief gebarentalen) terugkomen, zijn zelfstandige naamwoorden en werkwoorden, en alle talen vertonen daarnaast een opmerkelijke en gedeelde voorkeur voor de volgorde waarin deze elementen optreden. Onze 'kennis' van deze universele basisregels kunnen we echter niet expliciet verwoorden, want het is zogeheten *tacit knowledge*: kennis die niet tot ons bewustzijn doordringt. Kennis van de universele grammatica is volgens Chomsky genetisch voorgeprogrammeerd: het is een biologische eigenschap van elk normaal menskind.

De aangeboren capaciteit om een willekeurige taal te leren is dus deel van onze menselijke natuur, terwijl de cultuur op haar beurt bepaalt welke *specifieke* taal men verwerft, bijvoorbeeld Nederlands, Chinees of Swahili. Met andere woorden, de onderliggende vorm van de taal ligt vast, maar de concrete invulling zal door levenservaring worden bepaald. Taal is dus niet geheel aangeleerd, maar ook niet geheel voorgeprogrammeerd: er is sprake van een mix van biologische en culturele factoren. De menselijke biologie bepaalt bijvoorbeeld welke klanken we kunnen produceren, gegeven de bouw en werking van ons spraakorgaan. De biologie levert tevens de basisregels die aan alle talen ten grondslag liggen. Onze opvoeding en cultuur bepalen echter hoe deze aangeboren vermogens wor-

den ingevuld, waardoor de één bijvoorbeeld schorre Amsterdamse keelklanken gaat produceren en de ander nasaal New Yorks. Deze culturele variatie is aanzienlijk: voorzichtige schattingen gaan uit van meer dan vijfduizend talen, subtalen en dialecten in de wereld. De onderliggende structuur van deze talen is echter genetisch bepaald en dit betekent dat de variatie in mogelijke talen wordt ingeperkt door onze aangeboren predisposities, net zoals ons biologisch spraakorgaan grenzen stelt aan het repertoire van klanken dat we kunnen produceren.

DE TAAL ALS EXAPTATIE

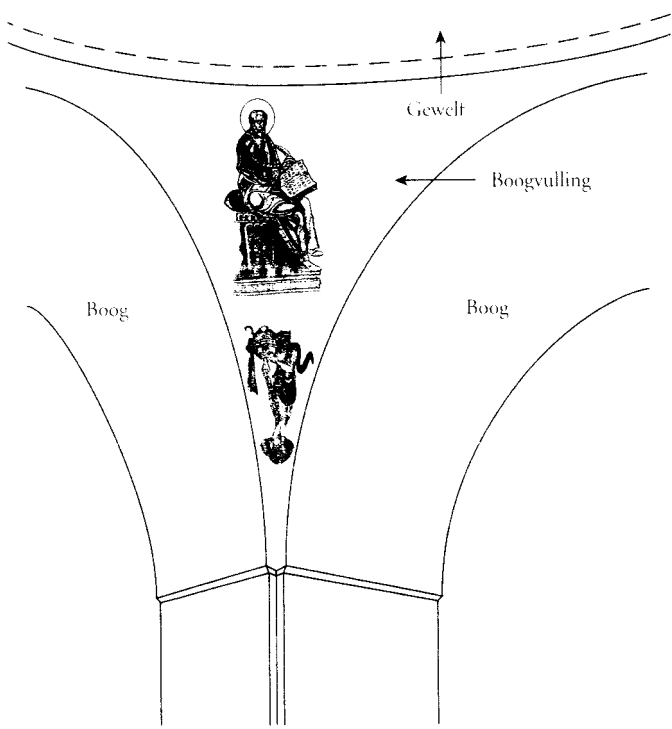
Volgens Chomsky is ons taalvermogen dus een soort aangeboren mentaal 'orgaan'. Maar hoewel dit mentale orgaan net zo gespecialiseerd en functioneel is als de organen van het lichaam, zoals het oog, moeten we volgens Chomsky niet denken dat de taal het resultaat is van evolutie. Het taalvermogen is volgens Chomsky geen adaptatie die door natuurlijke selectie is ontstaan. Darwins theorie kan wellicht het ontstaan van het oog verklaren, maar met betrekking tot de oorsprong van taal schiet ze hopeloos tekort. Taal heeft dus niets met evolutiebiologie te maken. Over de vraag hoe ons taalvermogen dan wél is ontstaan, wil Chomsky liever niet te veel speculeren. De werking van de menselijke geest is volgens hem sowieso een mysterie, en dat zal ook altijd zo blijven. Met betrekking tot de herkomst van de taal heeft Chomsky wel enige suggesties gedaan. De taalmodule is volgens hem misschien ooit plotseling opgedoken als toevallig bijproduct of neveneffect van het steeds groter wordende mensbrein. De taal kregen we er als het ware gratis bij.

Chomsky wordt hierin bijgevallen door Stephen Jay Gould. Ook Gould meent dat ons taalvermogen niet als resultaat van natuurlijke selectie moet worden beschouwd. De taalmodule is weliswaar aangeboren, maar het is geen adaptatie. Ons taalvermogen is een voorbeeld van wat Gould een 'exaptatie' noemt: het functionele hergebruik van een bestaande structuur. Inventief hergebruik is volgens Gould een algemeen en veelvoorkomend principe. Op menige Afrikaanse marktplaats kan men bijvoorbeeld sandalen kopen die uit oude autobanden zijn gesneden. Niemand zal echter beweren dat Michelin of Good Year hun banden met dit doel hebben gemaakt. Hetzelfde

geldt voor taal, zegt Gould. Net als kunst, schaken en wiskunde is taal een van de vele aardige neveneffecten van ons grote brein. Als je een paar miljard hersencellen met elkaar verknoopt, kan men nu eenmaal de gekste dingen verwachten. Vergelijk het met onze neus. Onze neus is behalve als reukorgaan ook handig om er een bril op te laten rusten. Maar niemand zal beweren dat onze neus om die laatste reden is ontstaan. Kortom, ons taalvermogen is een handig doch toevallig bijproduct van de menselijke geest.

Gould meent dat de kracht van natuurlijke selectie en de alomtegenwoordigheid van adaptaties schromelijk worden overschat. Het is volgens hem een misvatting te denken dat alle, of de meeste, kenmerken van organismen door natuurlijke selectie zijn ontstaan en dus een biologische functie zouden hebben. Een dergelijke vooronderstelling leidt enkel tot *just so stories*: het verzinnen van speculatieve evolutionaire scenario's om de aanwezigheid van een bepaalde eigenschap te verklaren (zie p. 136). De gedachte dat elk kenmerk ergens voor moet 'dienen', is volgens Gould volstrekt onjuist. Neem bijvoorbeeld het feit dat onze botten wit zijn. Heeft die kleur een functie? Nee, het is slechts een neveneffect: onze botten zijn van calcium gemaakt en calcium is nu eenmaal wit, maar onze botten zouden net zo goed functioneren als calcium zwart of blauw was geweest.

Met de geneticus Richard Lewontin, een collega aan Harvard, publiceerde Gould in 1979 een artikel dat nadien niet zozeer door evolutiebiologen, maar vooral door sociale wetenschappers met instemming zou worden geciteerd. In het artikel bekritiseren Gould en Lewontin het 'Panglossiaanse optimisme' van sommige evolutiebiologen. Dit optimisme zou tot uiting komen in het idee dat organismen optimaal en van top tot teen door natuurlijke selectie zijn ontworpen (in Voltaire's roman *Candide* is dr. Pangloss de aarts-optimist die meent dat we in de beste van alle mogelijke werelden leven). Volgens Gould en Lewontin is dit idee onjuist want veel kenmerken van organismen zijn gewoon neutrale bijproducten van de evolutie. Gould en Lewontin illustreren hun visie aan de hand van de zogeheten boogvullingen (*spandrels*) van de San Marco-kathedraal in Venetië. Boogvullingen zijn de driehoekige ruimten tussen de pilaren en het gewelf van de kathedraal. Omdat de boogvullingen met allerlei prachtige muurschilderingen zijn versierd, zou een be-



Afbeelding 7.1: Boogvulling in de San Marco-kathedraal in Venetië.

zoeker kunnen denken dat de boogvullingen het eigenlijke doel van de bouwers zijn geweest. Dit is echter niet het geval. Boogvullingen ontstaan ‘vanzelf’ wanneer men een gewelf op rondbogen laat rusten. Boogvullingen hebben ook geen bouwtechnische functie: het zijn simpelweg bijproducten van het algehele ontwerp (zie afb. 7.1). Volgens Gould geldt dit ook voor de taal. Ons taalvermogen is geen kunststukje van adaptieve, doelgerichte evolutie, maar slechts een neutraal bijproduct van onze mentale architectuur.

HET TAALINSTINCT

De stelling dat taal slechts een soort boogvulling is, wordt echter door steeds meer onderzoekers in twijfel getrokken. Eén van die on-

derzoekers is de evolutiepsycholoog Steven Pinker. Taal is volgens hem veel te complex om louter een bijproduct van de evolutie te zijn. In zijn boek *The language instinct* stelt Pinker dat ons taalvermogen dezelfde kenmerken heeft als andere adaptaties: er ligt een duidelijk functioneel ontwerp aan ten grondslag. Om als mens taal te kunnen produceren en verwerken, zijn een aantal zeer uiteenlopende en nauw op elkaar afgestemde aanpassingen nodig, zoals de taalcentra in ons brein, het strottenhoofd, de stembanden en de talrijke spieren van de mond en tong. Volgens Pinker is het uitgesloten dat al deze elementen plotseling en door toeval op hun plaats zijn gevallen zoals Chomsky en Gould suggereren. Complex en functioneel ontwerp kan enkel door natuurlijke selectie worden verklaard. Vergelijk het met de evolutie van het oog bij gewervelde dieren. Dergelijke ogen met lens en diafragma zijn niet in één keer ontstaan, maar stapsgewijs door de cumulatieve werking van natuurlijke selectie. Visuele perceptie is ooit begonnen met een laagje lichtgevoelige cellen, dit laagje werd vervolgens in een bolvorm geplooid, en de opening van deze holte werd vervolgens weer afgedekt door een doorzichtig membraan dat het binnenkomende licht naar een bepaalde plek kon richten. Elke verbetering stelde de bezitters van deze ogen in staat om de wereld om hen heen beter waar te nemen (zie p. 43). Voor taal geldt iets soortgelijks, stelt Pinker. Onze taalcapaciteit is door de evolutie in kleine stapjes bij elkaar gesprokkeld omdat onze verre voorouders hier voordeel bij moeten hebben gehad. Voor deze oermensen was een rudimentaire, primitieve taal blijkbaar beter dan helemaal géén taal, en elke kleine verbetering betekende bovendien opnieuw een bonus.

Laten we enkele elementen die nodig zijn voor taal eens nader bekijken, te beginnen met het strottenhoofd. Het strottenhoofd is het verwijde gedeelte van de luchtpijp waarin de stembanden liggen. Het menselijk strottenhoofd is bijzonder omdat het gestroomlijnd is en lager in de keel is gesitueerd dan bij andere primaten. De vorm en de lage positie van het strottenhoofd maken de productie van een breed scala aan klanken mogelijk, hetgeen het spreken zeer ten goede komt. Dit vocale vermogen heeft echter een prijs: in tegenstelling tot andere primaten kunnen wij onze luchtpijp niet afsluiten tijdens het eten waardoor we ons kunnen verslikken. Darwin wees in het *Ontstaan van soorten* al op 'dit vreemde feit dat elk beetje voed-

sel of drank dat we doorslikken de opening van de luchtpijp moet passeren, met het risico dat het in de longen valt'. Tot de introductie van de zogeheten Heimlich-manoeuvere in 1974 (waarbij je achter het slachtoffer gaat staan, je armen om hem heenslaat en door de buik plotseling samen te drukken de blokkade uit de luchtpijp verwijdert) stierven er in de Verenigde Staten naar schatting jaarlijks zesduizend mensen door verslikking tijdens het eten. Waarom zou de evolutie deze gevaarlijke eigenschap hebben toegestaan? De overige primaten kunnen hun luchtpijp immers wel afsluiten als ze eten en drinken. Volgens Pinker woog het voordeel van de vocale communicatie blijkbaar ruimschoots op tegen het nadeel van verslikking. De vreemde positie van het strottenhoofd is dus geen toevallige gril, maar een functionele ingreep van de evolutie.

Dit geldt volgens Pinker eveneens voor de taalcentra in ons brein. Een taalgebruiker brengt niet alleen klanken voort, maar hij moet ze ook kunnen interpreteren. In onze hersenen zijn twee centra aan te wijzen voor de uitvoering van deze specifieke taken: het gebied van Broca en het gebied van Wernicke. Het gebied van Broca, genoemd naar de negentiende-eeuwse Franse neuroloog Paul Broca, is het hersengedeelte dat verantwoordelijk is voor klank en articulatie – voor de (motorische) productie van taal. Het gebied van Wernicke, genoemd naar de negentiende-eeuwse Duitse neuroloog Carl Wernicke, is gemoeid met de verwerking van binnenkomende indrukken – met het begrijpen van taal. Broca en Wernicke ontdekten dat patiënten met een beschadiging in deze hersengedeelten een typische taalstoornis vertonen. Zo'n verworven taalstoornis, bijvoorbeeld als gevolg van een ongeluk, een beroerte of een tumor, wordt een 'afasie' genoemd. Mensen met Broca's afasie zijn niet meer in staat om (vloeiende) zinnen uit te spreken, terwijl ze spraak nog wel kunnen begrijpen. Bij patiënten met afasie van Wernicke daarentegen blijft de taalproductie doorgaans intact, maar zij kunnen hun eigen en andersmans woorden niet meer duiden.

In de twintigste eeuw ontdekte men nog meer 'taalgebieden' in de hersenen. Bovendien bleek dat het gebied van Broca uit verschillende subsystemen bestaat, zoals een centrum dat de spraakspieren van de mond aanstuurt, een centrum dat de woordvolgorde bepaalt, en een centrum voor de associatie tussen woorden. De gevolgen van hersentrauma's bleken bij nader inzien ook niet altijd zo eenduidig

als eerst werd aangenomen. Een beschadiging op dezelfde plek kan bij verschillende mensen bijvoorbeeld tot verschillende problemen leiden, terwijl verschillende beschadigingen soms juist weer dezelfde gevolgen kunnen hebben. In de neurologie zijn de afasieën van Broca en Wernicke echter nog altijd erkende syndromen. Maar ook al weten we nog niet precies hoe de taalcentra werken, volgens Pinker kunnen we inmiddels wel stellen dat er een duidelijk functioneel ontwerp aan ten grondslag ligt. De diverse gespecialiseerde taalgebieden zijn geen bijproducten van het menselijk brein, maar adaptaties die door natuurlijke selectie zijn ontstaan: ze vormen een onlosmakelijk deel van ons taalinstinct.

DE UNICITEIT VAN DE MENSELIJKE TAAL

Vrijwel alle onderzoekers zijn het erover eens dat de menselijke taal bijzonder is. Ons taalsysteem is speciaal omdat het ons de mogelijkheid biedt om over van alles en nog wat te communiceren: over dingen die aanwezig zijn, over dingen die afwezig zijn, en over dingen die helemaal niet bestaan. Bovendien kunnen wij voortdurend nieuwe woorden, concepten en betekenissen verzinnen. Met andere woorden, de menselijke taal is semantisch 'open', terwijl dierlijke taal semantisch 'gesloten' is. (Semantiek behelst de betekenis van woorden en klanken.) De communicatie tussen dieren gaat altijd over concrete, aanwezige zaken zoals voedsel, gevaar en territorium. Hierdoor bestaat hun informatie-uitwisseling slechts uit een vast en beperkt repertoire aan boodschappen en betekenissen. Menselijke taal is tevens generatief. Dit betekent dat we met een eindig aantal elementen (klanken, letters) een oneindig aantal verschillende zinnen kunnen maken. Generativiteit (het vermogen iets voort te brengen) is waarschijnlijk het meest wezenlijke kenmerk van de menselijke taal. Dankzij deze eigenschap beschikken wij over een onuitputtelijk bron van boodschappen en mededelingen.

Moeten we hieruit concluderen dat de menselijke taal uniek is en dat er sprake is van een kloof tussen mens en dier? Over deze kwestie zijn de meningen verdeeld. Vaak staan de taalkundigen tegenover de biologen. Taalkundigen hebben dikwijls de neiging om de uniciteit van de menselijke communicatie te benadrukken: de taal zou de mens tot een buitenbeentje maken. Veel biologen daarentegen

geloven niet in essentiële verschillen tussen mens en dier: zij zien het leven als een continuüm waarin vormen en eigenschappen geleidelijk in elkaar overgaan. Complexe eigenschappen komen altijd via tussenstadia tot stand, want de evolutie kan niet in één klap iets nieuws tevoorschijn toveren. Volgens biologen geldt dit ook voor taal. In het dierenrijk zien we verschillende vormen en gradaties van communicatie, waarvan sommige als 'prototaal' kunnen worden aangemerkt. Daarom zullen we nu de dierlijke communicatiesystemen wat gedetailleerder beschouwen.

De eenvoudigste, maar wellicht ook doeltreffendste, vorm van sociale communicatie vinden we bij insecten. Veel insecten wisselen boodschappen uit door middel van chemische stofjes, feromonen genaamd, die ze uit hun lichaam afscheiden. Hierdoor zijn insecten in staat om het gedrag van hun soortgenoten te beïnvloeden. Een feromoon kan bijvoorbeeld vertellen waar zich een vijand ophoudt of waar een seksuele partner is te vinden. Alweer iets complexer is de bijentaal, waar geen feromonen aan te pas komen. Als een verkennerbij een voedselbron heeft gevonden, vliegt ze terug naar de korf en voert ze een vreemde wiebeldans uit. In 1945 ontdekte Von Frisch dat de dans een belangrijke boodschap bevat: hij vertelt de andere bijen precies waar de voedselbron is gelokaliseerd. De dans geeft zowel informatie over de richting waarin moet worden gevlogen (ten opzichte van de zon) als over de afstand tot de korf. Is dit communicatiesysteem vergelijkbaar met mensentaal? Tot op zekere hoogte. Een wiebeldans is aan specifieke regels gebonden, net zoals onze taal een grammatica heeft, en bovendien is er sprake van referentie: de elementen van de wiebeldans *verwijzen* ergens naar, net zoals onze woorden en namen naar iets kunnen verwijzen. Maar er is natuurlijk ook een immens verschil. De bijen communiceren niet *bewust* met elkaar: hun taal is grotendeels voorgeprogrammeerd en dus een kwestie van instinct. Bovendien is hun 'taalrepertoire' zeer beperkt want de berichten gaan uitsluitend over voedsel.

Jean Aitchison, hoogleraar taal en communicatie aan de universiteit van Oxford, stelt in haar boek *The seeds of speech* dat de menselijke taal misschien nog het meest lijkt op vogelzang. Net zoals wij een moedertaal leren, zo leren vogels hun zang, en dit gebeurt zowel bij mensen als bij vogels in een 'kritische fase' tijdens de jeugd. Het verschijnsel van de kritische taalperiode werd voor het eerst be-

schreven door Lenneberg. Hij constateerde dat een mens *voor* het twaalfde levensjaar aan taal moet worden blootgesteld, anders zal hij het kunstje nooit goed onder de knie krijgen. Een illustratief – en tevens schrijnend – voorbeeld is ‘Genie’, het meisje uit een buitenwijk van Los Angeles dat bijna veertien jaar lang door haar vader was opgesloten. Bij haar bevrijding in 1970 bleek Genie niet alleen sterk ondervoed maar ook woordloos. Het met een normale intelligentie begiftigde meisje leerde uiteindelijk Engels spreken, maar haar zinsbouw bleef primitief en ongrammaticaal. Soortgelijke (doch minder betrouwbare) verhalen doen de ronde over zogenaamde ‘wolfskinderen’: kinderen die door wolven of andere wilde dieren zouden zijn grootgebracht en op latere leeftijd nooit meer goed leerden spreken.

Het verschijnsel van de kritische fase zien we ook bij vogelzang. Als een vogel tijdens deze gevoelige periode niet met de zang van soortgenoten wordt geconfronteerd, zal hij het nooit meer goed kunnen leren. Vogels die pas *na* de kritische fase aan zang worden blootgesteld, blijken namelijk slechts ‘ongrammaticale’ flarden van gefluit voort te kunnen brengen, vergelijkbaar met het rudimentaire taalgebruik van Genie. Er is bovendien nog een andere opmerkelijke overeenkomst tussen mensen en vogels: bij zowel mensentaal als vogelzang vinden we dialecten. Merels in Engeland zingen iets anders dan in Nederland, en die in Groningen weer anders dan in Maastricht. Aitchison stelt echter vast dat er ook een groot verschil bestaat tussen mensentaal en vogelzang, want het zijn over het algemeen alleen de mannetjes die zingen. Vogelwijfjes blijven doorgaans zangloos, tenzij je ze het mannelijke hormoon testosteron toedient. Vergeleken met mensentaal heeft de communicatie tussen vogels bovendien opnieuw een beperkte functie: de zang is louter bedoeld om wijfjes te lokken en rivalen te imponeren.

Er zijn daarom onderzoekers die menen dat we het dichter bij huis moeten zoeken. Volgens hen maken we bij (mens)apen de grootste kans iets te vinden wat lijkt op onze taal. De primatologen Robert Seyfarth en Dorothy Cheney hebben bijvoorbeeld de alarmkreten van de groene meerkat, een apensoort uit Oost-Afrika, onderzocht. Uit hun analyse blijkt dat groene meerkatten verschillende alarmkreten gebruiken. Als een aap de kreet voor ‘luipaard’ slaakt, vlucht de hele groep onmiddellijk de bomen in, bij een roofvogelalarm verstoppen de apen zich in de struiken en speuren ze het luchtruim af,

en bij een slangalarm gaan ze rechtop staan om te kijken of er ergens een slang rondkruipt. Seyfarth en Cheney hebben de kreten op band opgenomen en vervolgens afgespeeld, waarbij verborgen luidsprekers werden gebruikt. Hierbij bleek dat de apen op de roep reageren zonder daadwerkelijk een roofdier te hoeven zien. Het vermogen om de klanken te produceren, blijkt te zijn aangeboren, maar jonge apen moeten wel leren wanneer ze welke kreet moeten slaken. Ervaren meerkatten hechten daarom meer waarde aan de alarmroep van oudere soortgenoten. Meerkatten gebruiken daarnaast nog andere kreten en klanken, voornamelijk voor de sociale interactie in de groep. Seyfarth en Cheney menen dat we hier met een soort prototaal te maken hebben, maar veel taalkundigen houden hun reserves. Er is weliswaar sprake van semantische representatie, de alarmkreten verwijzen ergens naar, maar voor het overige verbleekt de meerkattentaal bij een volwaardige mensentaal.

Maar hoe zit het met onze meest nauwe verwanten, de mensapen? Net als meerkatten gebruiken in het wild levende mensapen een heel scala aan vocalisaties waarmee ze met elkaar communiceren. Sommige onderzoekers menen echter dat mensapen tot méér in staat zijn: zij kunnen ook leren om met *ons* te communiceren. Mensapen kunnen echter geen menselijke klanken voortbrengen. Hun vocale apparaat, met name het strottenhoofd, is hier niet voor uitgerust. Daarom zijn er de afgelopen decennia verscheidene pogingen gedaan om chimpansees en bonobo's een gebaren- of symbolentaal te leren. Dergelijke talen doen in principe niet onder voor gesproken mensentalen. De eerste serieuze poging werd al in de jaren zestig van de vorige eeuw gedaan door het psychologenechtpaar Allen en Beatrice Gardner, die trachtten om hun chimpansee, Washoe genaamd, de beginselen van de *American Sign Language* (ASL) bij te brengen. Het experiment van de Gardners werd al snel nagevolgd door de primatoloog Herbert Terrace, die zijn chimpansee genaamd Nim Chimpsky (een knipoog naar Noam Chomsky) ASL leerde. ASL is de gebarentaal die door dove Amerikanen wordt gebruikt. Nog een bekend voorbeeld is Kanzi, een bonobo die taalles kreeg van de primatologe Sue Savage-Rumbaugh. Kanzi leerde communiceren via een toetsenbord waarop de namen van objecten en werkwoorden door symbolen waren vervangen. Na enkele jaren oefenen, meldde al deze onderzoekers spectaculaire successen: de mensapen zouden

spontaan verhalen vertellen, vragen kunnen stellen, en zelfs nieuwe concepten kunnen verzinnen!

Toen kritische onderzoekers deze claims gingen controleren, bleef er echter weinig meer van over. Mensapen blijken taal gewoon niet te begrijpen. Ze blijven steken op het niveau van een mensenkind van twee, tweeëneenhalf jaar oud. Er is geen sprake van echte grammatica en generativiteit. Het enige wat de apen goed kunnen, is bedelen om voedsel. Een typische gebarenreeks is bijvoorbeeld: 'banaan eet banaan geef geef'. Een 'zin' met meer dan drie verschillende gebaren komt nauwelijks voor. Kortom, het bleek dat de vermogens van de apen schromelijk waren overschat: de onderzoekers zagen wat ze graag *wilden* zien. Ook Terrace, die aanvankelijk zeer enthousiast was, moest naderhand bekennen dat hij zich had vergist. Sindsdien vormen sommige mensen die loyaal zijn gebleven aan het apenonderzoek een soort sekte die elke kritiek op hun werk afdoet als irrelevant. Volgens deze 'gelovigen' kan men mensapen taal leren, volgens de 'ongelovigen', en die vormen tegenwoordig de meerderheid, begrijpen de dieren weinig of helemaal niets van mensentaal. Het ziet er steeds meer naar uit dat deze critici gelijk hebben. Sterker nog, de stelling dat apen gebarentaal hebben geleerd, is eigenlijk een belediging voor dove mensen.

Er is in de loop der jaren ook met andere dieren geëxperimenteerd, zoals papegaaien, dolfijnen en honden. Het blijkt dat deze dieren een hele reeks van namen voor verschillende objecten en eigenschappen kunnen onthouden. Een recent Duits onderzoek wijst uit dat een collie (een Schotse herdershond) zelfs méér woorden 'begrijpt' dan een mensaap. De collie lijkt zijn baasje echt te verstaan. Het is op zich niet vreemd dat honden op dit punt beter scoren dan mensapen. In de afgelopen paar duizend jaar is er immers een hechte symbiose tussen mens en hond ontstaan. Door kunstmatige selectie hebben we honden gekweekt die steeds beter naar hun baasje zijn gaan luisteren. Niettemin, het ziet er naar uit dat een volwaardige taal enkel aan mensen is voorbehouden. Alleen *H. sapiens* is in het bezit van een echte generatieve en grammaticale taal. Maar is dat niet vreemd? De evolutietheorie stelt toch dat complexe eigenschappen enkel gradueel, via tussenstapjes, kunnen ontstaan? Bovendien, getuigt het niet van arrogantie wanneer we zeggen dat wij in bepaalde opzichten uniek zijn en dat er dus een kloof tussen mens en

de dier bestaat? Pinker meent van niet. De ogenschijnlijke uniciteit van de menselijke taal heeft volgens hem geen enkele implicatie voor de evolutietheorie. Het feit dat wij als enige over taal beschikken is namelijk niet vreemder dan het feit dat olifanten als enige over een slurf beschikken. De slurf is een unieke eigenschap die alleen bij moderne olifanten te vinden is, maar niemand zal beweren dat de slurf op enigerlei wijze in strijd is met de evolutietheorie. Er bestonden ooit namelijk wel degelijk tussenstadia van de moderne olifantenslurf, onder andere bij de mastodont en de proto-olifant *Ambelodon*. Het punt is: deze dieren zijn inmiddels allemaal uitgestorven.

Volgens Pinker geldt hetzelfde voor taal. Dat wij mensen tegenwoordig de enige wezens zijn met een volwaardige taal, betekent niet dat er geen tussenvormen zijn geweest. In het verleden waren er mogelijk verschillende soorten hominiden die over rudimentaire mensentaal beschikten, maar deze tussenstadia zijn allemaal verdwenen. Het is dus niet vreemd dat wij als enige over taal beschikken, aangezien wij de enig overgebleven hominidensoort zijn. Dit verklaart wellicht ook waarom mensapen taal niet echt begrijpen. Het is namelijk zeer wel mogelijk dat het taalvermogen pas is ontstaan *nadat* de hominiden zich hadden afgesplitst van de tak die tot de moderne mensapen zou leiden. Met andere woorden, de oorsprong van de taal moet niet bij hedendaagse primaten, maar bij onze voorouders worden gezocht.

OP ZOEK NAAR DE TAALVONK

Over de kwestie wanneer de taal in de menselijke evolutie is ontstaan, is de laatste jaren steeds meer bekend geworden. Dit komt voornamelijk door de vondst van belangrijke fossielen en door het feit dat verschillende wetenschappelijke disciplines hun krachten hebben gebundeld. Maar deze samenwerking heeft ook tot onenigheid geleid. Zo hebben we gezien dat Chomsky en Gould menen dat de taal mogelijk plotseling in de evolutie is opgedoken als een handig neveneffect van het grote mensenbrein. Gould is sowieso van mening dat de evolutie niet gradueel, maar met horten en stoten verloopt. Zijn theorie van 'punctuated equilibrium' stelt dat korte perioden van snelle ontwikkeling worden afgewisseld met lange perioden van stasis, waarin weinig of niets gebeurt (zie p. 82). We heb-

ben echter tevens gezien waarom de visie van Chomsky en Gould door steeds meer onderzoekers in twijfel wordt getrokken. Voor het ontstaan van taal zijn een aantal zeer uiteenlopende neurologische en anatomische aanpassingen nodig geweest, zoals veranderingen in het brein, het strottenhoofd en de verschillende spieren van de mond en tong. Volgens Pinker, en ook Aitchison, is het onwaarschijnlijk dat deze elementen allemaal in één keer op hun plaats zijn gevallen. Het ligt meer voor de hand dat deze adaptaties geleidelijk tot stand zijn gekomen en dat de taal zich in stapjes heeft ontwikkeld.

Er zijn bijvoorbeeld aanwijzingen dat de geleidelijke ontwikkeling van taal samenviel met de gestage groei van het hominidenbrein. In hoofdstuk 4 hebben we gezien dat het hominidenbrein de afgelopen vier miljoen jaar is gegroeid van 500 cc bij de Australopithecini tot 1500 cc bij de moderne mens. Theoretisch is het dus mogelijk dat de vroegste sporen van mensentaal al bij de Australopithecini aanwezig waren. Weliswaar was het hersenvolume van deze vroege hominiden vergelijkbaar met die van hedendaagse mensapen, maar zij vertoonden daarnaast ook duidelijk menselijke trekken zoals bipedie: het rechtop op twee benen lopen. Deze anatomische noviteit, waarbij de armen en handen konden worden gebruikt om dingen te dragen, zou de ontwikkeling van andere menselijke eigenschappen in de hand kunnen hebben gewerkt, waaronder het ontstaan van taal. We kunnen hier echter enkel naar gissen.

Vrijwel alle onderzoekers menen dat de oorsprong van de taal in onze eigen evolutionaire tak, het geslacht *Homo*, moet worden gezocht. In tegenstelling tot de Australopithecini vertoonden de vertegenwoordigers van het geslacht *Homo* immers een eigenschap die vaak met het bezit van een taal wordt geassocieerd: zij ontwikkelden rudimentaire vormen van cultuur en technologie. *H. habilis*, de vroegste vertegenwoordiger van het geslacht *Homo*, is daarom een mogelijke kandidaat voor het bezit van de eerste taalvonk. Deze voorouder, die ongeveer tweeëneenhalf miljoen jaar geleden leefde, maakte stenen werktuigen en ging over op het eten van vlees. *H. habilis* leefde in groepen en had thuisbases waar gedode dieren naartoe werden geslept om verder te worden verwerkt. Deze activiteiten vereisen gecoördineerde samenwerking en aangeleerde technieken. En daarbij is communicatie door middel van klanken of gebaren beëlist handig.

De kansen op het bezit van taal stijgen nog verder bij *H. erectus*, die een miljoen jaar geleden vanuit Afrika over de Oude Wereld uitzwermd. De werktuigen die *H. erectus* vervaardigde waren meer verfijnd dan die van zijn voorganger en bovendien beheerste deze oermens het vuur. Het is moeilijk voor te stellen dat het mondiale succes van deze hominide *zonder* het bezit van taal tot stand is gekomen. Maar lang niet iedereen is hiervan overtuigd. De taalkundige Derek Bickerton meent bijvoorbeeld dat *H. erectus* hoogstens over een prototaal beschikte, vergelijkbaar met de taalcapaciteit van hedendaagse mensapen. Ook de paleoantropoloog Alan Walker is deze mening toegedaan. In 1984 stuitte Walker op een vrijwel compleet skelet van *H. ergaster*, een vroege variant van *H. erectus*. Dit beroemde 1,6 miljoen jaar oude fossiel staat bekend als de 'Nariokotome-jongen', genoemd naar de vindplaats in Kenia. Volgens Walker kon deze oermens niet praten. Voor menselijke spraak is namelijk een subtiele beheersing van de ademhaling noodzakelijk en uit de analyse van de wervelkolom van de Nariokotome-jongen zou blijken dat deze hominide dit vermogen ontbeerde. In tegenstelling tot de moderne mens had *H. erectus* namelijk een relatief smal kanaal door het ruggenmerg waardoor er minder zenuwen voor de borstholte beschikbaar waren. Dat deze oermensen niet over spraak beschikten, wordt volgens sommige onderzoekers bevestigd door afgietsels van de binnenkant van hun fossiele schedels. Aan de hand van dergelijke afdrukken kan men namelijk, met enige moeite, de aanwezigheid van de taalgebieden in de hersenen afleiden.

De psycholoog Michael Corballis stelt hier echter tegenover dat *H. erectus* (en ook *H. habilis*) mogelijk wél over een verfijnde gebarentaal beschikte. Volgens Corballis ligt de oorsprong van de taal namelijk niet in de productie van klanken maar in het gebruik van gesticulaties en gelaatsexpressies. De hominiden zouden pas op vocale communicatie zijn overgegaan nadat zij een geavanceerde gebarentaal hadden ontwikkeld. De gebaren werden toen verbonden met woorden. Er valt iets te zeggen voor deze theorie omdat gebarentalen net zo functioneel en volwaardig zijn als gesproken talen. Ook gebruiken wij nog altijd onze handen wanneer we een betoog houden. Hoe dan ook, recentelijk zijn er interessante aanwijzingen gevonden die het waarschijnlijk maken dat *H. heidelbergensis*, een latere variant van *H. erectus*, over spraak beschikte. Dit blijkt uit een ana-

lyse van enkele driehonderdvijftigduizend jaar oude fossiele schedels van deze oermens, uitgevoerd door een team onder leiding van de paleontoloog Ignacio Martinez. De akoestische eigenschappen van de gehoorgang en het middenoor tonen aan dat *H. heidelbergensis* gevoelig was voor geluiden in het frequentiegebied tussen 2000 en 4000 Herz. Dit frequentiegebied is belangrijk voor het goed kunnen verstaan van spraak, en precies in dit gebied vertoont het gehoor van chimpansees een dip.

Als *H. heidelbergensis*, de gemeenschappelijke voorouder van de Neanderthaler en de moderne mens, inderdaad over spraak beschikte, is de taal mogelijk al vijfhonderdduizend jaar oud. Dat is veel ouder dan voorheen werd gedacht. Tot voor kort gingen de meeste onderzoekers er namelijk van uit dat de taal ergens tussen de honderdvijftigduizend en vijftigduizend jaar geleden is ontstaan. De taal zou pas in onze eigen soort, *H. sapiens*, zijn opgeflakkerd. Deze opvatting staat nu echter steeds meer onder druk. Ook de Neanderthaler beschikte namelijk hoogstwaarschijnlijk over spraak. Deze oermens werd voorheen vaak afgeschilderd als een primitieve holbewoner die slechts wat kon grommen. De vondst in Israël van een fossiel tongbeen en overblijfselen van het strottenhoofd (die beide zeer zelden fossiliseren) doen echter sterk vermoeden dat de Neanderthaler over een modern spraakorgaan beschikte. De Neanderthaler was, net als *H. erectus*, een ervaren jager-verzamelaar. Een dergelijke levenswijze vereiste gedetailleerde kennis van de planten en dieren waarvan men afhankelijk was. Taal zou hier zeker bij van pas zijn gekomen. De archeoloog Steven Mithen heeft recentelijk geopperd dat het taalvermogen bij de Neanderthaler, maar ook bij *H. sapiens*, wellicht wortelt in melodieuze gehum en geneurie. De spreektaal zou uit een eerdere, meer primitieve zingtaal zijn voortgekomen.

De vroegste sporen van mensentaal, in de vorm van klanken of gebaren, zijn dus misschien wel een half miljoen jaar oud, maar een volwaardige taal is waarschijnlijk pas veel later ontstaan. De meeste onderzoekers menen namelijk, zoals gezegd, dat de taal pas bij *H. sapiens* tot volle wasdom is gekomen. Dit betekent dat de volwaardige, generatieve en grammaticale taal dus niet veel ouder kan zijn dan zo'n honderdvijftigduizend jaar. Deze hypothese wordt ondersteund door genetisch onderzoek. De molecuulair bioloog Wolfgang Enard van het Max Planck-instituut in Leipzig ontdekte recentelijk

een gen dat mogelijk nauw samenhangt met het menselijk taalvermogen. Dit zogeheten *foxp2*-gen is ook bij andere primaten te vinden, maar heeft bij de mens een mutatie ondergaan waardoor de taalvonk blijkbaar werd aangewakkerd. Volgens Enard moet deze verandering ergens in de laatste tweehonderdduizend jaar zijn opgetreden.

In populaire boeken over evolutie leest men soms dat de moderne taal ongeveer dertigduizend tot veertigduizend jaar geleden moet zijn ontstaan. Toen ontstond in Europa immers de Cro-Magnoncultuur met de spectaculaire grotschilderingen in Lascaux en Altamira. De taal zou verantwoordelijk zijn geweest voor deze explosie van kunst en cultuur. Wat men vergeet is dat de verschillende populaties van *H. sapiens* toen allang over de wereld waren uitgezwermd en dat al hun nakomelingen over een identiek taalvermogen beschikken. Met andere woorden, de moderne taal bestond allang voordat mensen in Europa grotten gingen beschilderen.

Het is dus waarschijnlijk dat de volwaardige taal zich met de moderne mens vanuit Afrika over de wereld heeft verspreid. Dit zou betekenen dat alle mensentalen een gemeenschappelijke oorsprong hebben en we hebben gezien dat hier inderdaad sterke aanwijzingen voor bestaan. Alle talen, hoe verschillend ze ook op het eerste gezicht lijken, hebben bepaalde elementaire kenmerken gemeen, zoals de grammaticale grondvorm, het gebruik van zelfstandige naamwoorden en werkwoorden, en het bezit van een vragende en ontkenkende vorm, enzovoort. De gedeelde grammaticale structuur brengt zogeheten syntactische universalia met zich mee, zoals bepaalde preferenties voor zinsbouw en woordvolgorde. Een willekeurige zin bestaat uit de volgende elementen: subject (S), object (O) en werkwoord (V). Vrijwel alle taalfamilies blijken een sterke voorkeur voor de sov of de svo-volgorde (zoals in het Nederlands 'Jan eet de appel') te vertonen, terwijl een preferentie voor osv, ovs en vos niet of nauwelijks voorkomt.

Dat alle talen een gemeenschappelijke oorsprong hebben, blijkt ten slotte ook uit het feit dat elk normaal mensenkind elke bestaande taal als moedertaal kan leren. Er zijn dus geen talen die er uitspringen of die totaal onvertaalbaar zijn. Alle talen (ook gebarentalen) zijn in principe naar elkaar te vertalen, ook al kunnen bepaalde vreemde concepten soms voor problemen zorgen. De volkswijsheid ten spijt bestaat er ook niet zoiets als 'moeilijke' en 'makkelijke' talen. In te-

genstelling tot het Engels zou Chinees bijvoorbeeld erg lastig zijn. Dit is echter onjuist. Een taal is pas moeilijk als men een tweede taal wil leren die veel van de moedertaal verschilt.

DE FUNCTIE VAN TAAL

We hebben gezien wannéér de taal ongeveer is ontstaan, maar de grote vraag is natuurlijk: hoe is het allemaal begonnen? *Waarom* is de mensentaal ontstaan? In de vorige paragraaf werden al enkele suggesties gedaan. Het bezit van een taal zou nuttig zijn geweest bij gecoördineerde samenwerking en bij het uitwisselen van kennis en informatie over de omgeving. Als Pinker en Aitchison gelijk hebben, dan is taal een complexe adaptatie die door natuurlijke selectie bijeen is gesprokkeld. Elke stap in de evolutie van de taal moet daarom de voortplantingskansen van onze voorouders hebben vergroot. Dit is ook niet zo moeilijk voor te stellen, want jager-verzamelaars zijn gebaat met een steeds groter wordende woordenschat. Door het bezit van taal kon de kennis van de natuur niet alleen steeds gedetailleerder worden uitgedrukt, maar ook aan volgende generaties worden doorgegeven. Kortom, taal is ontstaan, en dus ook primair bedoeld, om informatie uit te kunnen wisselen. Aan deze theorie kleeft echter één vervelend minpuntje: als taal zo verdraaid handig is, waarom hebben andere dieren dan geen volwaardige taal ontwikkeld? Waarom zijn wij de enige babbelende primaat?

De evolutiepsycholoog Robin Dunbar heeft daarom geopperd dat de taal wellicht om een heel andere reden is ontstaan. Volgens Dunbar draait de communicatie tussen mensen vaak niet zozeer om de inhoud als wel om de vorm en de intentie. In het dagelijks leven bedienen we ons vaak van platitudes die niets met kennisoverdracht hebben te maken, zoals geneuzel over het weer, de collega's of de kinderen. Dunbars hypothese stelt dat de taal vooral voor sociale interactie is bedoeld: communicatie is een sociaal smeermiddel. Vrijwel alle hogere primaten (de solitaire orang-oetan is de uitzondering die de regel bevestigt) leven in hechte sociale verbanden met een complexe groepsinteractie. Omdat er sprake is van een sociale hiërarchie worden er bovendien voortdurend allianties gesmeed en plannen bekokstoofd om de sociale status te consolideren of te verbeteren. Het is daarom van levensbelang om de eigen positie, en die

van anderen, steeds goed in de gaten te houden. Al deze activiteiten vereisen de nodige sociale intelligentie en breinkracht, vooral als de groep steeds groter wordt. Onder primaten zien we dan ook een opvallende correlatie tussen groeps grootte en hersenvolume: hoe groter de groep, des te groter de neocortex (zie p. 110).

Bij apen en mensapen wordt het sociale verkeer – ruzie, bemiddeling en verzoening – voor een groot deel in banen geleid door te vlooiën. Maar volgens Dunbar werkt vlooiën alleen in betrekkelijk kleine groepen. Als een groep uit meer dan honderdvijftig leden bestaat, is vlooiën geen optie meer. Dunbar schat dat een individu dan de helft van de tijd kwijt zou zijn aan deze bezigheid. Andere belangrijke activiteiten, zoals het zoeken naar voedsel, komen dan in het gedrang. Volgens Dunbar ligt hier de sleutel tot het ontstaan van taal. De groei van het hominidenbrein suggereert namelijk dat onze voorouders gaandeweg in steeds grotere groepen zijn gaan leven en dat er daarom naar andere manieren moest worden gezocht om het sociale verkeer in goede banen te leiden. Het werd op een gegeven moment effectiever om de ander door middel van klanken en woorden te laten weten hoe men tegenover hem staat. Kortom, onze voorouders hebben het vlooiën ingeruild voor gekeuvel en gevelei. Dunbar heeft empirisch onderzoek verricht naar waar mensen zoal over praten. In treinen, cafetaria's en wachtruimten luisterde hij stiekem conversaties af en noteerde hij de gespreksonderwerpen. Het blijkt dat ongeveer driekwart van alle menselijke communicatie uit geklets en geroddel over andere mensen bestaat! We praten graag over relatieperikelen, televisieprogramma's en sport, en we stellen elkaar gerust door deze intieme uitwisseling van gedachten en gevoelens.

Natuurlijk ontkent Dunbar niet dat onze taal daarnaast nog andere functies heeft gekregen. Dankzij taal kunnen we vaardigheden doorgeven aan volgende generaties en profiteert iedereen van een geniale vondst. Zonder taal zou er geen noemenswaardige cultuur, technologie en wetenschap zijn ontstaan. Overdracht van informatie is een wezenlijk bestanddeel van onze communicatie geworden. Maar jammer genoeg weten we niet altijd zeker welke informatie juist is, want mensen kunnen onjuiste overtuigingen hebben of gewoon liegen. Taal is daarom tevens geschikt om andere mensen te manipuleren. We kunnen iemand iets op de mouw spelden om zo

zijn gedrag te beïnvloeden. Weliswaar zijn sommige apen en mensapen ook in staat om hun soortgenoten doelbewust te bedriegen, maar de mens spant wat dit betreft de kroon.

De primatoloog Andrew Whiten meent dat de sociale evolutie bij onze voorouders op hol is geslagen: taal en bewustzijn kwamen in een wedloop terecht. Omdat mensen steeds beter werden in bedriegen, ontstond er tegelijkertijd een selectieve druk op het kunnen opsporen en ontmaskeren van leugenaars. Het vermogen om iemands gedachten te kunnen ‘lezen’ werd steeds belangrijker. Wij zitten opgescheept met die evolutionaire erfenis. In tegenstelling tot dieren beschikken mensen (autisten daargelaten) over een *theory of mind*, ofwel inlevingsvermogen: wij weten dat onze soortgenoten een zelfbewustzijn en een eigen kijk op de wereld hebben. Omdat we ons in een ander kunnen verplaatsen, zijn we in staat tot medelijden, maar ook tot misleiding en bedrog. De mens is hierdoor niet alleen de meest nobele, maar ook de meest achterbakse primate geworden.

Evolutie en bewustzijn

LICHAAM EN GEEST

Homo sapiens, de denkende mens, is een wezen met een geest. Wij zijn in staat om over onszelf en de wereld na te denken en onze gedachten uit te wisselen met soortgenoten. Door te communiceren weten we dat andere mensen een eigen kijk op de wereld hebben en kunnen we ons desgewenst in andermans standpunt verplaatsen. Dankzij de taal is er bovendien een geheel nieuw evolutionair medium ontstaan: de doorgave van kennis en vaardigheden door middel van cultuur. De menselijke geest is het meest creatieve, en tegelijkertijd meest destructieve, vermogen dat de evolutie tot dusver heeft voortgebracht. Ons denkvermogen leidt niet alleen tot kunst en wetenschap, maar ook tot collectieve waanideeën en massavernietiging.

Bij de moderne mens heeft de evolutie het stadium van zelfbewustzijn bereikt: wij zijn de eerste wezens op deze planeet die besef hebben van hun eigen oorsprong en eindigheid. Geconfronteerd met deze eindigheid hebben mensen in verschillende culturen daarom van oudsher geloofd dat een individu uit méér bestaat dan een vergankelijk lichaam. Na onze dood blijft er iets over dat onsterfelijk is. De oude Grieken spraken in dit verband over de *psuchè*, hetgeen ziel of geest betekent en waar onze woorden ‘psyche’ en ‘psychologie’ van zijn afgeleid. De Grieken meenden dat alle levende wezens, inclusief de lagere dieren en planten, zo’n geest bezitten. Volgens Plato verschilt de psyche wezenlijk van het stoffelijk lichaam. Het lichaam is vergankelijk, maar de ziel is onsterfelijk. Na de dood verhuist de ziel naar een ander lichaam of keert ze terug naar waar ze oorspronkelijk vandaan is gekomen: de onstoffelijke wereld van eeuwige en onveranderlijke vormen en ideeën.

Hedendaagse filosofen en psychologen hanteren de termen psyche en geest in een meer toegespitste betekenis, namelijk die van bewustzijn. De primaire distinctie is niet langer die tussen het levende en het levenloze, zoals bij de Grieken, maar die tussen wat bewustzijn bezit en wat niet. De vraag die zich dan al snel aandient is: beschikt uitsluitend de mens over bewustzijn of bezitten ook (sommige) soorten dieren deze eigenschap? Om deze vraag te kunnen beantwoorden, moeten we het begrip 'bewustzijn' eerst nader omschrijven. De term 'bewustzijn' verwijst bijvoorbeeld naar het vermogen tot zelfbesef en het bezit van een identiteit. Daarnaast refereert de term aan bepaalde mentale attitudes, zoals het hebben van een gedachte, een wens of een overtuiging, maar ook aan zogeheten 'qualia': mentale gewaarwordingen zoals kleuren zien, kiespijn hebben of de smaak van chocola proeven. Dieren bezitten mogelijk alleen deze laatste vorm van bewustzijn: zij kunnen wel voelen en sensaties ondergaan, maar ze ontberen een zelfbesef en ze kunnen waarschijnlijk niet denken, althans niet op de manier waarop wij mensen dit doen. In dit hoofdstuk zal dieper worden ingegaan op de overeenkomsten en verschillen tussen het menselijke en dierlijke bewustzijn.

Een andere kwestie die aan de orde zal komen, is het beroemde lichaam-geestprobleem. Wat is de precieze relatie tussen het stoffelijke (het brein) en het mentale (het bewustzijn)? Komt de geest – het bewustzijn – voort uit de grijze massa van onze hersenen, of is het heel iets anders? En stel dat het bewustzijn inderdaad een materieel substraat heeft, betekent dit dan dat toekomstige machines (computers, robots) wellicht ook ooit kunnen voelen en denken? Het wijsgerig specialisme dat zich exclusief met deze problematiek bezighoudt, te weten de *philosophy of mind*, ofwel de filosofie van het bewustzijn heeft gedurende de laatste vijftig jaar een hoge vlucht genomen.

Het bewustzijn, het vermogen om te denken, ervaren en voelen, is een raadselachtige eigenschap. Er zijn denkers die stellen dat het fenomeen zich vooralsnog aan wetenschappelijk onderzoek onttrekt. Sommige filosofen menen zelfs dat het mysterie van het bewustzijn nooit zal worden opgelost, want ook al weten we op een gegeven moment precies hoe de hersenen werken, dan nog blijft er een kloof bestaan tussen de processen in het brein en onze innerlijke, mentale ervaringen. Meer optimistische denkers en wetenschappers stellen echter dat de kloof wel degelijk kan worden overbrugd. De oplossing

ligt in het verschiet omdat hersenonderzoek ons steeds meer leert over wat bewustzijn is en hoe het tot stand komt.

Recentelijk wordt de problematiek rond het bewustzijn ook vanuit een evolutionair perspectief bekeken en wellicht kunnen hierdoor nieuwe inzichten ontstaan. Om te kunnen begrijpen wat bewustzijn is en hoe het werkt, moeten we ons immers allereerst afvragen *waarom* de evolutie ons (en wellicht sommige dieren) met deze eigenaardige eigenschap heeft uitgerust. Het zicht op de kwestie wordt pas compleet wanneer we de biologische *functie* van bewustzijn in het onderzoek betrekken. Vanuit een evolutionair gezichtspunt lijkt het ontstaan van bewustzijn immers helemaal niet zo vreemd. Het bezit van bewustzijn – in welke gradatie dan ook – heeft bepaalde adaptieve voordelen, zoals het effectief kunnen reageren op prikkels uit de omgeving. Het probleem hierbij is echter dat we er dan al automatisch van uitgaan *dat* het bewustzijn een functie heeft. Ook zónder bewustzijn is het immers mogelijk om adequaat op prikkels te reageren. Denk bijvoorbeeld aan planten die op zonlicht reageren, of aan een thermostaat die temperatuurschommelingen corrigeert. Met andere woorden, we moeten oppassen dat we niet in *just so stories* vervallen: de ongefundeerde gedachte dat elke eigenschap ergens voor moet dienen. Om met Gould te spreken: misschien is het bewustzijn louter een soort boogvulling, een niet-functioneel bijverschijnsel van ons brein.

Sommige filosofen menen dat dit inderdaad het geval is. Volgens hen is het bewustzijn een epifenomeen, een neveneffect van fysiologische processen, vergelijkbaar met de stoomwolk boven een antieke locomotief. Het lichaam veroorzaakt bewustzijnsverschijnselen, maar omgekeerd hebben deze mentale fenomenen geen causale invloed op het lichaam. Het idee dat onze bewuste wil het lichaam aanstuurt, is volgens deze filosofen daarom slechts schijn. Volgens andere filosofen brengt het idee dat wij niet de baas zijn over ons eigen handelen echter zoveel absurde consequenties met zich mee dat we deze hypothese bij voorbaat kunnen uitsluiten. Vanuit een biologisch perspectief is het ook niet aannemelijk dat het bewustzijn slechts een epifenomeen is zonder causale invloed. Is onze geest niet veel te belangrijk om slechts een bijproduct van de evolutie te zijn?

CARTESIAANS DUALISME

Hoewel de filosofie van het bewustzijn de laatste vijftig jaar een hoge vlucht heeft genomen, is de problematiek zelf al veel ouder. Een beroemde oplossing voor het lichaam-geestprobleem is bijvoorbeeld al bij de zeventiende-eeuwse filosoof René Descartes te vinden. Descartes verdedigt een dualistische positie: lichaam en geest zijn volgens hem twee geheel verschillende en op zichzelf staande zaken. Deze invloedrijke visie staat sindsdien bekend als cartesiaans dualisme. Descartes' positie komt voort uit zijn beroemde methodische twijfelexperiment, de poging om de filosofie van een nieuw fundament te voorzien. Om te kunnen breken met de middeleeuwse, scholastieke filosofie die op dogma's en traditie was gebaseerd, wilde Descartes nagaan wat hij nu eigenlijk zeker wist. Op het eerste gezicht lijkt het namelijk mogelijk om aan alles te twijfelen. Kennis gebaseerd op zintuiglijke ervaring, geheugen en redeneren is feilbaar. Het beeld van de externe wereld kan een illusie zijn, vergelijkbaar met een droom of een hallucinatie. Misschien worden we bedrogen door een *malin génie*, een kwade genius die er een duivels genoegdoening in schept ons allerlei schijnzekerheden voor te toveren.

Maar temidden van al deze onzekerheid stuit Descartes uiteindelijk op een gegeven dat onbetwifelbaar is: de twijfel zélf. Dat men aan alles kan twijfelen, betekent dat men *dénkt* en om te kunnen denken moet men bestaan: *pour penser il faut être*. De eerste zekerheid luidt daarom *je pense, donc je suis*, oftewel: ik denk, dus ik besta (in de fameuze Latijnse versie: *cogito ergo sum*). Het is onmogelijk dat een valse demon mij wijsmaakt dat ik besta, want als ik werkelijk niet besta, kan mij ook niets worden wijsgemaakt! Ik kan dus aan alles twijfelen, behalve dat mijn geest bestaat, en deze zekerheid is demonbestendig. Volgens Descartes is het 'ik', het bewustzijn, iets dat wezenlijk verschilt van het lichaam. Ik ben vooraleerst een geestelijk, denkend wezen dat in principe onafhankelijk van de fysische, materiële wereld kan bestaan.

Descartes' dualistische oplossing voor het lichaam-geestprobleem luidt dat de werkelijkheid uit twee totaal verschillende zaken of 'substanties' bestaat, te weten: geest en materie. Het wezenlijke kenmerk van de geestelijke substantie is dat ze kan denken, en het wezenlijke kenmerk van materiële substantie is dat ze ruimte inneemt, uitge-

breid is. Alleen bij de mens komen de twee substanties samen en zijn ze causaal met elkaar verbonden. We zijn in zekere zin engelen die aan een brok materie zijn geketend. Hoewel Descartes suggereert dat de interactie tussen lichaam en geest in de pijnappelklier plaatsvindt, stelt hij dat wij deze wisselwerking niet echt kunnen begrijpen. De eenheid van lichaam en geest is een mysterie dat we enkel kunnen *ervaren*. Dieren hebben volgens Descartes geen geest. Het zijn complexe machines zonder bewustzijn en zonder gevoel.

Descartes' theorie was lange tijd populair en invloedrijk, maar de meeste hedendaagse filosofen zijn er niet langer van gecharmeerd. Er kleven namelijk enkele onoverkomelijke problemen aan het cartesisaanse dualisme. We zullen hier twee problemen noemen. Het eerste probleem kunnen we het representatie-probleem noemen. Met het twijfelexperiment heeft Descartes weliswaar het bestaan van zijn eigen bewustzijn aangetoond, maar hoe zit het met de externe wereld? Is het beeld van de wereld in mijn bewustzijn wel een betrouwbare representatie? Bestaan er andere wezens zoals ik? En heb ik, behalve een geest, ook nog een stoffelijk lichaam? Deze kwesties zijn onoplosbaar omdat we slechts directe toegang tot ons eigen bewustzijn hebben en niet tot de wereld zelf. Of het beeld van de wereld in mijn geest betrouwbaar is, kan daarom nooit worden aangetoond. Het is theoretisch zelfs mogelijk dat er helemaal niets buiten mijn eigen bewustzijn bestaat! Onder filosofen staat deze eenzame positie bekend als solipsisme (van het Latijnse *solus* = alleen, *ipse* = zelf). Descartes bevrijdt zich uit deze netelige situatie door middel van een beroep op God, hetgeen erop wijst dat hij zich nog niet geheel van het scholastieke denken heeft losgemaakt. God bestaat, hij is goed-aardig en hij zal mij niet bedriegen. De representatie van de wereld in mijn geest moet daarom betrouwbaar zijn. Hedendaagse filosofen vinden dit argument echter niet langer overtuigend.

Het tweede probleem is het reeds aangestipte interactie-probleem, de raadselachtige wisselwerking tussen lichaam en geest. Hoe kan iets onstoffelijks (de geest) inwerken op iets stoffelijks (het lichaam)? Hoe kan een immateriële substantie spieren, pezen en botten in beweging zetten? Als de geest het lichaam aanstuurt, moet er aan het begin van elke causale keten een niet-fysische oorzaak liggen. Dit zou betekenen dat de mens en zijn handelen zich principieel aan fysische oorzaken en wetten onttrekken. De geestelijke substantie

kan immers niet door de wetenschap worden onderzocht. Voor veel onderzoekers was dit onverteerbaar: het dualisme riep meer vragen op dan het beantwoordde. Filosofen na Descartes hebben daarom voorgesteld om de geest uit de machine te verdrijven.

MONISME, FYSICALISME EN FUNCTIONALISME

Sinds Descartes is de wetenschap steeds meer te weten gekomen over de werking van de hersenen. Mentale en cognitieve vermogens zoals perceptie, taal en geheugen blijken lokaliseerbaar in het brein. Bij hersenbeschadigingen kunnen dergelijke functies verdwijnen of veranderen. Bepaalde medicijnen, psychofarmaca genaamd, kunnen psychische veranderingen veroorzaken waardoor mensen niet langer depressief of angstig zijn. De geest heeft blijkbaar een materiële basis: het bewustzijn komt voort uit neurofysiologische processen in het brein. De negentiende-eeuwse filosoof Jacobus Moleschott verwoordde deze visie kernachtig met de slogan: 'Zonder fosfor geen gedachte.' Mensen zijn, net als dieren, complexe, stoffelijke machines. De geest moet daarom een onlosmakelijk deel van het lichaam zijn. Als we eenmaal de werking van het lichaam en het brein helemaal begrijpen, weten we ook wat bewustzijn is. Het dualisme van Descartes werd zo ingeruild voor een monisme dat slechts één substantie erkent: de materie.

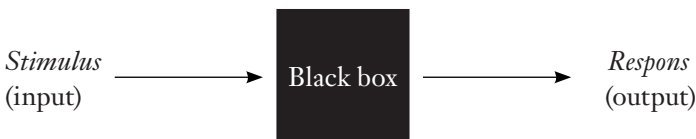
In de eerste helft van de twintigste eeuw werd de psychologie gedomineerd door het behaviorisme, een stroming die al in vorige hoofdstukken is besproken. Ook het behaviorisme verwerpt het dualisme van lichaam en geest. John Watson, de grondlegger van het behaviorisme, pleitte voor een streng empiristische methode: alle wetenschappen, dus ook de psychologie, houden zich bezig met het bestuderen van objectief waarneembare gegevens. In de psychologie moet elk beroep op introspectie, het rapporteren van private bewustzijnsverschijnselen, daarom worden vermeden. Introspectie is per definitie subjectief en bijgevolg ongeschikt als wetenschappelijke methode. Volgens Watson kunnen alle mentale attitudes in principe geheel tot gedrag worden herleid. Als iemand bijvoorbeeld de wens koestert en het voornemen heeft om naar een wedstrijd van het Nederlands elftal te gaan, zal hij of zij bepaalde handelingen verrichten zoals zijn agenda raadplegen, oranje kleren kopen, en kaartjes be-

stellen. Mentale attitudes zoals gedachten, wensen en overtuigingen zijn daarom niets anders dan disposities voor bepaald gedrag.

Het doel van het behaviorisme was het kunnen controleren en voorspellen van uiterlijk waarneembaar gedrag, en het onderzoek naar duiven en ratten liet zien hoe de psycholoog te werk moet gaan. Het gedrag van deze dieren bleek namelijk in hoge mate controleerbaar en stuurbaar door ze positieve en negatieve stimuli toe te dienen, bijvoorbeeld in de vorm van een lekker hapje of een stroomstoot. Volgens Watson en Skinner is alle gedrag het resultaat van conditionering. Het organisme werd opgevat als een *black box* waarvan alleen de input-outputrelaties relevant zijn (afb. 8.1). Als we kunnen voorspellen welke respons er volgt op welke stimulus, weten we in feite voldoende. Kennis over wat zich eventueel *in* de black box afspeelt, is dan niet meer nodig.

Volgens het behaviorisme zijn ook mensen biologische machines: wij handelen niet bewust, maar reageren slechts op stimuli. Elke verwijzing naar gedachten, wensen en overtuigingen kan dus achterwege blijven, want het gedrag vertelt ons genoeg. (Dit taboe op introspectie en de preoccupatie met uiterlijk gedrag werd ooit fraai geïllustreerd in een spotprent met twee behavioristen in bed, vlak na de liefdesdaad, waarbij de één tegen de ander zegt: ‘Jij vond het geweldig, hoe vond ik het?’) Na enkele decennia van succes en dominantie kreeg het behaviorisme met steeds meer moeilijkheden te kampen. De stimulus-responstheorie bleek niet toereikend om menselijk gedrag te verklaren. Menselijk gedrag is niet louter het product van iemands ervaringen want bepaalde vermogens, zoals het verwerven van taal, lijken voor een deel door aangeboren disposities te worden gestuurd. Er ontstond daarom steeds meer aandrang om de black box zélf te bestuderen.

In de jaren zestig maakte het behaviorisme plaats voor het cog-



Afbeelding 8.1: Het organisme als *black box*.

nitivisme. Deze nieuwe stroming in de psychologie en de filosofie stelde dat intelligent gedrag alleen door een beroep op interne cognitieve processen kan worden verklaard. In plaats van zich te beperken tot waarneembaar gedrag was er nu weer volop aandacht voor mentale verschijnselen. Deze verschijnselen moesten echter op een wetenschappelijke manier kunnen worden onderzocht. Men vatte de menselijke geest daarom op als een informatieverwerkend systeem, naar analogie van de eerste computers, en de kwestie die opgehelderd moest worden luidde: hoe wordt informatie verwerkt en opgeslagen in het brein? Het computermodel van de geest werd zeer serieus genomen omdat de analogie naar beiden kanten kon worden uitgewerkt. Enerzijds werd het brein opgevat als een biologische computer, anderzijds trachtte men computers te bouwen die overeenkomst vertoonden met de netwerkstructuur van het brein. De gedachte hierbij was dat als we eenmaal begrijpen hoe onze hersenen het klaarspelen om informatie te verwerken en op te slaan, we meteen ook weten wat de menselijke geest is. De geest is weliswaar alleen via introspectie toegankelijk – het bewustzijn is privé – maar dit probleem kon volgens filosofen zoals J.J.C. Smart en D.M. Armstrong worden omzeild door de zogeheten identiteitstheorie. De identiteitstheorie is een materialistische (en dus monistische) theorie over de menselijke geest. Mentale verschijnselen zoals pijn voelen, een wens koesteren, of chocola proeven, zijn niets anders dan – en dus identiek aan – bepaalde neurofysiologische processen in de hersenen. Volgens de identiteitstheoretici hadden de dualisten gelijk met de stelling dat mentale verschijnselen innerlijk zijn, maar hun idee dat deze verschijnselen onstoffelijk zijn, was onjuist. De behavioristen op hun beurt hadden gelijk met hun stelling dat de geest een materieel substraat bezit, maar zij maakten de fout door de innerlijkheid van mentale verschijnselen te ontkennen.

De identiteitstheorie van de menselijke geest wordt soms ook wel met de term ‘fysicalisme’ aangeduid. Het fysicalisme stelt dat alles in het universum in wezen uit fysische componenten bestaat zoals atomen, moleculen en cellen. Dit betekent dat alles in principe reduceerbaar is tot, of op zijn minst voor zijn bestaan afhankelijk is van, deze componenten. Fysische dingen kunnen door de natuurwetenschap worden onderzocht en de menselijke geest vormt hierop geen uitzondering. De analogie met de computer wees zoals gezegd de

weg. Een computer is immers een puur fysisch systeem, maar hij kan desondanks informatie verwerken en opslaan, en intelligent gedrag vertonen (denk bijvoorbeeld aan een schaakcomputer). Blijkbaar kan een intelligent systeem worden opgebouwd uit niet-intelligente onderdelen. Waarom zou de menselijke geest dan iets totaal anders zijn? Descartes heeft zich vergist: niet alleen dieren, maar ook mensen zijn machines.

De identiteitstheorie was desondanks geen lang leven beschoren omdat er al snel een minpunt aan het licht kwam. Als mentale verschijnselen identiek zijn aan bepaalde hersenprocessen, dan is bewustzijn enkel voorbehouden aan wezens met een soortgelijke anatomie als de onze. Een dergelijk biologisch chauvinisme werd niet door iedereen wenselijk geacht. Wij mensen hebben toevallig een biologische hardware die uit miljarden verknoopte hersencellen bestaat, maar dit hoeft geenszins te betekenen dat alleen *onze* hardware in staat is om mentale verschijnselen te genereren. Waarom zou een buitenaards wezen met een brein dat totaal verschillend is van het onze niet ook bewustzijn kunnen hebben? En waarom zou een toekomstige robot met een siliciumbrein niet kunnen denken en voelen? Men kwam aldus tot de conclusie dat mentale verschijnselen wellicht op verschillende manieren fysisch gerealiseerd kunnen worden. De computeranalogie wees eigenlijk al in deze richting. Er zijn programma's die men op pc's van IBM of Macintosh kan laten draaien, maar ook op logge buizencomputers uit de jaren vijftig. Hetzelfde geldt voor de geest. Theoretisch kunnen er wezens bestaan met een heel andere anatomie en fysiologie dan de onze, terwijl ze toch pijn kunnen hebben, wensen kunnen koesteren en de smaak van chocola kunnen proeven.

De identiteitstheorie, die te rigide was gebleken, maakte in de jaren zestig plaats voor het functionalisme, onder meer door toedoen van de filosofen Hilary Putnam en Jerry Fodor. Het functionalisme stelt dat twee mensen met dezelfde mentale toestand fysiologisch niets gemeen hoeven te hebben. Mentale toestanden zijn immers meervoudig realiseerbaar. Het doet er in feite helemaal niet toe *hoe* een mentale toestand wordt gerealiseerd, als de functionele rol ervan maar wordt gewaarborgd. Omdat men mentale verschijnselen definieerde in termen van functies was het fysisch substraat eigenlijk niet langer van belang. Menselijke hersenen zijn slechts één

manier om bewustzijn te genereren. Vergelijk het met geld. Geld kan op geheel verschillende manieren fysisch worden gerealiseerd, bijvoorbeeld in metaal, papier en plastic, enzovoort. De functionele rol van deze realisaties is echter steeds dezelfde: ze dienen allemaal als betaalmiddel. Voor bewustzijn geldt in principe hetzelfde. Mentale eigenschappen kunnen op verschillende manieren tot stand worden gebracht. Het computermodel van de menselijke geest diende opnieuw als inspiratiebron. Computers laten immers zien dat machines taken kunnen uitvoeren die voorheen alleen aan mensen waren voorbehouden, zoals schaken en rekenen. Waarom zouden machines dan ook niet kunnen denken en bewustzijn kunnen bezitten?

SLIMME MACHINES

Het functionalistische idee dat mentale vermogens op verschillende manieren fysisch kunnen worden gerealiseerd, effende in de jaren zestig de weg voor het onderzoek naar kunstmatige intelligentie, de poging om slimme machines te bouwen. Gedurende de decennia die sindsdien zijn verstreken zijn er enkele successen behaald, met name met machines die specifieke taken kunnen uitvoeren zoals de reeds genoemde schaakcomputer. Dergelijke machines zijn inmiddels zo slim dat ze de mens overvleugelen. Bij menig schaakliefhebber staat het jaar 1997 in het geheugen gegrift. In dat jaar verloor de toenmalige wereldkampioen schaken Gary Kasparov namelijk tot ieders verrassing van de IBM-computer Deep Blue. Het menselijk brein bleek niet langer opgewassen tegen de machine. De schaakcomputer is echter maar één voorbeeld van kunstmatige intelligentie. Er zijn tegenwoordig ook computers die spraak en gezichten kunnen herkennen, of een medische diagnose kunnen stellen.

De cruciale vraag is natuurlijk: hebben we hier te maken met echte intelligentie en bezitten machines werkelijk mentale vermogens, of worden deze vermogens enkel handig gesimuleerd? De Britse wiskundige en computerpionier Alan Turing bedacht in 1950 een eenvoudige test om deze vraag te kunnen beantwoorden, de zogeheten Turingtest. In de Turingtest wordt de filosofische kwestie 'Kunnen machines denken?' vervangen door de meer praktische vraag: 'Kan een ondervrager door middel van schriftelijke vragen te stellen een onderscheid vinden tussen een mens en een computer?' Door vragen

in te typen en de antwoorden te bestuderen, moet de ondervrager er dus achter zien te komen of hij met een mens of met een computer te maken heeft. Elke vraag is toegestaan, bijvoorbeeld: 'Wat is je favoriete film?' 'Van welke muziek houdt je?' 'Wat zijn je politieke voorkeuren?', enzovoort. Als een computer de test doorstaat en de ondervrager in de veronderstelling verkeert dat hij met een mens communiceert, moeten we volgens Turing concluderen dat de computer bewustzijn bezit en echt kan denken. Elk praktisch verschil tussen mens en machine is dan immers verdwenen.

Natuurlijk moet een dergelijke computer razend knap zijn geprogrammeerd. Hij moet (strik)vragen kunnen beantwoorden, zoals: 'Ben jij een mens of een computer?' De computer is wellicht zo geïnstrueerd dat hij verontwaardigd antwoordt: 'Nou ja zeg, natuurlijk ben ik een mens, doe niet zo flauw!' Turing voorspelde dat rond het jaar 2000 de eerste computers de test zouden kunnen doorstaan. Tegenwoordig zijn er inderdaad zeer knappe computers waarmee men urenlang over politiek, koken of honkbal kan converseren. Deze programma's zijn echter wederom specialistisch op één bepaald gebied. Je kunt ze geen willekeurige vragen stellen, want dan vallen ze onmiddellijk door de mand. De echte Turingtest kunnen ze dus nog niet aan. Maar stel dat het over vijftientig of vijftig jaar wel lukt. Volgens Turing moeten we computers dan als mentale machines beschouwen. Als je met een computer net zo kunt converseren als met een mens, vervalt het onderscheid.

Lang niet iedereen is het echter eens met Turings voorspelling. De Amerikaanse filosoof John Searle is er bijvoorbeeld van overtuigd dat computers altijd dom zullen blijven. Een computer heeft namelijk geen flauw benul van waar hij mee bezig is. In 1980 presenteerde Searle een beroemd argument om zijn stelling te illustreren, het zogeheten Chinese-kamerexperiment. Stel, zegt Searle, dat ik in een kamer wordt opgesloten. In deze kamer staan manden met Chinese karakters. Ik spreek of schrijf echter geen woord Chinees. Naast de manden met karakters ligt er in de kamer ook een instructieboek in het Engels. Het instructieboek staat vol met regels die aangeven welke karakters bij welke andere karakters horen. De regels zeggen alleen iets over de *vorm* van de karakters en niets over hun betekenis. Van Chinees sprekende mensen buiten de kamer krijg ik vervolgens Chinese karakters aangereikt door een smalle gleuf in de deur. In

het instructieboek zoek ik de symbolen op. Het boek geeft me de regels: 'Als je die en die karakters aangereikt krijgt, stuur dan die en die karakters terug, in die en die volgorde.' De mensen buiten de kamer kunnen mij zo vragen stellen. Stel nu dat het instructieboek zo goed is samengesteld dat mijn antwoorden niet te onderscheiden zijn van iemand met het Chinees als moedertaal. Dus stel dat ik de vraag krijg: 'Wat is je favoriete gerecht?' Ik weet natuurlijk niet *wat* mij wordt gevraagd, sterker nog, ik weet niet eens *dat* mij een vraag wordt gesteld, maar door mijn instructieboek nauwkeurig te volgen, stuur ik de volgende karakters terug: 'Mijn favoriete gerecht is lasagne, maar ik houd ook veel van boerenkool.' Ik heb natuurlijk geen flauw benul van wat ik heb geantwoord, maar voor de mensen buiten de kamer lijkt 't alsof ik Chinees begrijp! Of nog straffer, volgens Turing *begrijp* ik Chinees! Het moge duidelijk zijn, stelt Searle, dat deze conclusie absurd is.

Het Chinese-kamerargument is eigenlijk een metafoor. Searle beschijft hoe een computer werkt: het instructieboek staat voor het programma, de manden met tekens staan voor gegevensbestanden. De metafoor maakt volgens Searle duidelijk dat computers geen enkel begrip hebben. Hoe intelligent hij ook lijkt, de computer volgt slechts simpele instructies zonder zich ergens van bewust te zijn. Technisch geformuleerd: de computer is een puur syntactische machine, een machine die voorgeprogrammeerde *regels* volgt. De computer heeft echter geen benul van semantiek: hij 'weet' niet wat de Chinese karakters *betekenen*. Een computer begrip of bewustzijn toeschrijven is daarom flauwekul. Een computer *weet* helemaal niets, aldus Searle.

De filosoof Daniel Dennett denkt weer iets anders over deze kwestie. Of machines ooit kunnen denken is volgens hem meer een pragmatische vraag. Soms is het gewoon *handig* om wensen en overtuigingen aan een machine toe te schrijven. Als Kasparov een partij schaak tegen een computer speelt, doet hij dat waarschijnlijk ook. Bij een bepaalde stelling op het bord zal hij denken: 'Deep Blue probeert mij in de val te lokken met een torenoffer; hij denkt dat ik dat niet doorzie.' Het toeschrijven van wensen ('hij probeert mij in de val te lokken') en overtuigingen ('hij denkt dat ik hem niet doorzie') aan een computer is instrumenteel nuttig. We doen gewoon *alsof* de computer rationeel is en kan denken, want door ervan uit te gaan dat de computer wen-

sen en overtuigingen heeft, en rationeel zal handelen, kunnen we zijn gedrag voorspellen. Dennett noemt deze houding tegenover een machine de intentionele, of *mentale houding*. Het op deze wijze voorspellen van wat een machine gaat doen, is niet altijd even nauwkeurig, maar wel het minst omslachtig. (Vaak nemen we de mentale houding al aan bij machines die veel minder 'slim' zijn dan een computer. Zo is er een fraaie scène in de Britse comedyserie *Fawlty towers* waar John Cleese zijn auto afranselt omdat deze weigert te starten.)

We kunnen nog twee andere houdingen aannemen, zegt Dennett, te weten: de *ontwerphouding* en de *fysische houding*. Wanneer we de ontwerphouding aannemen, kijken we naar het programma van de computer. De instructies van het programma maken het voorspellen van gedrag mogelijk, want het voorspellen berust nu op de notie van 'functie'. Het programma van de schakcomputer heeft immers de functie om bordposities in waarden en parameters te vertalen. Het is wat omslachtiger dan de mentale houding, maar het voorspellen wat de computer gaat doen, is nu een stuk nauwkeuriger. Verrassingen zijn echter niet uitgesloten omdat vrijwel elke software programmeerfouten bevat, of door een virus besmet kan worden. De derde houding die we kunnen aannemen, de fysische houding, is de meest nauwkeurige als het op voorspellen aankomt, maar tegelijkertijd ook het meest omslachtig. We kijken nu naar het fysische systeem van de computer en we beschrijven minutieus elk draadje, elke chip en elke schakeling, en vervolgens passen we de natuurwetten toe. Het voorspellen wat de computer gaat doen, is nu weliswaar honderd procent nauwkeurig, maar ook erg omslachtig. Bij computers nemen we dan ook zelden deze houding aan.

Dennett stelt dat het een pragmatische kwestie is welke houding we jegens een computer, of een ander schijnbaar intelligent systeem, aannemen. Het gaat er uiteindelijk om welke houding het *nuttigst* is. Moeten we snel voorspellen, of heel juist heel nauwkeurig voorspellen? In het eerste geval hanteren we de mentale houding, in het tweede de ontwerphouding of de fysische houding. De vraag of slimme machines ook werkelijk wensen en overtuigingen hebben, is nu betekenisloos geworden. De notie van 'mentaal systeem' is namelijk ontologisch neutraal. Als het nuttig is om een systeem wensen en overtuigingen toe te schrijven, dan *is* het op dat moment een mentaal systeem. Punt.

HOE IS HET OM EEN VLEERMUIS TE ZIJN?

Veel hedendaagse filosofen onderschrijven een of andere vorm van fysicalisme: de geest heeft een materiële basis in het brein. We weten nog niet precies hoe het allemaal werkt, maar als de wetenschap blijft voortschrijden, zullen we daar spoedig achterkomen. Toch zijn er ook andere geluiden, bijvoorbeeld van de Amerikaanse filosoof Thomas Nagel. Volgens Nagel is de relatie bewustzijn-brein niet de *verklaring* voor het lichaam-geestprobleem, maar juist datgene wat *verklaard moet worden*. Een fysicalistische verklaring van het bewustzijn lijkt hem vooralsnog onmogelijk.

Op het eerste gezicht, beaamt Nagel, lijkt het evident dat alles wat in het bewustzijn gebeurt op de een of andere manier afhankelijk is van wat er in ons brein gebeurt. Er moet *iets* in de hersenen gebeuren, willen er mentale verschijnselen optreden. Soms kennen we deze relatie al. Mensen met angststoornis of depressie kunnen we bijvoorbeeld helpen met medicijnen. Het lijkt er dus op dat mentale verschijnselen gewoon het gevolg zijn van bepaalde hersenprocessen. Nagel meent echter dat er meer aan de hand is. Mentale verschijnselen zijn niet louter hersenprocessen, want zij hebben iets extra's dat niet door de wetenschap onderzocht kan worden. Nagels argumentatie is verrassend eenvoudig. Zo vraagt hij zich bijvoorbeeld af wat er gebeurt wanneer we in een stuk chocola bijten. Deze alledaagse bezigheid lijkt verre van mysterieus. De chocola smelt op onze tong en activeert de smaakpapillen. Deze sensoren sturen vervolgens chemische en elektrische signalen naar onze hersenen, alwaar deze signalen weer worden omgezet in patronen in ons neurale netwerk. Maar dan gebeurt het wonder: we proeven de smaak van chocola!

Is deze mentale gewaarwording niets anders dan een fysisch proces in onze hersenen? Nagel meent van niet. Stel dat een neurowetenschapper onze schedel zou lichten terwijl we een stuk chocola nuttigen. De wetenschapper zou allerlei complexe neurologische processen in ons brein kunnen detecteren, maar niet de smaak van chocola! Hoe goed hij ook zoekt, mentale gewaarwordingen zal hij er niet aantreffen. Hetzelfde geldt natuurlijk voor *alle* bewustzijnsverschijnselen. In het brein vind je geen gedachten, wensen, overtuigingen, de gewaarwording van kleuren of de smaak van chocola. Nagels conclusie luidt daarom: iemand kan onze hersenen onder-

zoeken, maar *niet* ons bewustzijn. Ons bewustzijn is enkel voor onszelf toegankelijk.

Mentale verschijnselen zijn dus meer dan louter hersenprocessen. Ook al zouden we in de toekomst precies weten hoe het brein werkt, dan nog zou er een kloof blijven bestaan tussen het subjectieve bewustzijn en objectief waarneembare hersenprocessen. Mentale verschijnselen hebben een bepaalde innerlijkheid, een *insideness*: fenomenale gewaarwordingen zijn alleen voor onszelf toegankelijk via een eerste-persoonsperspectief. Een eerste-persoonsperspectief staat tegenover een derde-persoonsperspectief dat voor ons allemaal toegankelijk is. Via een derde-persoonsperspectief kunnen we iemands hersenen onderzoeken, maar niet zijn bewustzijn. Een fysicalistische, materiële verklaring van het bewustzijn is daarom onmogelijk.

Nagel illustreert dit argument met het voorbeeld van de vleermuis. Vleermuizen zijn zoogdieren net als wij, maar het perceptie-apparaat van vleermuizen is dermate verschillend van dat van ons dat het lastig is ons voor te stellen hoe het is om een vleermuis te zijn. Vleermuizen zien bijna niets. Hun beeld van de wereld verkrijgen ze via sonar (echolocatie). Dit is een zeer efficiënt systeem, want een vleermuis kan gemakkelijk een vliegend insect uit de lucht plukken. Wanneer we ons proberen voor te stellen hoe het is om de vorm, de grootte en beweging van objecten in de wereld te *boren* in plaats van te zien, staat ons verstand stil. Het helpt niet om een batman-cape aan te trekken en fladderend rond te gaan rennen terwijl we piepegeluidjes uitstoten. Het heeft ook geen zin, zegt Nagel, om overdag op zolder ondersteboven aan je voeten te gaan hangen – we komen er nooit achter hoe het is om een vleermuis te zijn. Het punt is analoog aan het voorbeeld van de chocola. Ook al zouden we in de toekomst alles weten over het vleermuizenbrein en zijn fysiologie, dan weten we nog altijd niet hoe het *is* en *voelt* om een vleermuis te zijn. Het subjectieve eerste-persoonsperspectief blijft ook dan voor ons verborgen. Opnieuw ontstaat er een kloof tussen de fysische werkelijkheid van het biologische brein en de psychologische, mentale werkelijkheid van het fenomenale bewustzijn.

Nagel grijpt overigens niet terug op een cartesiaans dualisme van lichaam en geest. Zijn positie is iets subtieler. Nagel verdedigt een zogeheten dubbel-aspecttheorie, die in zekere zin al bij Spinoza is te

vinden. Waar de werkelijkheid in laatste instantie precies uit bestaat, weten we niet zegt Nagel. Maar we kennen in elk geval twee aspecten van de werkelijkheid: het fysische en het mentale. Deze twee aspecten zijn echter vooralsnog niet tot elkaar te herleiden. Binnen het raamwerk van onze huidige natuurwetenschap, de fysische benadering, wordt het mentale buiten beschouwing gelaten. De wetenschap doet net of het mentale niet bestaat. De huidige wetenschap kan zodoende nooit een adequate beschrijving of verklaring van het bewustzijn geven. Misschien dat het een toekomstige natuurwetenschap wel lukt, maar dan zal de eenzijdige benadering van de huidige wetenschap drastisch moeten veranderen. Alleen een revolutionaire omwenteling in de natuurwetenschappen zal de kloof tussen brein en bewustzijn kunnen dichten.

EEN AANVAL OP DE VOLKSPSYCHOLOGIE

Hoewel Nagels argument door veel filosofen wordt onderschreven, zijn er ook denkers die menen dat er sprake is van onnodige mystificatie. Deze optimisten stellen dat de neurowetenschappen wel degelijk een antwoord kunnen geven op de vraag wat bewustzijn is.

Eén van die denkers is de Canadese filosoof Paul Churchland. Churchland beschuldigt sceptici zoals Nagel van conceptuele inertie, een conservatieve weerstand tegen conceptuele verandering, omdat zij halsstarrig blijven vasthouden aan het verouderde paradigma van de volkspychologie (*folk psychology*).

De volkspychologie is een common-sense 'theorie' die we in het alledaagse leven gebruiken. De theorie stelt dat we allerlei mentale 'dingen' in ons hoofd hebben, zoals wensen, overtuigingen en gewaarwordingen. De volkspychologie gebruiken we al duizenden jaren om ons eigen gedrag en dat van anderen te begrijpen en te voorspellen. Churchland meent echter dat de tijd rijp is om dit belegen denkraam van de hand te doen ten gunste van de neurowetenschappen. De concepten uit de volkspychologie zijn wellicht handig in de alledaagse praktijk, maar met wetenschap heeft het niets te maken. Het is daarom ook niet vreemd dat we geen wensen, overtuigingen en gewaarwordingen in iemands hersenen aantreffen, hoe goed we ook zoeken, want de mentale toestanden zoals we die nu nog beschrijven, bestaan volgens Churchland helemaal niet.

De concepten uit de volkspychologie verwijzen nergens naar. Alle psychische verschijnselen (wensen, overtuigingen, sensaties) moeten daarom worden beschreven in termen van de neurowetenschap. Vergelijk het met het concept van 'heks'. Gedurende de Middeleeuwen meenden mensen dat heksen bestonden. Met een beroep op hekserij kon men dingen verklaren zoals het mislukken van de oogst of het uitbreken van de pest. Wij hebben heksen echter uit onze serieuze, wetenschappelijke ontologie verbannen omdat een dergelijk concept een onjuiste voorstelling van zaken geeft. Heksen bestaan immers niet! De concepten uit de volkspychologie wacht precies hetzelfde lot, aldus Churchland.

Churchland verdedigt een positie die 'eliminatief materialisme' wordt genoemd. In de nabije toekomst zal de neurowetenschap het bewustzijn geheel kunnen verklaren. De volkspychologie met haar mentalistische terminologie van 'wensen', 'overtuigingen' en 'gewaarwordingen' zal dan plaats hebben gemaakt voor een neurowetenschappelijke terminologie. Het verouderde, common-sense denkraam zal daarom niet tot de neurowetenschap worden *gereduceerd*, maar het zal geheel en al worden *geëlimineerd*. Er bestaat immers geen correspondentie tussen de concepten uit de volkspychologie en de concepten uit de volwassen neurowetenschap, en zonder correspondentie kan er ook geen sprake zijn van een succesvolle reductie.

In onze hersenen zijn geen wensen en overtuigingen te vinden, aldus Churchland. Vanuit een subjectief, eerste-persoonsperspectief *ervaren* wij weliswaar dat wij allerlei wensen en overtuigingen bezitten, maar dit is welbeschouwd een illusie. Binnen een objectief, derde-persoonsperspectief is geen ruimte meer voor een dergelijke mentalistische terminologie. In de toekomst zullen we niet langer zeggen dat iemand wensen en overtuigingen heeft, maar spreken we over gewichtsverdelingen in iemands neurale netwerk en over de stimulatie van bepaalde synaptische verbindingen. Het brein is een connectionistisch systeem, een complex, verknoopt netwerk dat zich voortdurend aanpast aan de signalen die er doorheen vloeien. Kunstmatige neurale netwerken (computers die zijn gebouwd volgens het connectionistische principe) tonen immers aan dat zij over een leervermogen beschikken en intelligentie kunnen simuleren, bijvoorbeeld door het herkennen van spraak of van gezichten. Het

is dus helemaal niet nodig om de mens op te splitsen in een fysische en een mentale component. Het postuleren van een fysische component is voldoende. Meer hebben we niet nodig.

Het oude mentalistische paradigma zal dus moeten verdwijnen. De omslag zal zich eerst in de wetenschap voltrekken, maar gaandeweg zullen we ook in het dagelijks leven de nieuwe, neurowetenschappelijke terminologie overnemen. Volgens Churchland betekent dit geen verlies maar winst: de neurowetenschappelijke beschrijving van wat er in ons hoofd omgaat, zal immers superieur zijn aan de mentalistische beschrijving die we nu nog gebruiken. Met behulp van de nieuwe, neurowetenschappelijke concepten zullen we onszelf en anderen veel beter begrijpen dan we nu doen. Met het voortschrijdende inzicht in de processen in ons brein kunnen we onze innerlijke toestanden beter beschrijven dan met de concepten uit de volkpsychologie. Onze kennis zal veel rijker en gedetailleerder zijn. Churchland ziet dan ook grote voordelen voor de mensheid. Als we eenmaal weten hoe psychische stoornissen ontstaan en hoe geheugen, intelligentie en emoties precies tot stand komen, zal veel menselijk leed kunnen worden voorkomen. Het is tragisch, zegt Churchland, dat Nagel en andere sceptici deze ontwikkeling blokkeren door aan verouderde begrippen vast te blijven houden.

Churchland is van mening dat filosofen als Nagel het lichaamsgeestprobleem onnodig mystificeren. In het verleden hebben filosofen en wetenschappers wel vaker gedacht dat sommige raadsels onoplosbaar waren. Maar steeds hebben zij zich vergist. De geschiedenis leert ons dus dat we niet te snel moeten roepen dat er onoplosbare mysteries bestaan, het kan immers ook gewoon aan onze eigen onwetendheid liggen. Churchland geeft een aantal voorbeelden van zulke vergissingen. In de negentiende eeuw meenden sommige filosofen dat we nooit de fysische aard van sterren zouden kunnen begrijpen. Sterren zouden altijd een mysterie blijven. Aan deze mystificatie kwam echter een eind toen men de zogeheten spectraalanalyse ontdekte: door het licht van een ster in een prisma te ontleden, kon men de fysisch-chemische samenstelling van de hemellichamen aflezen. Een ander voorbeeld betreft het vitalisme in de biologie. Tot halverwege de twintigste eeuw verkondigde menig filosoof dat er een fundamentele, metafysische kloof gaapt tussen levende wezens en dode materie. Levende wezens zouden een mysterieuze, onstoffe-

lijke ‘levensvonk’ bezitten die nooit door de wetenschap doorgrond zou kunnen worden. In 1953 ontdekten James Watson en Francis Crick echter de materiële basis van al het leven op aarde: de dubbele helix van het DNA. De moleculaire biologie toonde vervolgens aan dat wat wij ‘leven’ noemen niets anders is dan een bepaalde *organisatie* van de materie. Het postuleren van een immateriële levensvonk bleek onnodig (zie p. 39).

Volgens Churchland geldt hetzelfde voor de problematiek rond het bewustzijn. Ook dit is geen onoplosbaar raadsel. Wanneer we het nieuwe, neurowetenschappelijke paradigma omarmen, zal blijken dat onze ‘geest’ niets anders is dan een neurale netwerk met een fysisch substraat. De wetenschap zal onze onwetendheid opheffen. Nagels raadsel van het eerste-persoonsperspectief is helemaal geen mysterie. Het eerste-persoonsperspectief – ons fenomenale bewustzijn – is weliswaar uniek, en alleen voor onszelf toegankelijk, maar dat wil niet zeggen dat het bewustzijn iets *niet-fysisch* is. Het betekent volgens Churchland slechts dat we een bevoorrechte toegang tot ons eigen bewustzijn hebben. Vergelijk het met een volle blaas hebben. Ook dit fenomeen is enkel invoelbaar vanuit een eerste-persoonsperspectief. Andere mensen kunnen wellicht aan de buitenkant zien dat we hoognodig moeten plassen, maar hoe een volle blaas echt *voelt*, weet je alleen zelf, van binnenuit. Betekent dit nu dat een volle blaas hebben iets mysterieus, niet-fysisch is dat zich onttrekt aan wetenschappelijk onderzoek? Nee, het is een simpel fysiologisch verschijnsel dat allang door de wetenschap in kaart is gebracht.

Churchland concludeert dat het eerste-persoonsperspectief alleen iets zegt over *hoe* iets gekend wordt, en niets over *wat* er gekend wordt. Het is dus helemaal niet nodig om de werkelijkheid op te splitsen in twee verschillende aspecten of substanties: lichaam en geest. Denk opnieuw aan het voorbeeld van de vleermuis. Ook de mentale gewaarwordingen van de vleermuis zijn gewoon hersenprocessen. Weliswaar bezit de vleermuis een exclusieve toegang tot zijn eigen bewustzijn, een toegang die voor ons altijd gesloten zal blijven, maar dit is volgens Churchland geen mysterie met verregaande ontologische consequenties. De vleermuis is nu eenmaal verbonden met zijn eigen brein, en wij zijn niet op die manier aangesloten op het vleermuisbrein. Daarom moeten wij het bewustzijn van de vleermuis van buitenaf, via een derde-persoonsperspectief, proberen te begrijpen.

ZOMBIES EN DE FUNCTIE VAN BEWUSTZIJN

In hoeverre het toekomstbeeld dat Churchland schetst bewaarheid zal worden, is een open, empirische vraag. Menigeen verwacht, net als Churchland, veel van de voortschrijdende wetenschappelijke kennis met betrekking tot de werking van de hersenen. Maar of de neurowetenschap inderdaad de volkspychologie zal verdringen, valt te betwijfelen. Het feit dat we elkaar trachten te begrijpen door elkaar wensen en overtuigingen toe te schrijven, is immers geen wetenschappelijke ‘theorie’ maar een diepgeworteld ‘instinct’ dat ten grondslag ligt aan het kunnen functioneren in sociale verbanden. De volkspychologie is zo een onlosmakelijk deel van ons leven. Dit betekent overigens niet dat alleen de mens over bewustzijn beschikt. Gegeven het feit dat de evolutie gradueel verloopt, mogen we verwachten dat het bewustzijn in stapjes is ontstaan en dat het mogelijk – in rudimentaire vorm – ook bij andere diersoorten is te vinden. Aan het begin van dit hoofdstuk werd gesteld dat een evolutionair perspectief onontbeerlijk is bij het verhelderen van de problematiek rond het bewustzijn. Zolang we niet weten hoe het bewustzijn is geëvolueerd en wat de biologische functie ervan is, ontbreekt er immers iets wezenlijks aan ons begrip. Een evolutionair perspectief kan ons wellicht vertellen *waarom* de evolutie sommige organismen met deze wonderlijke eigenschap heeft uitgerust.

We hebben eerder gezien dat Descartes ontkende dat dieren bewustzijn hebben. Dieren hebben volgens Descartes geen geest en dat maakt ze tot gevoelloze machines. Dieren zouden daarom geen pijn of genot kunnen voelen, laat staan dat ze zouden kunnen denken. Tegenwoordig wordt hier iets genuanceerder over gedacht. Dat blijkt bijvoorbeeld alleen al uit het feit dat we dieren bepaalde rechten toebedelen en dat iemand die dieren mishandelt of verwaarloost strafbaar is. De mate waarin dieren worden beschermd, zouden we zelfs als een toetssteen van beschaving kunnen opvatten. Ongetwijfeld komt onze veranderde houding jegens dieren voor een deel voort uit het inzicht dat al het aardse leven een gemeenschappelijke oorsprong heeft en dat er geen fundamentele kloof gaapt tussen mens en dier. Dus ook in dit opzicht zijn we schatplichtig aan Darwin.

Toch kan iemand natuurlijk opperen dat Descartes wel degelijk gelijk zou kunnen hebben. Het is in principe immers best *mogelijk*

dat dieren gevoelloze automaten zijn. Als we een hond met een stok slaan (dit is een gedachte-experiment), zal het dier janken, ineenskrimpen en proberen ons te bijten. Dit gedrag lijkt erop te wijzen dat het dier pijn voelt, maar theoretisch is het mogelijk dat het gedrag ook *zonder* bewustzijn tot stand komt. Het is immers betrekkelijk eenvoudig een robot te bouwen die, uitgerust met bepaalde sensoren, mechanische ledematen en een luidsprekertje, ineenskrimpt en 'Auw!' roept wanneer we hem met een stok te lijf gaan. Dieren (en ook mensen) lijken dus te kunnen functioneren, precies zoals ze dat nu doen, zonder dat er ook maar een sprankje bewustzijn aan te pas komt. Wij *hebben* weliswaar bewustzijn, maar we zouden wellicht ook best zonder kunnen.

Filosofen spreken in dit verband over 'zombies'. Dit zijn niet de griezelige ondoden uit horrorfilms als *Night of the living dead*, maar hypothetische wezens die in alles op ons lijken behalve dat ze géén bewustzijn bezitten. Deze wezens zouden, net als wij, zéggen dat ze bewustzijn bezitten, maar in werkelijkheid zijn ze ervan verstoken. Sommige filosofen menen dat zombies zonder meer voorstelbaar zijn, maar dit wordt door andere filosofen weer bestreden. De kwestie komt uiteindelijk neer op de vraag of het bewustzijn ergens voor *dient*. In eerste instantie zij we geneigd dit volmondig te beamen: het bewustzijn heeft een duidelijke functie, bijvoorbeeld voor het registreren van pijn en genot. Maar het voorbeeld van de robot die 'Auw!' roept wanneer we hem slaan, doet ons hier weer aan twijfelen. Ook in de neurologische literatuur worden gevallen beschreven die erop lijken te wijzen dat bewustzijn niet echt nodig is om als organisme te functioneren. Neem de merkwaardige aandoening die wordt aangeduid met de term *blindsight*. Blindsight komt voor bij sommige mensen die een beschadiging aan de visuele cortex hebben opgelopen. Deze mensen claimen niets te zien in een bepaald deel van hun gezichtsveld. Als ze bij een proef toch moeten gokken welk plaatje ze krijgen voorgeschoteld (bijvoorbeeld een plaatje met een cirkel, een vierkant of een driehoek) scoren ze steevast veel hoger dan op grond van de kansberekening mag worden verwacht. Het lijkt er dus op dat voor visuele perceptie niet per se bewustzijn nodig is. De hele machinerie kan ook functioneren zonder dat het subject zich ervan bewust is! Met andere woorden, het lijkt op zijn minst voorstelbaar dat de evolutie wezens voortbrengt die net zo efficiënt

functioneren als wij, of zelfs beter, maar die geen subjectieve, fenomenale ervaringen bezitten.

De Amerikaanse filosoof, psycholoog en neurobioloog Owen Flanagan erkent de mogelijkheid dat de evolutie in principe zombies voort had *kunnen* brengen. Bewustzijn is volgens hem niet strikt noodzakelijk voor hogere, intelligente levensvormen. Maar de evolutie op aarde heeft nu eenmaal een ander pad gekozen, een pad waarbij het bezit van bewustzijn er wel degelijk toe doet. Flanagan bestrijdt dan ook dat het bewustzijn een epifenomeen zou zijn, een soort loze versiering die geen causale invloed uitoefent en dus ook geen functie heeft. Integendeel, voor alle bestaande hogere levensvormen is het bezit van bewustzijn juist essentieel om te kunnen overleven. Dit bewustzijn is niet alleen gemoeid met hogere functies als zelfreflectie, taal en abstract denken, maar ook met meer basale functies zoals het ondergaan van emoties en het verwerken van zintuiglijke stimuli. Krachtige emotionele disposities en een zintuiglijke, kwalitatieve gevoeligheid voor aangename en pijnlijke stimuli verhogen de biologische fitness van mens en dier. Het bewustzijn is zo onmisbaar geworden voor een efficiënte interactie tussen organisme en omgeving. Kortom, het bewustzijn is volgens Flanagan geëvolueerd om de vier beruchte F's te vergemakkelijken: *Fighting*, *Fleeing*, *Food gathering* en *Reproducing*. In tegenstelling tot dieren bezitten wij mensen weliswaar mentale vermogens van een hogere orde, vermogens die ons in staat hebben gesteld om cultuur, kunst en wetenschap te ontwikkelen, maar het fenomenale basisbewustzijn heeft dezelfde functie voor mens en dier: het succesvol kunnen interacteren met soortgenoten en de omgeving. Descartes had daarom ongelijk: dieren zijn geen gevoelloze automaten.

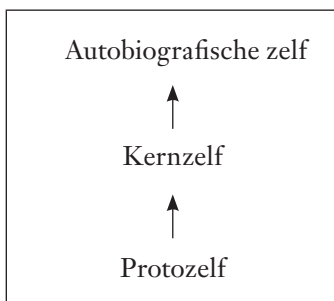
HET GELAAGDE BEWUSTZIEN

In hoofdstuk 5 hebben we een onderscheid gemaakt tussen dieren met een open en een gesloten programma. Dieren met gesloten programma's, denk aan insecten, microben en andere 'lagere' diersoorten, zijn feitelijk genetisch voorgeprogrammeerd. Hun gedrag is niet flexibel en verloopt goeddeels instinctmatig. Dieren met een open programma daarentegen, zoals zoogdieren en vogels, kunnen leren op basis van positieve en negatieve ervaringen. Een open en

flexibel gedragsrepertoire stelt hen in staat om complexe sociale relaties met soortgenoten aan te gaan en de mogelijkheden die de omgeving biedt beter uit te buiten. In plaats van het gedrag geheel voor te programmeren, wordt het organisme nu gedwongen om zélf vitale beslissingen nemen. Toen de evolutie eenmaal dit veelbelovende pad was ingeslagen, was er geen houden meer aan. Naast het kunnen verwerken van prikkels uit de buitenwereld kreeg het bewustzijn al gauw een bijkomende functie: het kunnen simuleren van mogelijke handelingen in het denken. Leren door simulatie – Wat zou er gebeuren als ik ... zou doen? – is veel efficiënter dan leren door pure *trial and error*. Het organisme kan nu immers de simulaties laten ‘sterven’, in plaats van zichzelf steeds letterlijk in het ongewisse te moeten storten. In een nog later stadium van de evolutie, mogelijk al bij de opkomst van de primaten, deed zich weer een vernieuwing voor: het ontstaan van een rudimentair zélfbewustzijn. Dit vermogen stelde de bezitters ervan uiteindelijk in staat tot zelfreflectie, empathie en altruïsme op basis van wederkerigheid (maar ook tot list en bedrog).

De bovenstaande weergave van de evolutie van het bewustzijn is tot op zekere hoogte een simplificatie. De meeste (lagere) diersoorten bezitten immers waarschijnlijk helemaal geen bewustzijn. Slechts in een paar takken van de immense evolutionaire stamboom, zoals die van de gewervelden en de koppotigen (waartoe de octopus en de inktvis behoren), hebben zich organismen ontwikkeld die verschillende gradaties van bewustzijn bezitten. Verder is het waarschijnlijk ook niet zo dat het bewustzijn zich sprongsgewijs heeft ontwikkeld en dat er steeds kant-en-klare functies aan werden toegevoegd. In werkelijkheid verliep het proces veel gradueler en werden de functionele modules moeizaam bijeengesprokkeld. De schets maakt echter wel duidelijk dat het bewustzijn blijkbaar gelaagd is en dat het in verschillende gradaties voorkomt in het dierenrijk. Zo stelt de invloedrijke neuroloog Antonio Damasio dat we met betrekking tot het bewustzijn ten minste drie wezenlijke niveaus kunnen onderscheiden: het protozelf, het kernzelf, en het autobiografische zelf (afb. 8.2).

Het protozelf is het meest fundamenteel en is het vroegst in de evolutie ontstaan. Er is op dit niveau feitelijk nog geen sprake van bewustzijn, maar het protozelf is wel een essentiële voorwaarde voor het ontstaan van de hogere niveaus. Het protozelf bestaat volgens



Afbeelding 8.2: Het gelaagde bewustzijn volgens Damasio.

Damasio uit niet-bewuste hersenprocessen die continu lichaamsfuncties reguleren. De processen in het brein zorgen zo voor de relatieve stabiliteit die nodig is om in leven te blijven. Anders gesteld, de toestand van het levende lichaam wordt voortdurend gecontroleerd, en zonodig bijgesteld, door het brein en het centrale zenuwstelsel. Volgens Damasio kunnen we daarom zeggen dat de controlefuncties in het brein een *representatie* van het levende lichaam zijn, alleen is die representatie niet bewust. (Vergelijk het met de metertjes op het dashboard die zaken als snelheid, temperatuur en tankinhoud weergeven, en zo de ‘toestand’ van de auto ‘representeren’.)

Een tweede belangrijke stap in de evolutie was het ontstaan van het kernzelf, ofwel het kernbewustzijn. Volgens Damasio voorziet het kernzelf het organisme van een zelfgevoel in het hier en nu. De processen in de hersenen die de toestand van het lichaam reguleren en representeren, zijn nu *bewust* geworden. Dit bewustzijn is echter primitief: het strekt zich namelijk niet verder uit dan de onmiddellijke ervaring. Het organisme is zich bewust van acute pijn of acuut genot en enkele mildere schakeringen die daartussen liggen.

De derde stap in de evolutie is het ontstaan van organismen met een autobiografisch zelf. Organismen met een dergelijk bewustzijn hebben een eigen identiteit, een ontwikkeld zelfbesef en een geheugen. Zij zijn in staat tot reflectie en herinneren zich de belangrijkste aspecten van hun eigen levensgeschiedenis. (Terzijde: Damasio's beeld van het hiërarchisch gestructureerde bewustzijn doet soms denken aan het boek *Tranen van de krokodil* van de psycholoog Piet Vroon. Vroon betoogt dat onze hersenen zijn opgebouwd uit drie

‘lagen’: een reptielen-, een zoogdieren- en een mensenbrein. Omdat de mens ‘te snel is geëvolueerd’, hebben de drie lagen regelmatig ‘ruzie’ met elkaar en komen er allerlei primitieve emoties en gedragingen in ons naar boven.)

Damasio’s empirisch goed onderbouwde schets van het gelaagde bewustzijn maakt duidelijk dat het bewustzijn, de geest, een eigenschap is die geleidelijk is ontstaan tijdens de evolutie. Bewustzijn is geen lamp die plotseling aanfloept. We kunnen het ontstaan van het bewustzijn beter vergelijken met een flakkerend vonkje dat gaandeweg feller is gaan branden en zo steeds meer licht produceerde. De gelaagdheid van het bewustzijn heeft daarom ook consequenties voor een adequate *definitie* van ‘bewustzijn’. Neem bijvoorbeeld de definitie die Van Dale hanteert: ‘Bewustzijn’ = ‘Vermogen tot besef, weten en erkennen van het bestaan van zichzelf en van de wereld.’ Damasio zou deze definitie vermoedelijk te beperkt vinden omdat zij primitievere vormen van bewustzijn uitsluit. Damasio bestrijdt daarom ook dat het bewustzijn uitsluitend kan worden begrepen in termen van andere cognitieve functies, zoals taal en geheugen. Deze stelling gaat namelijk alleen op voor het autobiografische zelf, ons zélfbewustzijn. Uit neurologisch onderzoek blijkt dat het primitievere kernzelf ook zonder de genoemde cognitieve functies kan bestaan. Bij stoornissen aan het autobiografische bewustzijn kan het kernzelf intact blijven, zoals bij patiënten met een hersenbeschadiging of dementie. Het omgekeerde kan niet: als het kernzelf is beschadigd, dan is ook het autobiografische bewustzijn aangetast of verdwenen.

Maar er kleeft ook een minpunt aan Damasio’s verhaal. De filosofische problematiek rond de *relatie* tussen hersenen en bewustzijn blijft onbesproken. Het lichaam-geestprobleem, de vraag hoe het brein erin slaagt om mentale toestanden en subjectieve ervaring te produceren, blijft vooralsnog onopgelost. Misschien dat de voortschrijdende neurowetenschap een tipje van de sluier op kan lichten en dat optimisten zoals Churchland in het gelijk worden gesteld. Erg waarschijnlijk is dit echter niet. Het subjectieve, eerste-persoonsbewustzijn lijkt zich principieel aan een fysicalistische verklaring te onttrekken.

VALKUILEN IN HET ONDERZOEK NAAR
HET DIERLIJKE BEWUSTZIJN

Bewustzijn bestaat dus in gradaties. Deze gradaties corresponderen met verschillende mentale functies, variërend van het kwalitatief beoordelen van zintuiglijke prikkels (op het meest primitieve niveau) tot aan zelfreflectie en empathisch vermogen (op het hoogste niveau). Niet alleen mensen maar ook dieren bezitten bewustzijn. Het probleem is alleen dat het bestaan van het dierlijke bewustzijn verdraaid lastig is te bewijzen. Hiermee is niet gezegd dat Descartes alsnog gelijk zou kunnen hebben, maar dat we moeten oppassen dat we niet onze eigen gedachten en gevoelens op dieren projecteren. Antropomorfisme, de neiging om de mens de maat van alle dingen te maken, is namelijk een van de grootste valkuilen binnen de dierpsychologie. Het volgende voorbeeld moge dit illustreren.

In het begin van de twintigste eeuw werd een paard in Berlijn wereldberoemd. De hengst van de aristocraat Wilhelm Von Osten baarde namelijk opzien door zijn bijzondere cognitieve vaardigheden. Het paard, Hans genaamd, kon onder meer rekensommen oplossen en de tijd aangeven door met zijn hoef op de grond te tikken. Als Hans bijvoorbeeld werd gevraagd hoeveel twaalf min zeven is, tikte hij gedeclineerd vijf keer op de grond. Hans zou zelfs telepathische gaven bezitten omdat hij kon raden welk getal Von Osten, zijn leermeester, in gedachten had. Fraude werd uitgesloten omdat iedereen zonder betaling de prestaties van het paard kon gadeslaan en ook het toegestroomde publiek Hans rekensommen mocht voorleggen. Het paard kreeg al snel de bijnaam 'Slimme Hans' (*Kluger Hans*) en zijn faam reikte tot in Amerika. In 1906 onderzocht een commissie onder leiding van professor Stumpf, hoofd van het Berlijns Psychologisch Instituut, de bijzondere gaven van Slimme Hans. Het paard bleek in goede vorm want de commissie was erg onder de indruk en concludeerde dat ze geen enkel bewijs voor bedrog had kunnen vinden. Men besloot dat er vervolgonderzoek moest komen. Dat onderzoek werd een jaar later uitgevoerd door de Berlijnse psycholoog Oskar Pfungst. Deze studie werd een klassieker in de dierpsychologie, maar leidde tevens tot de ondergang van Hans en zijn aristocratische leermeester.

Pfungst ontdekte dat Hans inderdaad zeer slim was, maar op een

andere manier dan iedereen meende. In een reeks van experimenten legde Pfungst namelijk al gauw een zwakte van Hans bloot: het paard was niet in staat om correcte antwoorden te geven als Von Osten het antwoord niet kende. Blijkbaar gaf Von Osten (onbewust?) bepaalde signalen door aan Hans waardoor deze de juiste antwoorden kon geven. Maar hoe werkte dit precies? Pfungst probeerde hier achter te komen door Hans oogkleppen op te zetten. Von Osten moest vervolgens naast Hans gaan staan zodat het paard hem niet kon zien. Hans kreeg nu opnieuw rekensommen voorgelegd, maar hij gaf geen juiste antwoorden meer, terwijl hij de stem van Von Osten toch duidelijk kon horen. Als Von Osten weer *voor* het paard ging staan, kwamen er wel weer correcte antwoorden. Blijkbaar ving het paard dus geen vocale maar visuele signalen op. Pfungst verlegde zijn onderzoek daarom naar Von Osten zelf.

Uiteindelijk bleek dat Von Osten door subtiële en nauwelijks waarneembare verschillen in lichaamshouding en gezichtsexpressie onbewust het gedrag van Hans stuurde. Hans had gedurende zijn lange trainingsperiode geleerd om zeer zorgvuldig op de lichaamshouding en het gezicht van zijn leermeester te letten. Het onwillekeurig fronsen van de wenkbrauwen of het onbewust bewegen van de neusvleugels door Von Osten bleek al voldoende om Hans te laten stoppen met tikken. Om zijn bevindingen te demonstreren, nodigde Pfungst publiek uit en ging zelf voor het paard staan. Hij kon Hans elk gewenst getal laten tikken door alleen maar subtiel met zijn hoofd te bewegen. Slimme Hans was ontmaskerd. Het paard was geen rekenwonder, laat staan telepathisch begaafd. Het geval van de Slimme Hans bleek een simpel voorbeeld van conditionering: het paard had middels beloning (hij kreeg bij elk 'goed antwoord' een stukje wortel) geleerd om de lichaamstaal van zijn leermeester te lezen. Von Osten was het overigens niet met de conclusies eens. Hij meende dat zijn paard werkelijk geniaal was. De aristocraat stierf twee jaar later als een verbitterd en gedesillusioneerd man.

Het geval van de Slimme Hans fungeert sindsdien als waarschuwing voor het al te gretig toeschrijven van mentale en cognitieve vaardigheden aan dieren. Wat op het eerste gezicht *lijkt* op intelligent gedrag, kan bij nader inzien gezichtsbedrog blijken. Onderzoekers naar diergedrag hebben daarom, als het goed is, altijd de les van Slimme Hans in hun achterhoofd. Bij het onderzoek naar de dierlijke

cognitie en het dierlijke bewustzijn moet worden voorkomen dat de instructeur onbewust signalen doorspeelt. Door bijvoorbeeld een grote, donkere zonnebril op te zetten, of door met de rug naar het dier te gaan staan, probeert men het *Clever Hans Effect* te vermijden.

Ook in de ethologie (gedragsbiologie) heeft men deze wijze les ter harte genomen. Het toeschrijven van menselijke eigenschappen aan dieren moest voortaan te allen tijde worden vermeden. Generaties ethologen zijn in de twintigste eeuw opgeleid binnen de strikte kaders van de behavioristische school. Alleen objectief waarneembaar *gedrag* kan als basis voor wetenschappelijk onderzoek dienen. Over wat zich in het hoofd (bewustzijn) van een dier afspeelt, kan niets zinnigs worden gezegd. De eerste onderzoeker die dit taboe doorbrak, was de Engelse primatologe Jane Goodall, die vanaf de jaren zestig in Afrika wilde chimpansees bestudeerde. Tot afgrijzen van haar geschoolde collega's schrok de autodidact Goodall er niet voor terug om de mensapen gevoelens en gedachten toe te schrijven! Nadien is de gedragsbiologie gaandeweg stukken coulanter geworden.

Ook de inmiddels wereldberoemde Nederlandse primatoloog Frans de Waal heeft aan deze verandering bijgedragen. Zijn ethologische studies hebben het dierlijke bewustzijn in een ander licht geplaatst. Chimpansees en bonobo's hebben volgens de Waal een bewustzijn dat niet principieel verschilt van het onze. De mensapen bezitten een rijk geschakeerd gevoelsleven en zijn in staat tot redeneren, vooruitdenken en empathie. Door De Waal zijn mens en mensaap dichter naar elkaar toe gegroeid. Een recente publicatie van De Waal getuigt hiervan. Gedurende de laatste decennia heeft de primatoloog niet alleen uitvoerig geobserveerd, maar ook volop gefotografeerd. De Waal heeft zijn favoriete portretten verzameld in een compilatie. Het boek heet *Mijn familiealbum*.

Familie of niet, vanuit een evolutionair perspectief gezien is het inderdaad zeer waarschijnlijk dat sommige diersoorten bewustzijn bezitten. De bewijslast ligt tegenwoordig dan ook meer bij degenen die dit ontkennen. De tegenwerping dat we ons bij het postuleren van het dierlijke bewustzijn zouden bezondigen aan antropomorfisme is onjuist. Want let wel, het probleem of andere wezens een bewustzijn hebben zoals wij komt niet alleen naar voren bij de kloof tussen mens en dier, maar ook bij de kloof tussen mens en méns. We mogen dan een sterk vermoeden hebben dat andere mensen

ongeveer zo denken en voelen als wij, maar zeker weten doen we dat nooit. Het binnenste van onze eigen geest is het enige waar we van op aan kunnen. Misschien worden U en ik, beste lezer, wel door zombies omringd.

De evolutie van cultuur

EEN NIEUW MEDIUM VOOR EVOLUTIE

Ons brein is een opslagplaats en doorgeefluik van informatie. Taal en bewustzijn maken het mogelijk om gedachten en ideeën te verspreiden, goedschiks dan wel kwaadschiks. Door gesproken en geschreven woord kunnen we medemensen beïnvloeden en geven we onze kennis door aan toekomstige generaties. Ook sommige dieren bezitten deze bijzondere eigenschap. Door het gedag van soortgenoten af te kijken en te imiteren, kunnen ze bepaalde vaardigheden leren waar ze zelf wellicht nooit op waren gekomen. Het bijzondere van dit type informatieverspreiding is dat ze via een *niet-genetisch* medium verloopt. Naast de biologische evolutie is er een tweede vorm van evolutie bijgekomen: het ontstaan en de ontwikkeling van *cultuur*.

Sommige denkers en wetenschappers menen dat deze nieuwe vorm van evolutie aan soortgelijke principes en wetten gehoorzaamt als de biologische evolutie. Volgens Richard Dawkins, een belangrijke vertegenwoordiger van deze visie, heeft het darwinisme namelijk een veel breder toepassingsbereik dan tot dusver werd gedacht. Cultuurwetenschappers zouden dan ook heel wat op kunnen steken van de evolutiebiologie en de genetica. Sterker nog, wanneer we deze wetenschappen als model gebruiken, komt het verschijnsel cultuur in een heel nieuw daglicht te staan. Vanuit een evolutionair oogpunt bezien zijn wij namelijk niets anders dan tijdelijke dragers van genetische en culturele informatie. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de kwestie of de ontwikkeling van cultuur inderdaad aan darwiniaanse principes gehoorzaamt. Is er sprake van een nieuw en veelbe-

lovend onderzoeksprogramma, of wordt de verklarende kracht van het evolutionaire paradigma overschat?

DE GEBOORTE VAN DE MEMETICA

Volgens Dawkins is een idee, net als een gen, een *replicator* die zich in een populatie kan verspreiden. Een replicator is een entiteit die in staat is kopieën van zichzelf te maken waardoor de informatie die in de replicator besloten ligt intact blijft. Drie miljard jaar lang waren genen (het DNA) de enige replicators op onze planeet. Maar toen er eenmaal wezens met taal en bewustzijn verschenen, ontstond er een tweede medium voor evolutie en greep de nieuwe replicator zijn kans. Sindsdien hebben de nieuwe replicators niet stilgezeten. Zij hebben zich vermenigvuldigd door zich in zoveel mogelijk breinen te nestelen. Voor ideeën geldt hetzelfde als voor genen: hun succes hangt af van de mate waarin zij in staat zijn kopieën van zichzelf te maken. Als een idee wil overleven, moet het zich voortplanten. Een idee dat geen nieuwe breinen weet binnen te dringen, sterft een vroege dood.

Een succesvol idee is, net als een succesvol gen, potentieel onsterfelijk. Het onderwijs vanaf de kleuterschool dient ervoor om elke nieuwe generatie met deze ideeën vertrouwd te maken. Een succesvol idee is echter niet automatisch een goed idee. Er zijn immers ook slechte ideeën die goed kopiëren. Denk bijvoorbeeld aan complottheorieën. Volgens Daniel Dennett kunnen complottheorieën zich vermenigvuldigen omdat ze een ingebouwd antwoord hebben op de tegenwerping dat er weinig bewijs voor is: 'Natuurlijk niet – zo alomvattend is de samenzwering!' Een ander treffend voorbeeld van een succesvolle, doch geenszins nuttige replicator is de kettingbrief die een waarschuwing bevat voor degene die de keten waagt de doorbreken: 'Indien u deze boodschap niet in veelvoud doorstuurt, zult u spoedig door onheil worden getroffen.' Een toegevoegde (gefingeerde?) lijst van mensen die de waarschuwing argeloos in de wind sloegen en kort daarop kwamen te overlijden, zal menigeen het zekere voor het onzekere doen kiezen. Kortom, vanuit een evolutionair perspectief gaat het er niet om of een idee 'goed' of 'slecht' is, het gaat erom of een idee goed *kopieert*.

Dawkins heeft de naam 'memen' bedacht voor de eenheden van

culturele evolutie. Memen zijn analoog aan genen. Genen zijn de replicators in het biologische domein, memen die van het culturele domein. De term 'meme' – een afkorting van het Griekse woord *mimema* hetgeen 'nabootsing' betekent – is niet zolang geleden opgenomen in de *Oxford English dictionary*. De definitie luidt (in vertaling): Meem = 'Een element van een cultuur dat kan worden doorgegeven via niet-genetische weg, vooral door imitatie.' De laatste toevoeging: 'vooral door imitatie' is eigenlijk overbodig en ook niet helemaal juist. Imitatie komt zeker voor, zowel bij dieren als bij mensen, maar bij de mens is het vooral de taal die de verspreiding van memen mogelijk heeft gemaakt.

Hoe dan ook, een meem kan dus meer zijn dan een idee of concept. Elk willekeurig element uit een cultuur kan in principe als meem fungeren. Een meem kan bijvoorbeeld een bepaalde techniek zijn, een slagzin, een modegril of een aanstekelijk deuntje. Net zoals genen zich in de *gene pool* voortplanten door van lichaam naar lichaam te verhuizen, planten memen zich voort in de *meme pool* door van brein naar brein te springen. Of deze proliferatie van memen door middel van imitatie of door middel van taal plaatsvindt, is niet echt van belang. Het punt is dat de doorgave via niet-genetische weg verloopt, waardoor memen zich – zonder tussenkomst van de omslachtige biologische voortplanting – in nieuwe breinen kunnen nestelen. De verspreiding van memen is volgens Dawkins dan ook niet rechtstreeks aan de biologische evolutie gekoppeld. We mogen niet verwachten dat succesvolle memen altijd overlevingswaarde hebben of een andere biologische functie vervullen. Opnieuw, de meeste memen gedijen simpelweg omdat ze goed kopiëren.

Nadat Dawkins in 1976 zijn visie op memen en culturele evolutie had geïntroduceerd, bleef het een tijd lang stil. Er ontstond weliswaar al gauw een subcultuur van meem-adepten, maar in wetenschappelijke kringen bleef het idee onbesproken, op een enkele uitzondering na, zoals in het werk van de Amerikaanse bioloog en filosoof David Hull. Volgens Dennett ligt de verklaring voor het aanvankelijke doodzwijgen van de mementheorie in het feit dat cultuurwetenschappers niets van Dawkins wilden weten omdat hij verderfelijke sociobiologische principes zou propageren. (In hoofdstuk 5 hebben we reeds gezien dat sociale wetenschappers en menswetenschappers in de jaren zeventig van de vorige eeuw bepaald vijandig

stonden tegenover alles wat naar een ‘biologisering’ van hun vakgebied zweemde.)

Pas in de jaren negentig kwam de omslag en verschenen er publicaties van onder meer Daniel Dennett, Susan Blackmore en Richard Brodie waarin de ‘memetica’ (de wetenschap van memen, analoog aan de genetica) volop aandacht kreeg. In 1997 werd een internet-tijdschrift opgericht met de naam *Journal of Memetics: Evolutionary Models of Information Transmission* en de laatste jaren verschijnt er een gestage stroom aan studies met de memetica als onderwerp. De meningen over de wetenschappelijke status van de discipline zijn vooralsnog verdeeld. Sommige critici menen dat de mementheorie een doodgeboren kindje is omdat ze op een omslachtige manier vertelt wat we allang wisten. Bovendien zou de analogie tussen genen en memen in verschillende opzichten misleidend zijn, zodat er weinig heil van valt te verwachten. Anderen stellen hier tegenover dat het nog te vroeg is om een definitief oordeel te vellen en dat de memetica daarom het voordeel van de twijfel verdient.

UNIVERSEEL DARWINISME

De stelling dat een cultuur evolueert, is een open deur. ‘Evolutie’ betekent immers gewoon ontwikkeling of verandering, en voor verandering is in principe niet veel nodig. De stelling wordt echter een stuk interessanter wanneer ze luidt dat de evolutie van cultuur aan *darwiniaanse* wetmatigheden gehoorzaamt. Het is deze stelling die door de memetici wordt verdedigd. De wijze waarop memen (de culturele replicators) zich voortplanten en verspreiden is niet slechts een proces dat in overdrachtelijke zin in evolutionaire termen kan worden beschreven, het *is* darwinaanse evolutie. In hoofdstuk 2 hebben we reeds gezien dat er drie ingrediënten nodig zijn voor het ontstaan van darwiniaanse evolutie, te weten:

Variatie (een overvloed aan verschillende elementen).

Selectie (sommige elementen zijn standvastiger dan andere).

Replicatie (de elementen zijn in staat zichzelf te kopiëren).

Bij elkaar vormen deze drie ingrediënten een darwiniaans algoritme, een cumulatief selectiemechanisme dat complexe eigenschappen ge-

nereert. Het selectieproces is cumulatief omdat de output van elke selectieronde weer als input dient voor de volgende ronde. Gedurende de opeenvolgende cycli ondergaan de evoluerende 'elementen' voortdurend kleine veranderingen waardoor bepaalde eigenschappen gaandeweg worden versterkt of juist afgezwakt, al naar gelang de specifieke selectiedruk die de elementen ondergaan.

Het archetypische voorbeeld van darwiniaanse evolutie vinden we in het biologische domein. Biologische populaties delen een gemeenschappelijk genenreservoir, een *gene pool*. In dit reservoir vinden we de vereiste variatie. Genetische variatie leidt ertoe dat de organismen in de populatie van elkaar verschillen. Sommige genen coderen bijvoorbeeld voor een dikke vacht en een groot postuur, terwijl andere genen een dunne vacht en een klein postuur opleveren. Gerelateerd aan een bepaalde omgeving zijn sommige eigenschappen voordelig en andere niet. Genetische variatie leidt daarom tot verschillen in fitness, ofwel voortplantingssucces. Natuurlijke selectie belooft sommige eigenschappen en straft andere af. Organismen die het best zijn aangepast aan hun omgeving zullen gemiddeld de meeste nakomelingen produceren. Ten slotte is fitness erfelijk: ook de nakomelingen zullen weer de eigenschappen van hun ouders bezitten. Sommige replicators zijn zodoende succesvoller dan andere. Genen die voor gunstige eigenschappen coderen zullen in het genenreservoir gaan domineren, terwijl andere genen gaandeweg worden weggeconcentreerd.

Maar de bovenstaande formule blijft niet noodzakelijk beperkt tot het biologische domein. In principe kan elk dynamisch systeem op darwiniaanse wijze evolueren, mits er sprake is van de drie elementen: variatie, selectie en replicatie. Dit idee staat bekend als 'Universeel darwinisme': het darwiniaanse algoritme is neutraal met betrekking tot het medium waarin het optreedt en de elementen die erin evolueren. Ook cultuur kan dus zo'n medium voor darwiniaanse evolutie zijn. Op het moment dat er wezens met bewustzijn en taal ontstonden grepen de nieuwe replicators, de memen, hun kans. Sindsdien zijn memen in een onophoudelijke competitie verwickeld geraakt om in zoveel mogelijk breinen terecht te komen. In deze concurrentieslag slagen alleen de meest effectieve culturele replicators erin om zich in de *meme pool* staande te houden. Een meem moet, net als een gen, kopieën van zichzelf zien te maken, want anders is het ten dode opgeschreven.

In het memenreservoir ontstaan ook voortdurend nieuwe memen en zullen reeds bestaande replicatoren gaandeweg veranderingen ondergaan. Dit is de vereiste variatie die nodig is voor darwiniaanse evolutie. De meeste nieuwe memen zijn echter geen lang leven beschoren: ze kunnen wellicht een tijdje populair zijn maar na verloop van tijd zullen ze weer verdwijnen. Het is de culturele omgeving die bepaalt of een nieuwe meem succesvol of niet. Dit is een selectieproces analoog aan natuurlijke selectie in het biologische domein. Memen die het best zijn aangepast aan hun culturele omgeving zullen gemiddeld de meeste kopieën van zichzelf weten te maken. De memen van een platte aarde en van hekserij waren ooit succesvolle replicators, maar zijn inmiddels verdrongen door andere, meer succesvolle memen. Replicators die de tand des tijds weten te doorstaan, zoals het idee van het wiel, de boekdrukkunst of de *Ilias* van Homerus, zijn betrekkelijk zeldzaam. Tegenover elk van deze memen staan immers duizenden andere die een stille dood zijn gestorven.

CULTUUR ALS VERLENGSTUK VAN DE GENEN

Alvorens we nader ingaan op de manier waarop memen zich verspreiden, moeten we ons eerst afvragen wat de *relatie* is tussen biologische en culturele evolutie. Bestaat er een wellicht een koppeling tussen genen en memen? De gangbare sociobiologische visie gaat uit van de suprematie van biologische evolutie: uiteindelijk draait alles om de verspreiding van genen. Volgens sociobiologen verhogen taal en cultuur onze genetische fitness, het vermogen tot biologische reproductie, want anders was er geen taal en cultuur ontstaan. De aanhangers van de mementheorie denken hier anders over. Memetici stellen dat de ontwikkeling van cultuur een geheel eigen dynamiek vertoont, onafhankelijk van de meer basale biologische evolutie. Cultuur heeft een eigen algoritme met zelfstandige replicators gekregen waardoor de ontwikkeling van cultuur een evolutionair proces op zichzelf is geworden. Beide visies zijn in wezen sterk reductionistisch. De sociobiologische benadering van cultuur is reductionistisch omdat ze cultuur herleidt tot biologische evolutie. De alternatieve, memetische benadering is reductionistisch omdat ze cultuur herleidt tot de proliferatie van memen. Het verschil is echter dat volgens de laatste visie de genetische en memetische evolutie

grotendeels van elkaar zijn losgekoppeld. Indien deze stelling correct is, zouden er memen te vinden moeten zijn die het dictaat van de biologische evolutie aan hun laars lappen.

Overigens zijn *beide* visies voor een deel op het werk van Dawkins terug te voeren, want ook de zojuist genoemde sociobiologische kijk op cultuur is bij hem te vinden. Zo introduceerde hij in de jaren tachtig van de vorige eeuw de notie van het *extended phenotype*, het verlengde (of uitgebreide) fenotype. Het fenotype is de biologische benaming voor het individuele organisme als product van de wisselwerking tussen genen en omgeving. Biologen onderscheiden daarnaast ook nog het genotype: de genetische blauwdruk die aan het fenotype ten grondslag ligt. Het fenotype omvat volgens Dawkins méér dan het fysieke lichaam van een organisme. Genen kunnen immers ook *buiten* het lichaam van het organisme dat hen draagt tot expressie komen. Denk bijvoorbeeld aan de beverdam, het vogel-nest of het spinnenweb. Dit zijn verlengde fenotypische effecten van bever-, vogel- en spinnengen. De bouwwerken dragen in belangrijke mate bij aan de genetische fitness van de organismen. Ook het *gedrag* van organismen, en de producten hiervan, moeten daarom tot het fenotype worden gerekend.

Cultuur is zo gezien niets anders dan een verlengd fenotypisch effect van mensengen. Cultuur moet op de een of andere manier de genetische fitness verhogen, want anders had de evolutie geen cultuur voortgebracht. De menselijke geest, menselijk gedrag, onze kunst en cultuur zijn daarom uiteindelijk allemaal *biologische* fenomenen. Dit betekent niet dat culturele eigenaardigheden zoals op klompen lopen of molens bouwen genetisch zijn bepaald. Het betekent dat het vermogen om überhaupt cultuur te ontwikkelen in onze genen ligt verankerd. Het heeft onze voortplantingskansen vergroot. Culturen hebben dus de nodige speelruimte en kunnen zich in verschillende richtingen ontwikkelen. Maar deze vrijheid is niet onbeperkt want culturele evolutie blijft een verlengstuk van biologische evolutie. In hoofdstuk 5 hebben we reeds Wilsons 'leibandprincipe' besproken. Volgens Wilson loopt de cultuur aan de leiband van de genen: *the genes hold culture on a leash*. Een cultuur zal zich daarom nooit helemaal los kunnen maken van haar biologische wortels. Een cultuur die tegen de menselijke natuur indruist, wordt door een ruk aan de riem in het gareel gebracht, of zal verdwijnen.

Het idee dat cultuur een verlengstuk is van biologische evolutie, wordt ondersteund door het onderzoek naar diergedrag. Ook sommige diersoorten bezitten namelijk cultuur in de vorm van informatie die op niet-genetische wijze wordt doorgegeven. In zijn boek *The ape and the sushi master* stelt de primatoloog Frans de Waal dat menselijke en dierlijke cultuur niet fundamenteel van elkaar verschillen. Bekende voorbeelden van dierencultuur zijn het notenkraken en termietenvissen van wilde chimpansees. Om het begeerde voedsel te bemachtigen, hanteren de mensapen werktuigen, wat op zichzelf al een culturele verworvenheid is. Het werktuiggebruik vereist daarnaast de nodige expertise: jonge chimpansees moeten de techniek leren door het gedrag van oudere soortgenoten te observeren en te imiteren (afb. 9.1). Bij de meeste chimpansees duurt het jaren voordat ze het kunstje onder de knie krijgen, en sommige leren het nooit. De cultuur van de mensapen draagt bij aan hun biologische fitness: de technieken leveren hun kostbare vetten en eiwitten op die ze anders zouden missen.

Een ander voorbeeld van (proto)cultuur bij dieren is vogelzang. Zangvogels hebben een aangeboren dispositie om de vereiste klanken te produceren, maar de zang zelf moet worden aangeleerd. De doorgave van informatie geschiedt dus op niet-genetische wijze. Populaties die van elkaar zijn gescheiden, ontwikkelen hierdoor verschillende dialecten (zie p. 175). Maar hoewel vogelzang een duidelijke culturele component bezit, staat de verworvenheid nog steeds in dienst van de biologische evolutie. De zang heeft immers de functie om het territorium af te bakenen en partners te verleiden. Sommige dieren bezitten dus memen, culturele replicators die zich op niet-genetische wijze verspreiden, maar deze memen zijn nog steeds een verlengstuk van de biologische evolutie.

Het is alleszins aannemelijk dat de cultuur van onze verre voorouders ook op deze wijze is ontstaan. De eerste hominiden die werktuigen gingen gebruiken en jachttechnieken ontwikkelden, vergrootten meteen ook hun genetische fitness. De collectieve jacht en het gebruik van primitieve wapens opende de deur naar nieuwe en rijke voedselbronnen. Ook de vroegste vormen van kunst waren waarschijnlijk direct gerelateerd aan zulke biologische imperatieven. Grotschilderingen (waarbij vrijwel alleen maar dieren werden afgebeeld) en vruchtbaarheidsbeeldjes vervulden een, vermoedelijk



Afbeelding 9.1: Cultuur bij mensapen. Een volwassen chimpansee gebruikt een stenen hamer en aambeeld om een noot van de oliepalmboom te kraken, terwijl een andere nauwlettend toekijkt.

magische, functie met betrekking tot de jacht en de voortplanting. Seks en het vergaren van voedsel zijn de twee meest prominente biologische activiteiten van organismen. Maar gedurende de menselijke evolutie is er ergens een omslagpunt geweest waarbij de mensen zich aan hun biologische wortels hebben onttrokken. De culturele evolutie heeft zich van de leiband bevrijd en is een eigen leven gaan leiden.

DE REVOLTE DER MEMEN

Kan cultuur tegen de imperatieven van de biologische evolutie indruisen? Volgens Dawkins wel. Hij stelt dat mensen de enige organismen op aarde zijn die tegen de heerschappij van hun genen in opstand kunnen komen. We kunnen rebelleren tegen het dictaat van de menselijke natuur. Denk bijvoorbeeld aan het gebruik van anti-conceptiemiddelen of vrijwillige geboortebeperving. We kunnen bewust besluiten om kinderloos blijven of om kinderen te adopteren

in plaats van zelf nageslacht te produceren. Cultuur, wetenschap en technologie hebben een dermate hoge vlucht genomen dat de wortels met hun biologische oorsprong grotendeels zijn doorgesneden. De memen zijn in opstand gekomen en hebben de macht van de genen overgenomen.

Omdat de memen het heft in handen hebben genomen, bezitten wij eigenschappen die louter op grond van *biologisch* voordeel onmogelijk voorspeld hadden kunnen worden. Deze eigenschappen vinden we bijvoorbeeld terug in onze fysiologie. Neem ons grote brein. Vanuit een puur biologische optiek zijn onze grote hersenen behoorlijk nadelig. Het bouwen en onderhouden van een groot brein kost namelijk enorm veel energie en bij de geboorte kunnen er allerlei vervelende complicaties optreden omdat ons hoofd nauwelijks meer door het geboortekanaal past. Waarom heeft de evolutie ons dan toch met zulke breinen opgezadeld? Het antwoord op deze vraag komt niet van de evolutiebiologie maar van de memetica. Onze breinen stonden oorspronkelijk in dienst van de biologische evolutie, de verspreiding van genen, maar gaandeweg hebben de memen de controle overgenomen. Onze hersenen kwamen meer en meer in dienst te staan van de memetische evolutie, de verspreiding van memen. De memen hebben onze genen gedwongen om steeds betere meemverspreidende organen te bouwen, niet omdat de genen maar omdat de memen zelf er voordeel bij hadden. De rollen zijn dus omgedraaid: de genen lopen nu aan de leiband van de memen.

Memen hebben niet alleen onze fysiologie maar ook ons gedrag beïnvloed. Hoewel memen en genen hierbij vaak in dienst van elkaar zullen staan en elkaar zullen aanvullen of versterken, kunnen ze ook tegenstrijdige belangen behartigen. Sommige memen druisen regelrecht tegen de genetische fitness in. Dawkins geeft het voorbeeld van het celibaatmeem. Dit meem heeft zich in de breinen van katholieke priesters en nonnen verschanst en reduceert hun genetische fitness tot nul, tenminste als ze hun devote plicht naleven. Een (denkbeeldig) celibaatgen is daarom tot extinctie gedoemd, behalve in die zeldzame gevallen waarin het gen de genetische fitness van de verwanten van de drager verhoogt en zo dus indirect wordt verspreid, net als bij de sociale insecten (zie p. 120 e.v.). Het celibaatmeem kan echter ongebreideld floreren, als het maar in genoeg breinen weet binnen te dringen. Het meem moet daarom aansteke-

lijk zijn en ervoor zorgen dat het in ongewijzigde vorm in nieuwe dragers terechtkomt. De structuur van het meem moet tijdens het kopieerproces intact blijven omdat er anders geen sprake is van een duurzame en herkenbare replicator.

Een ander voorbeeld van gedrag dat de biologische fitness benadeelt is zelfmoord. Zelfmoord*genen* kunnen in principe gedijen, denk bijvoorbeeld aan kamikazebijen die hun korf verdedigen. Door zich op te offeren, redden de bijen hun nauwe verwanten, en daarmee ook de kopieën van hun eigen genen (zie p. 124 e.v.). Zelfmoord*memen* kunnen deze gecompliceerde genetische route overslaan door zich via taal of imitatie voort te planten. Het meem kan zich bijvoorbeeld onder jonge en gezonde mensen verspreiden omdat de drager van het meem meent dat hij of zij door een hogere macht is uitverkoren om martelaar te worden. Een ander type zelfmoordmeem instrueert zijn dragers om een geheime sekte te vormen en zich collectief van het leven te beroven teneinde spirituele verlossing te bereiken. In Japan is onder jongeren recentelijk de lugubere rage ontstaan om via internet gelijkgestemden te vinden om gezamenlijk zelfmoord te kunnen plegen.

In al deze gevallen is het van belang dat de drager van het meem een boodschap achterlaat of dat het incident in het nieuws komt zodat het meem nieuwe dragers kan vinden. Goed voorbeeld doet goed volgen. Denk in dit verband ook aan de twee jeugdige daders die op de Columbine High School in Colorado een slachtpartij onder leraren en medeleerlingen aanrichtten alvorens de hand aan zichzelf te slaan. Er wordt beweerd dat de twee jongens mogelijk in de ban waren geraakt van sinistere rockbands ('shockrock') die hun volgelingen temidden van satanische herrie tot gruweldaden weten op te roepen. Waar of niet, in de vs is men terecht bevreesd dat zulke incidenten tot navolging zullen leiden. Hetzelfde geldt voor de aanslagen van 11 september 2001. In het Engels worden zulke geïnspireerde nabootsers ook wel *copycats* genoemd.

De suggestie die door deze voorbeelden wordt gewekt, is dat memen zich gedragen als een soort ziektekiemen. Dit is ook precies de suggestie die Dawkins, Dennett en Blackmore *willen* wekken. Memen manipuleren niet alleen het gedrag van hun gastheren, maar weten ook steeds nieuwe dragers te 'infecteren'. Blijkbaar bepalen we niet zélf welke memen er in ons hoofd terechtkomen. Wij men-

sen hebben ons weliswaar van het juk van de biologische evolutie bevrijd, maar er is een ander juk voor in de plaats gekomen. Wij zijn gewillige dienaren van onze memen geworden.

IN DE BAN VAN HET MEEMPLEX

Vrijwel iedereen kent het verschijnsel dat we ergens muziek horen en dat de melodie dagenlang in ons hoofd blijft spoken. Als het mooie muziek is, bijvoorbeeld een lied van Schubert of een cantate van Bach, kan het weinig kwaad, maar als het een triviaal deuntje betreft zoals de *Vogeltjesdans* of het *Smurfenlied* kan het erg vervelend zijn. Blijkbaar hebben we niet altijd zeggenschap over wat er zich in ons hoofd afspeelt. Dennett vergelijkt memen daarom met *body snatchers*: zij dringen ons lichaam binnen, parasiteren ons brein en beïnvloeden ons gedrag. We worden elke dag belaagd door honderden memen die zich verdringen om zich in onze kwetsbare geest te nestelen. Elk brein heeft echter maar een beperkte opslagcapaciteit voor memen. Bovendien zijn er veel meer memen dan er gastheren (breinen) zijn. Er is daarom sprake van een competitie tussen memen om zoveel mogelijk breinen te besmetten: uiteindelijk zullen de beste replicators de overhand krijgen.

In eerste instantie zijn we geneigd te denken dat wij zélf bepalen welke memen er in ons hoofd terechtkomen. Er zijn weliswaar vervelende memen die zich hinderlijk opdringen, zoals kettingbrieven, reclames, hypes, spam en muzak, maar daar staan talloze nuttige memen tegenover die ons leven hebben veraangenaamd en onze maatschappij hebben veranderd. Denk aan memen zoals de kalender, het alfabet of de stelling van Pythagoras. Deze memen lijken er te zijn voor *ons* gemak. *Wij* selecteren memen immers op hun bruikbaarheid en geven ze aan volgende generaties door. Het cumulatieve effect van dit selectieproces resulteerde in een collectief memenreservoir dat ligt opgeslagen in bibliotheken en op het internet. Zonder de opbrengst van dit doelbewuste zeefproces zouden we zijn verstoken van onze cultuur, technologie en wetenschap.

Memetici menen echter dat deze visie bijstelling behoeft. We moeten de culturele evolutie leren bekijken vanuit het perspectief van het meem zélf. Er is in zekere zin een *Gestaltswitch*, een conceptuele omslag voor nodig om dit perspectief naar waarde te kun-

nen schatten. We moeten de wereld anders leren zien. In hoofdstuk 5 hebben we reeds een soortgelijke conceptuele omslag besproken, namelijk de theorie van genselectie. Genselectie is de visie dat de biologische evolutie uiteindelijk draait om de verspreiding van genen. Gedurende de evolutie hebben genen zich gaandeweg in manipuleerbare vehikels verschanst die we organismen noemen. Organismen zijn zo gezien niets anders dan tijdelijke omhulsels waarin genen zich verplaatsen. Genen gebruiken ons als transportmiddel. Organismen zijn namelijk zodanig door hun genen geïnstrueerd dat ze alles in het werk stellen om nieuwe vehikels te produceren. Een organisme is zo gezien niets anders dan een middel voor de genen om meer genen te maken.

In de culturele evolutie geldt hetzelfde voor memen. Net zoals we de biologische evolutie kunnen bezien vanuit het perspectief van het gen, kunnen we de culturele evolutie bekijken vanuit het perspectief van het meem. Memetici stellen dat het een misverstand is te denken dat memen er zijn voor *ons* gemak. Het is juist omgekeerd: wij zijn er voor het gemak van de memen. *Zij* hebben onze breinen omgevormd tot vehikels voor hun eigen virulente voortplanting. Memen zijn geen creatie van de menselijke geest, maar de menselijke geest is een creatie van memen. Memen hebben onze geest geassembleerd om steeds meer memen door te kunnen geven. Zij planten zich voort en vermenigvuldigen zich ter wille van zichzelf, en daarbij gebruiken ze onze geest als wegwerpvehikel. Wijzelf hebben hier weinig controle over want er bestaat niet zoiets als een autonoom subject. Ons 'zelf', ons bewustzijn is juist een schepping van memen. Wij zijn slaven van onze memen geworden, tijdelijke gastheren waarin zij zich ophouden, verplaatsen en verspreiden. Memen zijn, net als genen, 'zelfzuchtig': het enige wat ze 'willen' is kopieën van zichzelf maken, ongeacht of ze nuttig, neutraal of nadelig voor hun gastheer zijn.

Volgens Dawkins zijn het vooral grote clusters van memen die ons in hun greep houden. In de memetica worden zulke clusters ook wel 'meemplexen' genoemd (de term is een afkorting van het Engelse *meme complexes*, oftewel een samengesteld geheel van memen). Het eigene aan veel meemplexen is dat dergelijke clusters beter kopiëren dan de afzonderlijke elementen zouden doen. Sommige memen hebben zich, net zoals sommige genen, samengevoegd en aan elkaar aangepast waardoor hun overlevings- en replicatiekansen drastisch

stegen. Memen zijn gaan ‘samenwerken’ omdat het hun memetische fitness, hun vermogen om kopieën van zichzelf te maken, verhoogt. Bovendien hebben memen gedurende hun evolutie de omgeving waarin ze moeten overleven in hun eigen voordeel veranderd. De memen hebben gaandeweg een voedingsbodem gecreëerd waarin zij beter gedijen.

Meemplexen zijn in staat om telkens weer nieuwe generaties mensen in te palmen. Religie is een illustratief voorbeeld van zo’n meemplex. De memetica werpt een nieuw licht op het verschijnsel door het vanuit de optiek van de memen zelf te bekijken. Religie is een cluster van memen dat zichzelf in stand weet te houden door telkens nieuwe breinen te ‘besmetten’. Religie is volgens Dawkins een gevaarlijk mentaal virus dat de verstandelijke immuniteit van zijn gastheer ondermijnt. Het religiemeemplex bevat onder meer de elementen ‘God’ en ‘Hiernamaals’. Dergelijke memen zijn efficiënte replicators omdat ze mensen een doel voorspiegelen waardoor hun leven betekenis krijgt. De cluster zal zich echter nog beter voortplanten wanneer er bijvoorbeeld een ingebouwde straf op afvalligheid en kritiek aan wordt toegevoegd, zoals de meem ‘Hellevuur’. De memen van ultieme beloning (hemel) en eeuwige straf (hel) houden zichzelf in stand door de krachtige psychologische impact die ze op hun gastheren uitoefenen. De replicatiekansen van de cluster zullen nog verder stijgen wanneer er memen zoals ‘Openbaring’, ‘Onvoorwaardelijk geloof’ en ‘Bekering sijver’ aan worden gekoppeld. Deze memen schakelen het kritisch denkvermogen van hun gastheer uit en zullen hem aansporen nieuwe gastheren te winnen. Menig meemplex bevat tevens de instructie dat andersdenkenden onwetend zijn en de ‘Waarheid’ nog niet hebben ontdekt, enzovoort.

Kortom, religie bezit de ultieme structuur voor zelfverspreiding: de verschillende elementen in het meemplex versterken elkaar en assisteren elkaars overleving. Godsdienstmemen hebben een ideale voedingsbodem voor verdere replicatie geschapen. Indien we een denkkeeldige inventarisatie zouden maken van elke mogelijke ‘truc’ waarmee een meemplex zijn voortplantingskansen verhoogt, dan is de kans groot dat we deze trucs ook daadwerkelijk terugvinden in de verschillende wereldreligies. Volgens Blackmore verklaart dit hoe sommige kleine religies konden uitgroeien tot mondiale proporties terwijl de meeste andere uitstierven. In een felle competitie leven

alleen superieure replicators voort. Wat voor religie geldt, geldt natuurlijk ook voor andere ideologieën en wereldbeschouwingen. Een wereldbeeld kiezen we niet zelf – we worden erdoor besmet.

MIJN MEMEN HEBBEN HET GEDAAN!

Zoals eerder vermeld, wordt de memetica niet door iedereen op handen gedragen. De theorie is weliswaar met een voorzichtige wederopstanding bezig, maar of deze trend ook doorzet, valt nog te bezien. Sommige critici stellen dat de mementheorie zoveel absurde consequenties heeft dat ze bij voorbaat kan worden weggewuifd. We hoeven de verdiensten van de memetica dan ook niet af te wachten want die zijn er gewoonweg niet. De selecte club van trouwe aanhangers van de theorie zal vroeg of laat weggewijnen. Volgens anderen is het echter te vroeg voor een dergelijk negatief oordeel omdat de theorie de kans moet krijgen om zich te bewijzen. In het resterende deel van dit hoofdstuk zullen enkele veelgenoemde problemen met betrekking tot de memetica worden besproken. hoewel sommige kritiek terecht is, zullen we zien dat er over de memetica ook nog enkele hardnekkige misverstanden de ronde doen die de acceptatie van de theorie in de weg staan.

De meest gehoorde kritiek aan het adres van de memetica is dat ze ons van onze rationaliteit en onze vrije wil berooft. Het vermogen om zelf ideeën, overtuigingen en waarden te kiezen, lijkt ons te zijn ontnomen omdat we zijn overgeleverd aan de willekeur van mentale virussen. Deze kritiek is voor een deel terecht. De mens is immers meer dan een passieve drager en doorgeefluik van memen. Het feit dat sommige overtuigingen op niet-rationele wijze tot stand komen, impliceert niet dat alle rationaliteit is verloren. Niet *alle* cultuur bestaat uit modegrillen. Neem bijvoorbeeld het meem van de memetica zelf. Het feit dat aanhangers van de memetica rationele argumenten voor hun visie aandragen, duidt erop dat zij een beroep doen op onze logica en niet op de laatste hype. In de wetenschap worden theorieën immers (idealiter) niet omarmd omdat de laatste mode dat voorschrijft, maar omdat een theorie bepaalde wetenschappelijke verdiensten heeft zoals voorspellend en verklarend vermogen, en wat dies meer zij. In zulke gevallen kiezen *wij* memen uit, en niet andersom. Blijkbaar hebben we dus een keuze en kunnen

we een rationele afweging maken op basis van argumenten. Hoewel dus sommige aspecten van ons denken onder de invloed van besmettelijke memen staan, koesteren we ook overtuigingen die door weloverwogen redenen tot stand zijn gekomen. Net zomin als wij willige slaven van onze genen zijn, zijn we slaven van onze memen. Memen kunnen het niet alleen af, ze hebben onze denkkracht nodig om te overleven. Memetisch determinisme is daarom net zo onwaarschijnlijk als genetisch determinisme. De evolutie heeft ons tot vrijheid veroordeeld, waardoor we voortdurend keuzen moeten maken en verantwoordelijk worden gehouden voor onze daden. Iemand die zijn memen verantwoordelijk stelt voor zijn gedrag zal net zo min serieus worden genomen als iemand die zijn genen de schuld geeft.

Het idee dat wij passieve dragers van memen zijn, ligt deels besloten in Dawkins' suggestieve terminologie van 'replicators' en 'vehikels'. Een vehikel is immers per definitie een voertuig waarin andere 'instanties' (de replicators) zich verplaatsen. Deze instanties hebben de controle want *zij* sturen het vehikel in een bepaalde richting. David Hull heeft er terecht op gewezen dat de voertuigen waarin genen en memen zich verplaatsen niet louter passieve dragers zijn. De voertuigen vervullen namelijk een cruciale rol. Organismen en breinen zijn volgens Hull geen vehikels maar *interactors*. De interactie van organismen (en hun breinen) met hun omgeving bepaalt of replicators succes hebben of niet. Replicators worden niet rechtstreeks blootgesteld aan een omgeving; zij hebben een tussenpersoon, een bemiddelaar nodig om zichzelf uit te testen. In het biologische domein is het organisme het prototype van een interactor. Het succes van het organisme bepaalt of zijn genen (de biologische replicators) worden verspreid of niet. In het culturele domein wordt de rol van interactor vervuld door een brein. Zonder dit brein, en de persoon waar het toe behoort, zijn de memen (de culturele replicators) machteloos. Een potentieel onsterfelijk meem kan zich in iemands brein nestelen, maar als deze persoon er niet in slaagt om in zijn sociale omgeving te functioneren, zal het meem niet worden verspreid.

Memen komen ons bovendien niet zomaar aanwaaien. Wetenschappelijke en technologische memen zijn bijvoorbeeld het resultaat van jaren van onderzoek en ontwikkeling. Wijzelf hebben zulke memen bijeengesprokkeld om bepaalde problemen op te lossen of

om leemtes in onze kennis te dichtten, enzovoort. Anders dan de biologische evolutie is de evolutie van cultuur dus niet louter het resultaat van een blind en doelloos proces: aan de ontwikkeling van cultuur liggen vaak intentionele en rationele elementen ten grondslag. Mensen zijn echter niet altijd even rationeel. Critici van de memetica kunnen daarom moeilijk ontkennen dat sommige aspecten van onze cultuur steeds meer door infectueuze memen worden geregeerd. Denk aan de toenemende invloed van mediahypes, internetgeruchten en goeroes in de economie, de politiek en de kunst. Of neem de dagelijkse stortvloed van reclames die ons tot gewillige consumenten heeft getransformeerd. Vaak hebben memen hun eigen spreekbuis gecreëerd. Mensen zijn sociale, beïnvloedbare wezens met een sterke neiging tot conformisme en groepsdwang. Dat maakt ons helaas ontvankelijk voor 'irrationele' memen.

Recentelijk heeft Dennett overigens erkend dat sommige memetici (waaronder hijzelf) aanvankelijk wellicht iets te hard van stapel zijn gelopen. Dit betekent echter niet dat de memetica nu is afgeschreven. Integendeel, volgens Dennett biedt de theorie nog steeds een uitstekend model om onszelf en onze cultuur beter te begrijpen. Volgens Dennett ontkent de memetica niet dat we een rede (verstand) bezitten, ze beweert enkel dat de rede niet iets mysterieus en onstoffelijks is dat uit de wolken is neergedaald. De rede, onze vrije wil en onze rationaliteit zijn het product van biologische en culturele evolutie, een sierlijke *pas de deux* van genen en memen. Voor een beter begrip moeten we onszelf leren zien als het resultaat van het darwiniaanse algoritme, het cumulatieve effect van variatie, selectie en replicatie.

IS CULTURELE EVOLUTIE LAMARCKIAANS?

Een tweede veelgehoorde kritiek aan het adres van de memetica luidt dat de analogie tussen biologische en culturele evolutie onherroepelijk spaak loopt omdat de ontwikkeling van cultuur niet aan darwiniaanse maar aan lamarckiaanse principes gehoorzaamt. Cultuur bestaat immers uit *verworven* vaardigheden die worden doorgegeven. Culturele verworvenheden en tradities blijven bestaan omdat hetgeen we tijdens ons leven hebben geleerd weer kan worden overdragen aan onze kinderen. De crux van lamarckiaanse evolutie,

zo hebben we in hoofdstuk 1 gezien, bestaat uit de overerving van verworven eigenschappen. De verworven kenmerken worden (gecodeerd) opgeslagen in het erfelijk materiaal zodat het nageslacht ook deze kenmerken zal bezitten. Lamarckiaanse evolutie verloopt daarom snel en gericht. Er is geen omslachtig selectieproces nodig omdat elke generatie direct voortbouwt op de prestaties van de vorige generatie. De giraffe die zijn nek tijdens zijn leven heeft uitgerekt om bij de sappigste blaadjes van de acaciaboom te komen, zal deze iets verlengde nek aan zijn nakomelingen doorgeven zodat zij met een voorsprong ter wereld komen. Dankzij de inspanningen van hun ouders zijn de nakomelingen telkens weer aan hun omgeving aangepast.

De evolutietheorie van Lamarck werd aan het eind van de negentiende eeuw weerlegd door de bevindingen van Mendel en Weismann. Verworven eigenschappen blijken niet te kunnen worden opgeslagen in het erfelijk materiaal. Geslachtscellen worden niet beïnvloed door wat er tijdens het leven met een lichaam gebeurt: er lopen causale lijnen van het genotype naar het fenotype, maar niet andersom. Biologische evolutie blijkt niet aan lamarckiaanse, maar aan darwiniaanse (en mendeliaanse) principes te gehoorzamen. De crux van darwiniaanse evolutie is dat er voortdurend willekeurige (ongerichte), erfelijke variaties worden gegenereerd die in een selectieproces worden beloond of afgestraft. Door het cumulatieve effect van het selectieproces worden gunstige variaties gaandeweg 'opgestapeld' waardoor populaties kunnen evolueren.

In het geval van culturele evolutie lijkt het principe van Lamarck echter wel op te gaan. Prestaties die gedurende het leven zijn verworven, kunnen immers aan een volgende generatie worden doorgegeven. Maar ook critici van de memetica zullen beamen dat culturele evolutie natuurlijk niet *letterlijk* lamarckiaans is. Indien dit wel zo was, zouden verworven kenmerken immers gecodeerd in het erfelijk materiaal opgeslagen moeten worden om vervolgens via seksuele reproductie in een volgende generatie te belanden. Het transmissiekanaal in culturele evolutie is echter niet genetisch maar *memetisch* van aard: cultuur wordt niet via het DNA maar door middel van gesproken en geschreven woord doorgegeven. Critici van de memetica kunnen daarom hoogstens stellen dat culturele evolutie in *figuurlijke* zin lamarckiaans is. Maar ook deze figuurlijke interpretatie is niet

zonder problemen. Memen zijn namelijk niet de (figuurlijke) tegenhangers van verworven fenotypische kenmerken maar van genen. In zowel biologische als culturele evolutie wordt immers niet het product zélf gekopieerd, maar de instructie hoe men zo'n product kan maken. Volgens memetici schieten we er daarom niets mee op wanneer we culturele evolutie als 'lamarckiaans' bestempelen. Het zal enkel tot verwarring leiden. Volgens Hull en Blackmore kan men culturele evolutie enkel 'lamarckiaans' doen *lijken* door de letterlijke en de figuurlijke interpretatie door elkaar te gebruiken waardoor een karikatuur ontstaat. Biologische en culturele evolutie vertonen onmiskenbaar verschillen, maar het is misleidend om deze verschillen als 'lamarckiaans' te duiden.

Wat critici vaak lijken te bedoelen wanneer ze stellen dat culturele evolutie lamarckiaanse trekken vertoont, is dat culturele verandering *gericht* is in de zin dat er een plan aan ten grondslag ligt. Wij mensen proberen doelbewust problemen op te lossen door er potentiële oplossingen voor te bedenken. Anders dan genetische variatie lijkt culturele variatie dus *non-random*. Biologische evolutie is blind, terwijl culturele evolutie een oog voor de toekomst lijkt te hebben. Deze kritiek is een stuk lastiger te pareren dan de voorgaande. Het draait uiteindelijk om de vraag of culturele evolutie het resultaat is van een cumulatief selectieproces, analoog aan darwiniaanse evolutie, of dat culturele evolutie op lamarckiaanse wijze, zonder *trial and error*, tot stand komt. In het volgende hoofdstuk zal dieper op deze kritiek worden ingegaan wanneer we de evolutie van kennis en wetenschap bespreken.

EEN GENEALOGIE VAN MEMEN

Nauw gerelateerd aan de tegenwerping dat culturele evolutie lamarckiaanse trekken vertoont, is de kritiek dat memen niet alleen aan nakomelingen maar ook aan niet-verwanten kunnen worden doorgegeven. Iemand kan zijn ideeën aan zijn kinderen doorgeven, maar ook aan een Zuid-Afrikaan of een Japanner. Anders dan in het biologische domein verloopt de transmissie van culturele informatie blijkbaar niet alleen 'verticaal' maar ook 'horizontaal'. Dit maakt culturele evolutie erg rommelig omdat er geen duidelijke afstamingslijnen zijn te bespeuren. Culturele informatie wordt kriskras

verspreid zodat de replicatielijnen steeds in elkaar overvloeien. In het biologische domein is dit heel anders, aldus de critici. Biologische evolutie is immers een proces van constante vertakking. Takken die van elkaar zijn afgesplitst, zullen nooit meer bij elkaar komen.

De kritiek dat er in dit opzicht grote verschillen bestaan tussen de twee vormen van evolutie is echter gebaseerd op een al te simpele voorstelling van biologische evolutie. Ook in het biologische domein is er namelijk sprake van 'horizontale' transmissie van informatie. Denk bijvoorbeeld aan het fenomeen hybridisatie waarbij twee gescheiden takken weer bij elkaar kunnen komen en er bastaarden ontstaan. Verder is het welbekend dat virussen stukjes erfelijk materiaal van de ene naar de andere soort kunnen transporteren. Biologische evolutie is dus lang niet zo overzichtelijk als de critici menen. Van de andere kant is culturele evolutie ook niet zo rommelig als vaak wordt beweerd. Ondanks de horizontale transmissie van informatie zien we in het culturele domein immers wel degelijk duidelijk herkenbare replicatielijnen in de vorm van culturele tradities, religies, wetenschappelijke disciplines, enzovoort.

Men zou echter tegen kunnen werpen dat er in het culturele domein geen sprake is van echte erfelijkheid. Memen worden weliswaar gekopieerd en aan volgende generaties doorgegeven, maar dit proces lijkt in de verste verte niet op de replicatiemechanismen die we in het biologische domein tegenkomen. In het biologische domein wordt informatie doorgegeven via seksuele voortplanting, in het culturele domein door imitatie of gesproken en geschreven woord. Waarschijnlijk zal niemand deze verschillen willen ontkennen, maar opnieuw is er behalve een duidelijk verschil ook een opmerkelijke overeenkomst. In beide gevallen hebben we immers te maken met *replicators* die zich met verschillend succes verspreiden. De enige vereiste voor replicatie is dat er zorgvuldige kopieën worden gemaakt zodat de informatie die in de replicator ligt opgeslagen intact blijft gedurende opeenvolgende generaties. Eerder in dit hoofdstuk hebben we gezien dat het niet van belang is welke vorm de replicators aannemen of in welk medium zij zich ophouden. Het darwiniaanse algoritme is neutraal ten aanzien van het substraat waarin het optreedt.

In het culturele domein wordt zonder meer aan de vereiste van replicatie voldaan. In elke universiteitsbibliotheek kan men bijvoor-

beeld een welhaast perfecte kopie vinden van Euclides' *Elementen* of van Plato's *Politeia*. De structuur van deze en andere klassieke werken is via verschillende westerse en Arabische replicatielijnen onveranderd tot ons gekomen. Net zoals genen blijven memen vaak grotendeels intact gedurende hun reis door de generaties. Maar de structuur van memen kan natuurlijk ook veranderen tijdens replicatie. Sommige aspecten van een meem kunnen worden verworpen terwijl er andere aspecten aan kunnen worden toegevoegd. In dit opzicht verschillen memen echter niet van genen. Sommige genen blijven gedurende miljoenen jaren intact, terwijl andere genen geleidelijk door kleine mutaties worden veranderd.

Volgens Hull gehoorzamen biologische en culturele evolutie aan dezelfde genealogische principes. Zowel biologische soorten als culturele tradities kunnen in de loop van de tijd veranderen. Soorten en tradities blijven echter herkenbare entiteiten omdat ze afstammingslijnen (*lineages*) vormen. Een organisme behoort tot een soort, niet omdat het bepaalde uiterlijke kenmerken bezit, maar omdat het een schakel is in een replicatiereeks. Twee organismen kunnen daarom nog zoveel op elkaar lijken – als ze geen gezamenlijke afstamming delen, behoren ze niet tot dezelfde soort. Hetzelfde geldt voor culturele tradities. Sommige ideeën of rituelen kunnen qua inhoud of structuur vrijwel identiek zijn, maar als ze uit verschillende afstammingslijnen voortkomen, behoren ze niet tot dezelfde traditie. Biologische soorten en culturele tradities zijn volgens Hull historische entiteiten die hun identiteit behouden ook al evolueren ze voortdurend tot iets nieuws.

WAT IS EEN MEEM?

Een laatste kritiek die memetici vaak voor de voeten wordt geworpen, luidt dat men niet duidelijk kan omschrijven wat een meem precies is. De gangbare definities ('element uit een cultuur' of 'culturele basiseenheid') zouden veel te vaag zijn om een wetenschappelijke functie te kunnen vervullen. Zelfs als men een meem omschrijft als een 'culturele replicator' blijft het probleem bestaan, want men moet zich dan opnieuw afvragen *wat* er precies wordt gekopieerd. Neem het volgende voorbeeld. We zouden het complete oeuvre van Ludwig van Beethoven als meem kunnen beschouwen, maar ook zijn

Vijfde symfonie of alleen het eerste en bekendste deel ervan (*Allegro con brio*). Desgewenst kunnen we nog verder inzoomen en alleen de eerste maten van het werk als meem nemen. Het bekende thema in c-klein 'G-G-G-Es' (het noodlotsmotief) is immers een eigen leven gaan leiden, diende tijdens de Tweede Wereldoorlog als herkenningstune van Radio Oranje, en wordt nog altijd gekopieerd in reclamejingles en ringtones.

De memetica staat volgens critici in schril contrast met de genetica waar *wel* duidelijk omschreven en herkenbare eenheden – genen – worden bestudeerd. In tegenstelling tot memen hebben genen een starre structuur. Een gen is een specifiek gedeelte van een chromosoom, het heeft een strak omlijnd fysisch substraat en het is rechtstreeks te manipuleren. Memen lijken zulke eigenschappen te ontberen. Sommige auteurs hebben daarom geopperd dat memen gewoon artefacten zijn die gemakkelijk zijn te onthouden. Anderen beschouwen memen eerder als neurale structuren in ons brein of als instructies voor gedrag. Een wellicht meer voor de hand liggende omschrijving van wat memen zijn, luidt: de kleinste culturele elementen die zichzelf betrouwbaar kunnen kopiëren. Toegegeven, deze formele definitie is nog steeds vaag, maar dat is op zichzelf nog geen reden om de memetica te verwerpen. Critici zien namelijk over het hoofd dat het in de genetica niet veel beter is gesteld. De moderne moleculaire biologie heeft onthuld dat genen veel complexer zijn dan men aanvankelijk dacht. Genen zijn geen netjes afgebakende stukjes chromosoom die stuk voor stuk een eigen functie hebben, maar groepen kopieerbare DNA-moleculen die in complexe, hiërarchische verbanden met elkaar staan. Biologen kunnen daarom niet precies vertellen waar een gen op een chromosoom begint, waar het ophoudt en wat er tussenin zit. Bovendien lijken veel genen geen enkele functie te vervullen, zoals het zogeheten '*junk DNA*'. Genen worden vaak louter gekopieerd omdat het goede replicators zijn.

IS MEMETICA WETENSCHAP?

De memetica kan op enkele belangrijke vragen nog geen bevredigend antwoord geven. We weten nog niet precies wat memen zijn en hoe zij zich fysisch manifesteren. Een verzachtende omstandigheid hierbij is dat de memetica nog in haar kinderschoenen staat en

dat alle wetenschap met interessante vragen is begonnen. De wetenschapsfilosoof Imre Lakatos heeft erop gewezen dat de verdiensten van een wetenschappelijke discipline enkel op de lange termijn kunnen worden ingeschat. Disciplines moet men de tijd geven om volwassen te worden. Pas als een onderzoeksprogramma na geruime tijd nog geen theoretische en empirische progressie vertoont, is er gegronde reden om eens iets anders te gaan proberen. De memetica zal zich de komende tijd dus moeten bewijzen. Voor een deel heeft ze dit al gedaan. De memetica werpt hoe dan ook een nieuw, en soms verontrustend, licht op het verschijnsel cultuur. Ze wijst ons er bijvoorbeeld op dat menige culturele traditie niet door ons, maar door zichzelf in stand wordt gehouden. Memen zwelgen vaak in hun eigen replicatiesucces. Volgens Dennett is het daarom niet de vraag *of* er een darwiniaanse theorie van cultuur in het verschiet ligt, maar enkel welke vorm zij aan zal nemen.

Er is inmiddels ook empirische progressie geboekt. Met behulp van inzichten uit de memetica hebben onderzoekers bijvoorbeeld de culturele evolutie van zangdialecten in vinkenpopulaties in kaart gebracht. De dialecten ontstaan door de opeenstapeling van kleine kopieerfoutjes en door geografische isolatie van populaties, dezelfde mechanismen die aan de evolutie van nieuwe biologische soorten ten grondslag liggen (zie p. 71). Dergelijke studies kunnen wellicht als model dienen voor het begrijpen van onze eigen cultuur. Zo heeft Hull de memetica toegepast op de verspreiding en acceptatie van wetenschappelijke ideeën. Wetenschappelijke disciplines blijken zich te kunnen vertakken in meerdere subdisciplines die hun eigen memetische fitness nastreven, net zoals biologische populaties in verschillende subpopulaties uiteen kunnen vallen. De populatiememetica wacht mogelijk een gouden toekomst. Memetici zouden modellen op kunnen stellen die het mogelijk maken te voorspellen hoe een meem zich in een populatie zal verspreiden. Toekomstige beoefenaars van zo'n discipline kunnen wellicht hun licht opsteken bij gewiekste reclame- en marketingbureaus die op kunstmatige wijze consumptiehypes weten op te wekken.

Een ander veelbelovend onderzoeksobject is het internet. Dit wereldomspannende informatieweb is tot een soort zelfstandig organisme uitgegroeid dat niet langer onder onze controle staat. Memen van diverse pluimage hebben er vrij spel. Volgens Blackmore is het

internet een creatie van zelfzuchtige memen ter bevordering van hun eigen replicatie. Net zoals *genen* planten, dieren en mensen hebben gecreëerd, hebben *memen* boeken, telefoons en iPods voortgebracht om hun voortbestaan veilig te stellen. Het wereldwijde web is vooralsnog hun meest succesvolle creatie: het is de ultieme memenverspreider. Het is daarom voorspelbaar dat er geregeld replicators in het netwerk zullen opduiken die hele volksmassa's weten in te palmen met vermeende boodschappen van 'bovennatuurlijke' aard, de naderende Apocalyps of de komst van Messias. Er liggen kortom nog tal van interessante onderzoeksgebieden braak.

De moderne genetica en de moleculaire biologie laten zien dat het in de wetenschap soms snel kan gaan. Wie had een halve eeuw geleden kunnen dromen van de vele spectaculaire doorbraken in deze vakgebieden zoals de ontrafeling van het menselijk genoom, gentherapie en genetische manipulatie? Wellicht heeft de memetica zulke ontdekkingen nog voor de boeg. In het voorwoord tot Blackmore's boek over memen stelt Dawkins dat de memetica haar Watson en Crick nog niet heeft gevonden, om van Mendel nog maar te zwijgen. Maar volgens Dawkins is dat geen reden om het onderzoeksprogramma vaarwel te zeggen. Het is een open vraag of het meem van de memetica zich verder verspreidt en ontwikkelt. Het mooiste moet misschien nog komen.

Evolutionaire epistemologie

NIEUWE PERSPECTIEVEN

Filosofen verliezen zich nog wel eens in kennistheoretische haarkloverijen en abstracties zonder te beseffen dat elke cel in hun lichaam al elementaire informatie over de wereld bevat. Filosofen tonen soms een zeker *dédain* voor empirische wetenschap. Wetenschappers zijn lieden in witte laboratoriumjassen die de hele dag in de weer zijn met lasers, erlenmeyers en petrischalen. Ze knappen vuil werk op waar denkers geen kennis van hoeven te nemen. Filosofie is immers fundamenteeler dan, en gaat zodoende *vooraf* aan, alle wetenschap. Empirische wetenschap is daarom niet relevant voor de kennistheorie. Sterker nog, een beroep op empirische kennis wordt circulair geacht omdat de betrouwbaarheid van die kennis juist ter discussie staat! Filosofen zijn van mening dat hun vakgebied de wetenschap overstijgt. De wijsbegeerte is immers de koningin der wetenschappen. Nu echter duidelijk wordt dat de wetenschap steeds meer onderzoeksgebieden annexeert die voorheen aan filosofen toebehoorden, begint het hun langzaam te dagen dat kennis van de hedendaagse wetenschap onontbeerlijk is. En van alle wetenschap is waarschijnlijk geen theorie relevanter voor filosofen dan de evolutietheorie.

In het voorgaande hoofdstuk hebben we door een darwiniaanse bril naar het verschijnsel cultuur gekeken. We hebben gezien dat de cultuur een nieuw medium voor evolutie heeft gecreëerd waar veelal dezelfde darwiniaanse principes gelden als in het biologische domein. In het onderhavige hoofdstuk zal een speciaal aspect van de cultuur worden besproken, te weten het ontstaan en de ontwikkeling van wetenschap. Ook onze kennis en wetenschap kunnen vanuit

een evolutionair perspectief worden bekeken waardoor er nieuwe, interessante gezichtspunten ontstaan. Zo werpt de evolutiebiologie bijvoorbeeld een nieuw licht op de oude filosofische vraag wat kennis is en hoe zij tot stand komt. Bovendien verschaft de evolutietheorie ons een model om de ontwikkeling van de wetenschap te bestuderen. Sommige denkers menen zelfs dat de inzichten uit de evolutiebiologie ons dwingen om het verschijnsel 'kennis' geheel opnieuw te definiëren. Vanuit een evolutionair gezichtspunt zijn menselijke kennis en wetenschap maar een klein onderdeel van een veel breder spectrum aan informatievergaring.

DE ZOEKTOCHT NAAR ZEKERHEID

Om de kennistheoretische implicaties van het darwinisme naar waarde te kunnen schatten, is een korte excursie in de geschiedenis van de filosofie noodzakelijk. Van oudsher hebben filosofen zich namelijk het hoofd gebroken over de vraag wat kennis is en hoe betrouwbare kennis tot stand komt. De tak binnen de filosofie die zich bezighoudt met deze kwesties is de kennisleer of epistemologie (van het Griekse. *epistèmè* = kennis). In navolging van Descartes, de vader van de moderne wijsbegeerte, meenden veel epistemologen dat de filosoof de taak heeft om een kennistheoretisch fundament te leggen waar de wetenschap vervolgens op kan bouwen. De filosoof moet dus op zoek naar zogeheten eerste beginselen, absolute zekerheden die geen verdere rechtvaardiging behoeven omdat ze onbetwifelbaar of zelfinzichtelijk zijn.

In de geschiedenis van de epistemologie zijn globaal twee stromingen aan te wijzen, die een verschillend antwoord geven op de vraag waar zekere kennis vandaan komt. De eerste stroming, waartoe ook Descartes behoorde, is het rationalisme. Rationalisten menen dat de bron van betrouwbare kennis vooral, of uitsluitend, in het verstand moet worden gezocht. Volgens het rationalisme, waarvan de eerste sporen al bij de Griekse filosoof Plato zijn te vinden, bezitten wij kennis die niet door ervaring is verkregen maar die is aangeboren of ons door God is ingeplant. Deze aangeboren kennis, in de vorm van ideeën en begrippen, stelt ons in staat om de ware aard van de werkelijkheid te begrijpen. Bovendien kunnen we met behulp van onze ratio de eerste beginselen op het spoor komen die het fundament

van alle kennis zijn. Illustratief is Descartes' gedachte-experiment dat we reeds in hoofdstuk 8 hebben besproken. Volgens Descartes is de allereerste zekerheid het gegeven dat we aan alles kunnen twijfelen behalve aan de twijfel zelf. Om te kunnen twijfelen, moet men kunnen denken, en om te kunnen denken moet men bestaan: *cogito ergo sum*.

De tweede stroming binnen de epistemologie is het empirisme, dat is terug te voeren op het gedachtegoed van de Griekse filosoof Aristoteles. Empiristen stellen dat de bron van zekere kennis in de ervaring is gelegen. Alle kennis die we gedurende ons leven opdoen, moet door zintuiglijke ervaring tot stand zijn gekomen want er is niet zoiets als aangeboren kennis. De menselijke geest is bij de geboorte leeg en te vergelijken met een onbeschreven blad papier, oftewel een *tabula rasa*. A priori kennis, kennis die *vooraf* gaat aan de ervaring, bestaat niet: alle kennis is a posteriori, ze ontstaat achteraf als het *resultaat* van ervaring. Volgens empiristen bestaat het fundament van alle kennis daarom uit elementaire zintuiglijke indrukken, onmiddellijke ervaringen die onbetwifelbaar zijn.

Na eeuwenlang naast elkaar te hebben bestaan, werden het rationalisme en het empirisme in de achttiende eeuw met elkaar verenigd door het werk van de achttiende-eeuwse Duitse filosoof Immanuel Kant. Volgens Kant komt alle kennis voort uit het samenspel van zintuigen en verstand. De zintuigen leveren de ruwe inhoud van kennis die door het verstand in een bepaalde vorm wordt gegoten. Ons verstand legt bepaalde patronen en structuren in de waarneming waardoor wij de wereld op een bepaalde manier ervaren. Volgens Kant kunnen wij daarom a priori (voorafgaand aan alle ervaring) weten hoe de wereld ons zal verschijnen. De elementaire structuren die wij in de wereld aantreffen, zoals tijd, ruimte en oorzakelijkheid, zijn namelijk van onszelf afkomstig. Het zijn onze eigen verstandscategorieën en aanschouwingsvormen die bepalen hoe de wereld eruit ziet. Deze manoeuvre heeft echter een prijs, want we kunnen hierdoor enkel nog iets zeggen over hoe de wereld zich aan *ons* voordoet. De vraag hoe de wereld op zichzelf (*an sich*) is, kan niet meer worden beantwoord. Bij Kant is de objectieve werkelijkheid voorgoed achter de kennishorizon verdwenen.

Kants complexe kennisleer is lange tijd zeer invloedrijk geweest en heeft onuitwisbare sporen nagelaten, ook in de hedendaagse filo-

socie. Toch kwamen er aan het begin van de twintigste eeuw enkele onvolkomenheden aan het licht. De revolutionaire doorbraken in de moderne fysica toonden aan dat Kant niet het laatste woord had gesproken. Kants inzichten bleken bijvoorbeeld niet op te gaan binnen de relativiteitstheorie en de quantummechanica. Daar waar Kant uitging van een driedimensionale, euclidische ruimte, postuleert de relativiteitstheorie een gekromde tijd-ruimte met meer dan drie dimensies. En de quantummechanica, de fysica van de elementaire deeltjes, bleek onverzoenbaar met Kants stelling dat de fenomenale wereld overal en altijd causaal en gedetermineerd in elkaar steekt. Filosofen moesten daarom op zoek naar nieuwe epistemologische grondslagen.

In de jaren twintig van de vorige eeuw ontstond een nieuwe stroming in de kennisleer die bekend werd onder de naam 'logisch positivisme'. Net als de eerdere empiristen trachtte het logisch positivisme alle kennis (de wiskunde en de logica uitgezonderd) te herleiden tot elementaire zintuiglijke gewaarwordingen, ook wel *sense data* genaamd. Men ging ervan uit dat dergelijke sense data neutraal, objectief en voor iedereen hetzelfde zouden zijn. Het gebouw van kennis en wetenschap rust op de solide fundering van elementaire, objectieve feiten. Uitspraken die niet tot dergelijke feiten herleid kunnen worden, zijn daarom leeg en betekenisloos. Dit idee werd verwoord in het beruchte verificatieprincipe: een (niet-logische) uitspraak is enkel cognitief betekenisvol indien we deze uitspraak in principe kunnen verifiëren. Anders gezegd, oordelen waarvan we niet kunnen nagaan of ze waar zijn of niet, behoren tot de speculatieve metafysica. Uitspraken over de wereld achter de verschijnselen, de onsterfelijkheid van de ziel of het bestaan van het Opperwezen kunnen daarom als zinloos gewauwel worden weggewuifd.

Ook de grondslagen van het logisch positivisme bleken echter niet geheel en al solide. Het gebouw begon al gauw haarscheurtjes te vertonen die allengs groter werden. Zo bleek het verificatieprincipe een veel te strenge eis voor wetenschappelijkheid. De empirische consequenties van een theorie zijn namelijk nooit allemaal uitputtend te verifiëren. Dit komt bijvoorbeeld aan het licht bij algemene, wetmatige uitspraken met de vorm 'Alle A's zijn B'. Neem de hypothese dat alle raven zwart zijn. Om te kunnen achterhalen of deze uitspraak waar is of niet, zouden we niet alleen alle *buidige* raven op

hun zwart-zijn moeten onderzoeken maar ook die uit het verleden en alle toekomstige, hetgeen natuurlijk onmogelijk is. Bij generalisaties die de oorspronkelijke kennis te buiten gaan, komt het zogeheten inductieprobleem om de hoek kijken. Op basis van een eindig aantal geobserveerde gevallen kan men nooit iets met zekerheid concluderen over *alle* gevallen. Verderop in dit hoofdstuk zullen we zien dat de filosoof Karl Popper heeft geprobeerd dit probleem op listige wijze te omzeilen.

Een tweede probleem voor de logisch positivisten was de constatering dat objectieve, naakte feiten niet bestaan. Observatie is niet neutraal, maar doordrenkt met theorie. Wat een wetenschapper waarneemt, hangt voor een groot deel af van zijn verwachtingen, zijn achtergrondkennis en zijn wereldbeeld. Onze observatie is dus theoriegeladen: gericht waarnemen, zoals Kant al leerde, veronderstelt altijd een conceptueel kader, een denkraam waarbinnen de observatie plaatsvindt. Met deze, en andere, problemen werd het fundament onder het logische positivisme weggeslagen. In de jaren zestig werd de stroming opgedoekt. Men was weer terug bij af.

NATURALISME

Sinds de ondergang van het logisch positivisme lijkt de objectieve wereld verder weg dan ooit. Menig filosoof meent dat de werkelijkheid in laatste instantie een sociale constructie is omdat de instanties met de meeste macht en invloed bepalen wat de feiten zijn. Andere filosofen hebben de epistemologie gewoon helemaal vaarwel gezegd. Volgens hen is het de afgelopen vier eeuwen pijnlijk duidelijk geworden dat een fundering van kennis onmogelijk is. De zoektocht naar zekerheid is op niets uitgelopen. Deze constatering is op zichzelf juist, maar het een misvatting te denken dat we daarom het relativisme of postmodernisme moeten omarmen. Filosofen vervallen graag in uitersten zodat ze vaak niet in de gaten hebben dat er ook tussenposities bestaan. Het gegeven dat we onze kennis niet absoluut kunnen funderen, betekent immers niet dat alle kennis waardevloos is.

In navolging van de Amerikaanse filosoof Willard Van Orman Quine menen steeds meer denkers dat de epistemologie niet opgedoekt maar getransformeerd moet worden. Quine pleit voor een

naturalistische epistemologie, dat wil zeggen een kennisleer die niet langer *voorafgaat* aan de wetenschap maar er onderdeel van is. Kennistheoretische kwesties moeten volgens Quine in samenspraak met de wetenschap worden opgelost. We hebben feitelijk geen andere keuze: wij zijn als matrozen die hun schip op volle zee moeten zien te repareren omdat ze geen droogdok tot hun beschikking hebben. Volgens Quine is het gemis van een vaste ondergrond echter geen ramp omdat we onszelf kunnen opwerken naar steeds betere, meer betrouwbare kennis. We kunnen leren van onze fouten en successen. Absolute zekerheid is daarom niet het vertrekpunt, maar een – wellicht nooit te realiseren – ideaal van de wetenschap. In plaats van de scepticus te weerleggen, wat nimmer zal lukken, doen we er beter aan te onderzoeken hoe kennis daadwerkelijk tot stand komt. De empirische wetenschap wordt zo een hoeksteen van de naturalistische kennisleer: filosofen moeten hun licht opsteken bij de psychologie, de cognitiewetenschap en, niet in de laatste plaats, de evolutiebiologie.

Volgens het naturalisme maken de mens en het menselijke bewustzijn deel uit van de wereld. Wij zijn natuurlijke wezens die in nauwe samenspraak met de wereld zijn geëvolueerd. Ten aanzien van de betrouwbaarheid van ons kennisapparaat stelt Quine dan ook dat we enige bemoediging uit Darwin kunnen putten. Organismen wier cognitieve vermogens niet zijn aangepast aan de wereld hebben vaak de prijzenswaardige eigenschap dat ze dood gaan voordat ze zich kunnen reproduceren. Natuurlijke selectie waarborgt zo een zekere afstemming tussen kenner en gekende, een overeenstemming zonder welke het leven onmogelijk zou zijn. Naturalisten breken daarom vaak een lans voor een evolutionaire epistemologie, een kennisleer die er rekenschap van geeft dat wij het product zijn van evolutie. Het uitgangspunt van de evolutionaire epistemologie is dat het menselijke en dierlijke kenapparaat is ontstaan om een belangrijke functie te vervullen: het verwerven van vitale informatie over de omgeving. Cognitieve en perceptuele systemen zijn door natuurlijke selectie afgestemd op die aspecten van de objectieve wereld die voor het organisme relevant zijn.

OVER NESTVLIEDERS EN AANGEBOREN KENNIS

De eerste onderzoeker die het fenomeen kennis vanuit een evolutionair perspectief analyseerde, was de etholoog Konrad Lorenz. Reeds in 1941 publiceerde Lorenz een artikel waarin hij de epistemologische implicaties van de evolutietheorie uiteenzet. Door toedoen van de evolutiebiologie komen de leerstellingen van het rationalisme, het empirisme en Kant in een heel nieuw licht te staan. Het empirisme, zo hebben we gezien, gaat ervan uit dat de menselijke geest bij de geboorte leeg is, gelijk een onbeschreven blad. Alle kennis die we opdoen, komt door middel van ervaring tot stand, want er is niet zoiets als aangeboren kennis. Volgens Lorenz is deze stelling niet langer vol te houden. De biologie heeft aangetoond dat mensen en dieren wel degelijk over aangeboren, a priori kennis beschikken. Weliswaar niet in de vorm van aangeboren ideeën en concepten zoals de rationalisten menen, maar in de vorm van aangeboren instincten, gedragsdisposities en leermechanismen. Zonder deze aangeboren 'kennis' zou het organisme domweg in het ongewisse worden gestort. Deze vitale informatie over de wereld ligt gecodeerd opgeslagen in het erfelijk materiaal van elk levend organisme. We kunnen deze vorm van aangeboren kennis daarom ontogenetisch a priori noemen, dat wil zeggen: aangeboren kennis van het individu.

Lorenz heeft zelf een klassiek voorbeeld van dergelijke aangeboren kennis beschreven: het inprentingsmechanisme bij nestvlinders. Hij kreeg er in 1973 de Nobelprijs voor, samen met Karl von Frisch en Niko Tinbergen. Zoals de naam al aangeeft, zijn nestvlinders vogels die zodra ze uit het ei zijn gekropen meteen het nest verlaten. Dit in tegenstelling tot nestblijvers die naakt en blind ter wereld komen en extreem hulpbehoevend zijn. Eenden en ganzen zijn typische nestvlinders: de pluizige kuikens, soms wel een dozijn of meer, nemen onmiddellijk de benen zodra ze uit hun schaal zijn bevrijd. Het is dus zaak om de beestjes in het gareel te krijgen, want anders zijn ze ten dode opgeschreven. De evolutie is met een elegante oplossing op de proppen gekomen. Jonge eenden en ganzen gehoorzamen namelijk aan de volgende aangeboren gedragsinstructie: volg nadat je uit het ei bent gekropen altijd het eerste, grote bewegende object dat je tegenkomt. In een tijdsbestek van enkele minuten wordt er zo een welhaast onverbreeklijke band tussen de moeder en de jongen

gesmeed. In de regel zal het eerste, grote bewegende object immers de moedereend of -gans zijn. Als de kritische fase echter om de een of andere reden faalt of wordt overgeslagen, zal het kuiken verweesd rond blijven dolen.

Het inprentingsmechanisme is volgens Lorenz een vorm van aangeboren, a priori kennis. Ze is a priori omdat ze *voorafgaat* aan alle zintuiglijke ervaring. De kennis is echter niet a priori *geldig*. Lorenz liet bijvoorbeeld zien dat de kuikens eenvoudig zijn te misleiden. Hij haalde de eieren uit het nest, broedde ze uit in een stoof, en gedroeg zich vervolgens voor de ogen van de ganzenkuikens als een groot, bewegend object. Omdat hij tevens de soortgebonden roep van de vogels wist te imiteren, waren de gansjes snel verkocht: gedurende hun verdere leven bleven ze Lorenz trouw volgen. In de meeste natuurlijke situaties zal de gedragsinstructie echter functioneel zijn. Het inprentingsmechanisme is kennis die bijeen is gesprokkeld door natuurlijke selectie. Het gedrag is gemodelleerd door evolutie. Vanuit een evolutionair perspectief is het ontogenetisch a priori daarom een fylogenetisch a posteriori. Dat wil zeggen, de aangeboren kennis in het individu is het resultaat van de geaccumuleerde 'ervaring' van de soort in kwestie.

Zowel de empiristen als de rationalisten hebben zich dus vergist. Het empirisme gaat er ten onrechte vanuit dat er geen aangeboren kennis bestaat, terwijl het rationalisme ten onrechte aangeboren ideeën en concepten postuleert. We bezitten weliswaar aangeboren kennis, maar *niet* in de vorm van ideeën of concepten. Deze laatste moeten we *leren*, ze zijn a posteriori, het resultaat van individuele ervaring. Aangeboren kennis neemt de vorm aan van basale disposities voor gedrag en andere fysiologische adaptaties die ons in staat stellen te overleven.

ACHTER DE SCHERMEN VAN DE COGNITIEVE NIS

Ook de kennistheorie van Kant moet in het licht van de evolutiebiologie worden herzien. Kant beseftte dat wij over a priori kennis beschikken, maar volgens Lorenz heeft hij er de verkeerde conclusies uit getrokken en zijn argumentatie te ver doorgedreven. Kant meent dat de fenomenale wereld, de wereld der verschijnselen, zich naar ons kenapparaat richt en dat de objectieve wereld onkenbaar is.

De structuur in de fenomenale wereld (ruimte, tijd en causaliteit) is van onszélf afkomstig: ons kenapparaat legt die eigenschappen aan de wereld op. Volgens Lorenz gaat dit veel te ver. Vanuit een evolutionair perspectief gaapt er geen fundamentele kloof tussen kenner en gekende. We zien juist een nauwe relatie tussen de wereld en de organismen die er in zijn geëvolueerd. De structuur in de wereld bestaat bovendien niet louter bij de gratie van onze kennisactiviteit. Het is veelal omgekeerd: kenapparaten hebben zich gedurende de evolutie aangepast aan de robuuste eigenschappen en structuren van de wereld. Organismen zijn afgestemd op de wereld: de objectieve wereld heeft organismen, inclusief hun cognitieve vermogens, mede vormgegeven.

Neem de eigenschap van ons kenapparaat om overal causale verbanden te zien. Volgens de achttiende-eeuwse empirist David Hume is dit verwachtingspatroon een psychologische gewoonte. Wij *menen* dat sommige gebeurtenissen die elkaar opvolgen causaal met elkaar zijn verbonden, maar volgens Hume is dit onmogelijk uit de ervaring af te leiden. Als gebeurtenis A steeds wordt gevolgd door gebeurtenis B zijn we *geneigd* een oorzakelijk verband tussen A en B te postuleren, maar deze denksprong is niet gerechtvaardigd. In de ervaring is slechts een temporele opeenvolging en geen oorzakelijke noodzaak gegeven. Kant had een andere oplossing voor dit probleem. Volgens Kant zit het denken in causale verbanden er bij ons ingebakken. De wereld verschijnt ons causaal geordend omdat wij die eigenschap op de wereld projecteren. We kijken door de 'bril' van causaliteit naar de wereld zonder die bril ooit af te kunnen zetten. Hume noch Kant was dus van mening dat causaliteit een eigenschap van de wereld zelf is.

Lorenz denkt hier anders over. Waarom zouden wij een dergelijk ingebouwd verwachtingspatroon bezitten als causaliteit geen eigenschap van de wereld zelf is? Hoe zou zo'n complexe illusie kunnen ontstaan en standhouden gedurende de evolutie? Causaliteit moet daarom een fysische eigenschap van de wereld zelf zijn. Lorenz definieert causaliteit als een proces waarbij sprake is van energie-doorgave. Alleen die gebeurtenissen die na elkaar plaatsvinden én waarbij er sprake is van doorgave van energie, zijn causaal met elkaar verbonden. Tussen de opeenvolging van dag en nacht bestaat geen causaal verband, maar tussen bliksem en donder wel. Een biljartbal

die een andere biljartbal doet wegketsen, is een causale gebeurtenis, maar het feit dat iemand zich steeds doucht na het sporten niet.

In plaats van een kantiaans *idealisme*, dat stelt dat de wereld zich naar ons kenapparaat richt, zijn we gedwongen een vorm van *realisme* te omarmen. Het realisme stelt dat de wereld gestructureerd is in zichzelf, en dat die structuur op zijn minst ten dele kenbaar is. De wereld was er al lang voordat menselijke en dierlijke kenapparaten ontstonden. Gedurende de evolutie zijn er verschillende soorten kenapparaten ontstaan, elk met een eigen kleuring en een eigen toepassingsbereik. Organismen zijn immers gevoelig voor die aspecten van de wereld die voor hen van belang zijn. Een vlieg ervaart de wereld anders dan een vis, en een vis weer anders dan een mens, enzovoort. Het punt is dat het allemaal gezichtspunten op één en dezelfde wereld betreft. Ons beeld van de werkelijkheid is dus weliswaar 'gekleurd' en beperkt, maar niet arbitrair. Organismen die zich in de wereld moeten voortbewegen, hebben immers betrouwbare informatie nodig. Daarom heeft de evolutie zulke wezens van zintuigen, zenuwstelsels en breinen voorzien. Als deze vermogens niet binnen een bepaalde bandbreedte zijn afgestemd op de wereld is het organisme ten dode opgeschreven. Evolutie waarborgt echter geen optimaal ontwerp of absolute betrouwbaarheid. Het voorbeeld van de ganzen toonde dat al aan. Natuurlijke selectie laat ongetwijfeld imperfecties toe. Maar in een risicovolle wereld moet een kenapparaat wel aan bepaalde minimeisen voldoen.

Volgens Lorenz moeten we tevens constateren dat Kant de kwestie van de *oorsprong* van a priori kennis buiten beschouwing heeft gelaten. Kant stelt slechts dat de verstandscategorieën en aanschouwingsvormen *constitutief* zijn: zij zijn een noodzakelijke voorwaarde voor alle ervaring en kennis. Punt. Kant treft echter geen blaam. Immers, de enige verklaring die men in de achttiende eeuw kon bedenken, was een beroep op God, en een kennisleer op een principieel onkenbaar 'iets' baseren, is nogal dubieus. Kant liet zich er daarom wijselijk niet over uit. Pas met de publicatie van het *Ontstaan van soorten* in 1859, vijfenvijftig jaar na Kants dood, kon de kwestie worden beslecht. Darwins evolutietheorie biedt inzicht in de herkomst van a priori kennis. Kennisapparaten komen niet zomaar uit de lucht vallen. Ze zijn door natuurlijke selectie geassembleerd met een ingebouwde functie. Een kenapparaat is volgens Lorenz te ver-

gelijken met een Leica, een Duitse kwaliteitscamera. De onderdelen van de camera zijn allemaal functioneel op elkaar afgestemd om plaatjes van de externe wereld te kunnen schieten. Net zoals de lens, de sluiters, en het diafragma van de Leica a priori zijn en het maken van foto's mogelijk maken, zo stellen de verschillende aangeboren onderdelen van een kenapparaat het organisme in staat om informatie over de omgeving te vergaren. In beide gevallen ligt er een functioneel ontwerp aan ten grondslag. Het verschil is alleen dat de Leica door Duitse ingenieurs is ontworpen terwijl een kenapparaat door natuurlijke selectie is gemodelleerd.

Kants kennisentheorie vergt nog een laatste aanpassing. In het licht van de evolutiebiologie moeten we namelijk vaststellen dat de kantiaanse denk- en perceptievormen hun vermeende noodzakelijke en onveranderlijke karakter verliezen. De verstandscategorieën en aanschouwingsvormen zijn weliswaar noodzakelijk in de zin dat ze constitutief zijn voor alle ervaring, maar ze zijn niet noodzakelijk in de zin dat ze absolute geldigheid bezitten. De aangeboren kennisvormen zijn evenmin onveranderlijk omdat ze het resultaat zijn van en onderhevig blijven aan evolutie. A priori intuïties met betrekking tot ruimte, tijd en causaliteit zijn volgens Lorenz en andere evolutionaire epistemologen slechts 'werkhypothesen' die enkel betrouwbaar zijn binnen een bepaalde cognitieve nis. Een cognitieve nis (naar analogie van een ecologische nis) is een bepaald segment van de objectieve wereld waarop het kennisapparaat van een biologische soort gedurende de evolutie is afgestemd. Buiten deze vertrouwde sfeer zullen de 'werkhypothesen' al snel hun geldigheid verliezen, bijvoorbeeld in het domein van de quantummechanica of de astrofysica. In dergelijke situaties zullen we onze vertrouwde opvattingen ten aanzien van ruimte, tijd, causaliteit, massa, snelheid en zwaartekracht moeten herzien. Dus ook al wordt onze kennis en ons voorstellingsvermogen in zekere zin bepaald en ingeperkt door onze biologische constitutie, we kunnen de aangeboren vertekening van ons kenapparaat wel degelijk corrigeren en overstijgen. De mens is daarmee het eerste dier op aarde dat achter de schermen van zijn cognitieve nis kan kijken.

EVOLUTIE IS KENNISVERWERVING

We hebben gezien dat een evolutionaire epistemologie een vorm van realisme vooronderstelt. Als er geen robuuste regelmatigheden in de wereld waren, zou de evolutie van kenapparaten onmogelijk zijn geweest. We kunnen nu nog een stap verder gaan. Vanuit een evolutionaire optiek kan men namelijk betogen dat niet alleen zintuigen en breinen vormen van bijeengesprokkelde 'kennis' zijn, maar dat *alle* adaptaties 'kennis' over de wereld belichamen. Een adaptatie is een biologische eigenschap met een bepaalde functie (denk aan organen, ledematen, lichaamsbouw, gedrag, enzovoort) die het resultaat is van natuurlijke selectie. Adaptatie *is* een vorm van kennis. Het darwiniaanse algoritme van variatie, selectie en replicatie is een informatie-vergarend en kennisverwervend proces dat de regelmatigheden van de objectieve wereld aftast. Denk bijvoorbeeld aan de gestroomlijnde vorm van haaien, dolfinen, pinguïns, inktvissen en de uitgestorven ichtyosaurus die, geheel onafhankelijk van elkaar, elementaire principes uit de hydrodynamica weerspiegelen. Het is een mooi voorbeeld van zogeheten convergente evolutie: het feit dat de evolutie via verschillende wegen op dezelfde oplossing stuit. Op dezelfde wijze weerspiegelen de vleugels van de albatros, de vleermuis, de libel en de pterodactylus diverse aërodynamische grondbeginselen: de verschillende soorten vleugels belichamen kennis over de dichtheid en viscositeit van de onderste luchtlagen van de atmosfeer.

Organismen hoeven dus niet per se een cognitieve, talige of zintuiglijke relatie met de wereld aan te gaan om de vele eigenschappen van de wereld te kunnen detecteren en exploiteren. Alleen het *ontwerp* van een organisme verraaft al kennis over de wereld. Neem de ijsbeer. Door het ontwerp van de ijsbeer nauwkeurig te bestuderen, kan men van alles te weten komen over het milieu waarin het dier leeft. De witte vacht, de dikke speklaag, de brede voetzolen die als sneeuwschoenen fungeren, en de bijzondere stofwisseling vertellen immers iets wezenlijks over de arctische omgeving. Het ontwerp van de ijsbeer belichaamt kennis van de wereld. De eigenschappen van de wereld dwingen bepaalde eigenschappen af. We zouden het begrip 'kennis' daarom wellicht moeten verbreden door het los te koppelen van antropocentrische connotaties als taal, mentale representatie en waarheid. Kennis, vanuit een evolutiebiologisch oog-

punt, is het resultaat van een selectieproces waarbij vitale informatie over de wereld geleidelijk accumuleert en wordt doorgegeven aan volgende generaties. Adaptieve evolutie is zo'n proces, maar het vereist geen taal, noch mentale representatie, noch waarheid. Kennis, in deze brede betekenis, behelst natuurlijk wel een bepaalde vorm van correspondentie, zij het niet in de zin van een semantische relatie tussen woord en wereld, maar in de zin van een ecologische relatie tussen organisme en omgeving. We kunnen niet zeggen dat een adaptatie waar of onwaar is, maar we kunnen wel zeggen dat een adaptatie gemodelleerd is door, en daarom aansluit bij, een bepaalde omgeving.

Een voor de hand liggende kritiek op deze visie is dat kennis een kennend *subject* vooronderstelt, iemand die zich *bewust* is van deze kennis. Als we het begrip 'kennis' hiervan loskoppelen, wordt het inhoudsloos. Belichaamt de ronde kiezelsteen op het strand immers niet ook 'kennis' van de branding? En verraden de banen van de planeten niet iets 'wezenlijks' over de zwaartekracht van de zon, enzovoort? De kritiek dat kennis altijd een subject vooronderstelt, is wellicht plausibel. We zullen er aan het eind van deze paragraaf op terugkomen. De voorbeelden van de kiezelsteen en de planeten zijn echter misleidend. Kennis, in de brede betekenis, is het resultaat van het darwiniaanse algoritme van variatie, selectie en replicatie. Alleen een dergelijk formule kan complexe adaptaties voortbrengen die het predikaat 'kennis' verdienen. Bij de kiezelsteen is er geen sprake van een volwaardig algoritme, en bijgevolg geen sprake van kennis. Op het strand is er weliswaar sprake van variatie (de kiezelstenen zijn allemaal verschillend qua hardheid en vorm) en selectie (zachte stenen worden eerder verpulverd dan harde), maar er is geen sprake van kennis omdat het derde element van het algoritme ontbreekt: replicatie. Kiezelstenen kunnen zich niet voortplanten. Zonder replicatie is cumulatieve selectie onmogelijk, en zonder cumulatieve selectie kunnen er geen functionele adaptaties ontstaan.

Hetzelfde geldt voor het zonnestelsel. Ook hier ontbreekt het derde ingrediënt van het darwiniaanse recept. Planeten en andere satellieten vertonen variatie (in grootte, afstand tot de zon en omlooptijd) en de zwaartekracht van de zon is een soort selectiemechanisme waardoor alleen die satellieten 'overleven' waarvan de omloopsnelheid en de afstand tot de zon precies in balans zijn. Als dit

niet het geval is, zal een satelliet zich vroeg of laat in de zon boren of in de diepte van het heelal verdwijnen. De huidige relatief stabiele constellatie is dus het gevolg van een elementair selectieproces. Men kan zelfs zeggen dat het zonnestelsel is *geëvolueerd*, maar het is niet geëvolueerd volgens darwiniaanse principes. Hemellichamen kunnen zichzelf niet reproduceren. Zonder het cumulatieve effect van variatie, selectie en reproductie zullen er geen complexe adaptaties ontstaan.

Een andere kritiek op de visie dat adaptatie een vorm van kennis is, luidt dat organismen slechts zijn aangepast aan een specifieke omgeving, een omgeving die bovendien voortdurend verandert. Dus als er al sprake zou zijn van 'kennis', dan is deze kennis onvermijdelijk vluchtig en onvolledig. Deze tegenwerping is echter onjuist. Organismen zijn namelijk niet alleen aangepast aan *lokale*, en tot op zekere hoogte contingente en tijdelijke, eigenschappen van een specifieke omgeving zoals klimaat, bodem, vegetatie, enzovoort, maar ook aan *globale*, invariante eigenschappen die in *alle* aardse omgevingen zijn te vinden. Denk bijvoorbeeld aan de zwaartekracht van de aarde, de eigenschappen van substanties als lucht en water, de wisseling van seizoenen en het elektromagnetische spectrum van zonlicht. Als een omgeving door een of andere oorzaak verandert, hoeft het evolutieproces daarom nooit helemaal van voren af aan te beginnen. Elementaire adaptaties en lichaamsfuncties zoals anatomie en stofwisseling zijn in staat om deze veranderingen te trotseren waardoor ze functioneel blijven. Het darwiniaanse algoritme zal weer op deze bestaande kennis voortbouwen zodat er opnieuw een verfijnde afstemming tussen organisme en omgeving wordt bereikt (denk in dit verband aan het voorbeeld van de berkenspanner op p. 44).

Een laatste bezwaar tegen de stelling dat darwiniaanse evolutie een kennisverwervend proces is, luidt dat de evolutionist zich schuldig maakt aan de zogeheten adaptationistische drogreden (*adaptationist fallacy*). Deze drogreden behelst de gedachte dat alle eigenschappen van organismen adaptaties zijn (en dus een functie hebben) en dat alle organismen optimaal zijn ontworpen. In hoofdstuk 7 hebben we reeds gezien dat Gould en Lewontin deze drogreden aan de kaak hebben gesteld. Volgens Gould en Lewontin gaat menigeen er ten onrechte vanuit dat organismen geheel en al zijn gemodelleerd door natuurlijke selectie. Ook veel biologen maken deze denkfout,

menen zij. Gould en Lewontin betichten hun collega's van Panglossiaans optimisme ten aanzien van de alomtegenwoordigheid van adaptaties. Biologen moeten leren begrijpen dat de eigenschappen van organismen vaak gewoon toevallige effecten en neutrale bijproducten van evolutie zijn.

Er moet echter op worden gewezen dat Gould en Lewontin hun kritiek schromelijk hebben overdreven. Geen zinnig bioloog zal namelijk beweren dat alle kenmerken van organismen een functie hebben en dat elk organisme optimaal door natuurlijke selectie is ontworpen. Gould en Lewontin begaan zelf een veelvoorkomende drogreden: zij vallen een positie aan die door niemand wordt ingenomen. Hun motieven zijn dan ook niet zozeer van wetenschappelijke als wel van sociaal-politieke aard. De marxistisch *angehauchte* Gould en Lewontin zijn bevreesd voor een al te rigide darwinisme omdat een te grote nadruk op natuurlijke selectie, en op aangeboren verschillen tussen mensen, koren op de molen zou zijn van politiek rechts. 'Hardcore' darwinisme leidt volgens wijlen Gould enkel tot allerlei quasi-wetenschappelijke rechtvaardigingen voor maatschappelijke ongelijkheid. (Bedenk hierbij dat het sociaal-darwinisme nooit helemaal is verdwenen in de Verenigde Staten.) Niet voor niets was Gould een verklaard tegenstander van Wilsons sociobiologie. De Gould-clan opteert daarom liever voor het linkse *nurture*-verhaal waarin mensen eindelijk plooibaar zijn door opvoeding en cultuur.

Kortom, de stelling van Gould en Lewontin dat biologen zich veelvuldig schuldig maken aan de adaptationistische drogreden is onjuist. Waar evolutiebiologen het over eens zijn, is dat natuurlijke selectie de enige verklaring is voor de aanwezigheid van adaptaties. Waar men van mening over verschilt, is in welke *mate* evolutie adaptief is. Sommige eigenschappen van organismen zijn inderdaad gewoon neutrale bijproducten van de evolutie. Het punt is echter opnieuw dat *als* een kenmerk een functie heeft, het enkel door het darwiniaanse algoritme tot stand kan zijn gekomen. Veel vooraanstaande evolutiebiologen, zoals Mayr, Williams en Dawkins, zien de kritiek van Gould en Lewontin dan ook niet als een aansporing om het 'adaptationistische programma' vaarwel te zeggen, maar juist om het inniger te omarmen. Zonder dit onderzoeksprogramma zou de biologie namelijk nooit volwassen zijn geworden. Gedurende de

laatste paar eeuwen begon elke doorbraak in het vakgebied immers met de vraag: wat is de *functie* van die eigenschap? Zonder die vraag zouden we nog altijd niet weten waar de zwezerik, de milt, de hypofyse of de pijnappelklier voor dienen.

Uiteindelijk komt de kwestie neer op welke definitie van 'kennis' we prefereren. Zijn er goede redenen om adaptieve evolutie een kennisverwervend proces te noemen? Die redenen zijn er. Niemand die de wonderlijke functionaliteit en complexiteit van levende wezens beschouwt, ontkomt aan de indruk dat er sprake is van een zeer vernuftig en doelmatig ontwerp, een ontwerp dat verwondering en ontzag afdwingt. Niet voor niets was men eeuwenlang van mening dat de levende natuur de hand van een intelligente schepper verraaft. Het *argument from design* was zelfs één van de belangrijkste godsbeelden (zie p. 14-15). Ook hedendaagse tegenstanders van de evolutietheorie menen dat er een intelligent plan en ontwerp (*intelligent design*) aan het leven ten grondslag ligt. De evolutie kan volgens hen niet zonder de expertise en kennis van een bovennatuurlijke instantie. Stel nu dat zij ongelijk hebben, en daar ziet het stilaan wel naar uit, betekent dit dan dat deze expertise ineens géén kennis meer is?

De evolutie heeft *design* voortgebracht waar menselijke ontwerpers enkel van kunnen dromen. Een pissebed is al vele malen complexer dan de space shuttle of de meest recente supercomputer. Eén enkele levende cel bezit de complexiteit van een wereldstad. Wetenschappers en ingenieurs laten zich dan ook vaak inspireren door de vaak miraculeuze ontwerpen die de evolutie heeft voortgebracht. De kennis van de biosfeer die het darwiniaanse algoritme de afgelopen drieëneenhalf miljard jaar heeft vergaard, vormt een onuitputtelijke bron van onderzoek. Dankzij Darwin begrijpen we dat deze kennis door een natuurlijk proces bijeen is gesprokkeld. De verwondering en het ontzag worden zo alleen maar groter. Filosofen hebben doorgaans meer moeite met een verbrede definitie van 'kennis' dan biologen of andere natuurwetenschappers. Biologen en genetici spreken immers al jaren onbekommerd over de 'informatie' die in het erfelijk materiaal ligt opgeslagen. Van Dale definieert 'informatie' (ietwat krom) als: 'Alles wat als bericht, als overdracht van kennis, iets of iemand bereikt.' De evolutietheorie maakt duidelijk dat dergelijke kennis ook door een blind algoritme kan worden voortgebracht.

DARWIN-MACHINES

De biologische kennisverwerving die we hierboven hebben besproken, heeft één nadeel: ze is relatief traag. De snelheid waarmee informatie wordt vergaard en in het DNA terechtkomt, is afhankelijk van de generatietijd van organismen. Kennis accumuleert door de selectie van willekeurige veranderingen in het erfelijk materiaal. De informatie in het DNA kan niet op lamarckiaanse wijze up-to-date worden gemaakt: natuurlijke selectie is afhankelijk van de mutaties en de recombinate van genen die zich tijdens het replicatieproces voordoen. Sommige veranderingen in de wereld kunnen daarom niet worden gedetecteerd door evolutie op genetisch niveau. Ze voltrekken zich simpelweg te snel. Indien zulke hoogfrequente veranderingen relevant zijn voor een organisme moet er dus op een andere manier op worden ingespeeld. De evolutie heeft een oplossing gevonden door organismen van detectiesystemen te voorzien die deze veranderingen wél op kunnen merken. Het frappante is dat sommige van deze systemen een eigen evolutionair algoritme in zich dragen. De neurobioloog William Calvin heeft ze daarom toepasselijk 'Darwin-machines' genoemd.

Voorbeelden van Darwin-machines zijn het immuunsysteem van gewervelde dieren en het zoogdierenbrein. Het immuunsysteem en het brein zijn niet alleen *door* darwiniaanse principes geassembleerd, ze werken ook *zélf* met zulke principes. Opnieuw blijkt het algoritme van variatie, selectie en replicatie een formule te zijn die breed toepasbaar is. De moderne immunologie heeft onthuld dat het immuunsysteem van gewervelde dieren (en dus ook van de mens) op dezelfde selectiemechanismen is gebaseerd als genetische evolutie. Het proces is alleen zodanig versneld dat het in de pas loopt met de evolutie van potentiële ziekteverwekkers. Bacteriën en virussen reproduceren zich namelijk veel sneller dan gewervelde dieren, en hoe sneller de replicatie, des te sneller de evolutie. Binnen één mensengeneratie kunnen er vele nieuwe bacteriën- en virussenstammen ontstaan. Gewervelde dieren kunnen dit tempo van evolutie niet bijbenen, maar hun immuunsysteem kan dat wel.

Wanneer het immuunsysteem door een ziekteverwekker wordt geactiveerd, vindt er een grootschalige productie van een bepaald type witte bloedcellen plaats, zogeheten lymfocyten. Lymfocyten

produceren op hun beurt antilichamen die de indringers onschadelijk maken en het lichaam resistent maken tegen een volgende invasie. Het systeem bestrijdt nieuwe soorten indringers door een selectiemechanisme toe te passen. Lymfocyten zijn namelijk vrijwel allemaal uniek: een gezond lichaam herbergt mogelijk meer dan tien miljard verschillende typen. Deze enorme diversiteit is onder meer het gevolg van willekeurige genetische veranderingen tijdens de celontwikkeling. De grote variatie waarborgt dat ten minste één type lymfocyt een specifiek antilichaam zal produceren dat de juiste wapens bezit om de ziekteverwekker te lijf te gaan. Zodra zo'n lymfocyt wordt geactiveerd, zal het zichzelf repliceren door talloze klonen te maken, hetgeen resulteert in een exponentiële toename van het geselecteerde type cel. Als de rust weer is hersteld, zullen enkele klonen in het lichaam blijven circuleren. Deze rondzwervende klonen vormen samen het 'geheugen' van het immuunsysteem.

Het darwiniaanse algoritme vinden we ook terug in het zoogdierenbrein. Onze hersenen zijn, net als het immuunsysteem, een Darwin-machine. In vroeger dagen was men van mening dat de structuur van het brein als blauwdruk in het erfelijk materiaal lag opgeslagen. Deze visie bleek echter onhoudbaar toen men de complexiteit van de hersenen ontdekte. De menselijke neocortex heeft naar schatting 10^{15} synapsen. Synapsen zijn de contactpunten tussen neuronen, de hersencellen. Het menselijk genoom heeft te weinig opslagcapaciteit om al deze informatie te kunnen herbergen. In plaats van de structuur van het brein in het erfelijk materiaal vast te leggen, is het brein genetisch voorgeprogrammeerd om een grote en willekeurige variatie aan neurale en synaptische verbindingen te genereren. Dit gebeurt voornamelijk gedurende de eerste levensjaren van zoogdieren, maar er zijn aanwijzingen dat de overproductie ook op latere leeftijd voortduurt. Door de interactie tussen individu en omgeving worden sommige neurale verbindingen uitgeselecteerd en versterkt, terwijl de overige verdwijnen. De functionele afstemming komt dus niet tot stand door de *toevoeging* van nieuwe neuronen en verbindingen, maar door de overproductie en de daaropvolgende *eliminatie* ervan. Het is een darwiniaans selectieproces waarbij de stimuli uit de omgeving bepalen welke synapsen worden behouden.

Darwin-machines zijn geassembleerd door de cumulatieve selectie van genen, maar zij hebben gaandeweg eigen, en veel snellere, se-

lectieprocessen in zichzelf voortgebracht. De fylogenetische selectie van genen is vervangen door de veel snellere ontogenetische selectie van lymfocyten (in het immuunsysteem) en synaptische verbindingen (in het zoogdierenbrein). Dankzij hun snelheid en flexibiliteit kunnen Darwin-machines inspelen op veranderingen die de genetische evolutie niet kan detecteren. Met name de hersenen zijn hierbij onmisbaar. Gedurende de evolutie hebben sommige dieren complexe breinen ontwikkeld die een veel subtielere interactie met de omgeving mogelijk maken. Het gedragsrepertoire van deze dieren is niet meer geheel voorgeprogrammeerd omdat zij kunnen *leren* van de ervaringen die ze tijdens hun leven opdoen. De evolutie van het zoogdierenbrein resulteerde uiteindelijk in het ontstaan van wezens met complexe sociale verbanden, bewustzijn, taal en cultuur.

EVOLUTIE VAN WETENSCHAP

In het vorige hoofdstuk hebben we gezien dat de ontwikkeling van cultuur aan darwiniaanse principes gehoorzaamt. In het culturele domein zijn eenheden van evolutie echter niet langer genen, maar memen. Culturele evolutie is dus geen direct verlengstuk van biologische evolutie. De ontwikkeling van cultuur is niet rechtstreeks gekoppeld aan onze genetische fitness. Of iemand van Bach houdt of van de Beach Boys, en of hij liever pasta eet dan hutspot, maakt weinig uit voor zijn reproductiesucces. Of neem een speciaal onderdeel van onze cultuur: wetenschap en technologie. Verhogen wetenschap en technologie onze fitness? Voor een deel natuurlijk wel. Denk bijvoorbeeld aan de geneeskunde en de manier waarop onze huisvesting en voedselvoorziening is geoptimaliseerd. Maar een aanzienlijk deel van de moderne wetenschap heeft geen enkele invloed meer op onze reproductieve output. Wetenschappers krijgen ook niet méér, of gezondere, kinderen dan leken. Integendeel zelfs, want veel vooraanstaande wetenschappers zijn kinderloos gebleven. De wetenschap heeft zich van haar biologische wortels losgemaakt en houdt zichzelf in stand.

De directe koppeling tussen verworven kennis en genetische fitness is er wel ooit geweest. In prehistorische tijden was er een direct verband tussen biologische en culturele evolutie. In de loop der millennia is deze koppeling echter verdwenen: de ontwikkeling van kennis en wetenschap is een evolutionair proces op zichzelf gewor-

den. Cultuur en wetenschap zijn het resultaat van memetische evolutie. Maar er is ook een verschil: anders dan veel culturele memen zijn wetenschappelijke memen geen mentale virussen. Wetenschappelijke breinen zijn geen passieve dragers van zelfzuchtige ideeën, en een geleerde is niet slechts een hulpmiddel voor een bibliotheek om meer bibliotheken te maken. Wetenschap is dat deel van onze cultuur waar memen, in de gedaante van theorieën, doorgaans met zorg en op grond van goede redenen worden uitgeselecteerd.

Vlak voor zijn dood in 1994 publiceerde de bekende wetenschapsfilosoof Karl Popper een essaybundel met de titel: *Alles Leben ist Problemlösen*. Popper heeft gedurende zijn lange carrière telkenmale betoogd dat kennisverwerving een universeel biologische aangelegenheid is. Kennis ontstaat doordat organismen voortdurend problemen moeten oplossen. Het maakt dan eigenlijk niet zo heel veel uit of je een eencellig wezen bent, zoals een amoëbe, of dat je jezelf Einstein mag noemen. Overal wordt in feite dezelfde strategie toegepast: we worden de problemen de baas door steeds opnieuw potentiële oplossingen uit te proberen. Alle kennis ontstaat volgens Popper door *trial and error*. We overwinnen onze problemen met vallen en opstaan, om vervolgens weer met nieuwe problemen te worden geconfronteerd. Het enige verschil tussen de amoëbe en Einstein is dat de laatste zijn *theorieën* op het spel zet in plaats van zichzelf. Het *trial and error*-aspect van kennisverwerving is bij de mens verlegd naar het domein van de wetenschap waar mogelijke oplossingen voor onze problemen proefondervindelijk worden getoetst.

In zowel het biologische als het wetenschappelijke domein wordt kennis over de wereld stapje voor stapje bij elkaar gesprokkeld. In beide domeinen draait het om het overwinnen van problemen. Om een wetenschappelijk probleem op te lossen, worden er voortdurend speculatieve gissingen bedacht. Deze boude hypothesen worden vervolgens streng getoetst door observatie en experiment. De hypothese die de test het best doorstaat, verdient voorlopig onze voorkeur en wordt een aanvaarde theorie. Voorlopig, want de theorie zal ongetwijfeld een keer worden vervangen door een betere. Het principe van *survival of the fittest* gaat ook op voor de wetenschap: in een selectieproces worden ongeschikte theorieën geëlimineerd.

Volgens Popper komt de wetenschap vooruit door onwaarheid op te sporen. In plaats van het verificatieprincipe van de logisch positivis-

ten pleit Popper daarom voor het falsificatieprincipe. Alleen theorieën die in principe *weerlegbaar* zijn behoren tot de wetenschap. Een theorie die altijd 'gelijk' krijgt en met geen mogelijke ervaring in strijd is, behoort daarentegen tot de pseudo-wetenschap. Pseudo-wetenschappen, Popper noemt als voorbeelden de astrologie, de psychoanalyse van Freud en de marxistische geschiedenistheorie, doen zulke vage voorspellingen dat ze vrijwel altijd worden bevestigd. Het gevolg is dat zulke theorieën inhoudsloos zijn geworden. Ze steken hun nek niet uit. Kortom, een theorie moet kunnen botsen met de werkelijkheid, want anders is ze niet informatief.

Volgens Popper is het vinden van waarheid niet voor ons, feilbare wezens, weggelegd. We kunnen alleen *on*waarheid opsporen. Deze 'negatieve weg naar waarheid' maakt het volgens Popper tevens mogelijk om het inductieprobleem te omzeilen. Het inductieprobleem, zo zagen we op pagina 244-245, behelst de moeilijkheid dat we op basis van een eindig aantal gevallen niets met zekerheid kunnen zeggen over *alle* gevallen. Inductie gaat de oorspronkelijke kennis te buiten waardoor de conclusie onzeker wordt. Neem opnieuw de hypothese dat alle raven zwart zijn. De mogelijke waarheid van deze gissing is niet te achterhalen omdat we nooit alle raven kunnen controleren. Maar we kunnen wel haar *on*waarheid aantonen. Eén niet-zwarte raaf volstaat immers om de hypothese te weerléggen. We hebben dan een stap voorwaarts gemaakt, want we hebben weer een onjuiste gissing geëlimineerd.

Poppers wetenschapsfilosofie is sterk door de evolutiebiologie geïnspireerd. Ook in de wetenschap zien we het Universeel darwinisme aan het werk: kennis komt tot stand door middel van het algoritme van variatie, selectie en replicatie. De groei van kennis wordt gekenmerkt door het oplossen van problemen. Dit geldt voor biologische, maar ook voor wetenschappelijke evolutie. In beide vormen van evolutie wordt in feite dezelfde strategie toegepast: probeer steeds verschillende mogelijke oplossingen uit, selecteer datgene wat werkt, en geef dit vervolgens door aan volgende generaties. In het biologische domein leidt dit tot steeds verfijndere adaptaties, in het wetenschappelijke domein resulteert het in steeds verfijndere theorieën en technieken. In hoofdstuk 9 hebben we echter ook reeds een in het oog springend onderscheid aangestipt. Een belangrijk verschil tussen biologische en wetenschappelijke evolutie is immers dat aan het laatste proces intelligentie ten grondslag ligt.

DE DOELGERICHTHEID VAN WETENSCHAP

Niemand zal willen ontkennen dat biologische evolutie in belangrijke opzichten verschilt van wetenschappelijke evolutie. Het is echter de vraag of de verschillen groter zijn dan de overeenkomsten. In het vorige hoofdstuk hebben we reeds het derde element van het darwiniaanse algoritme, replicatie, besproken. De vereiste voor replicatie is dat er zorgvuldige kopieën worden gemaakt. In het cultureel-wetenschappelijke domein wordt aan deze voorwaarde voldaan. Culturele eenheden (memen) worden net als biologische eenheden (genen) gekopieerd zodat er causale afstammingsrelaties ontstaan. In beide domeinen vinden we dan ook dezelfde genealogische principes (zie p. 236). Maar hoe zit het met de overige twee elementen van het algoritme? In hoeverre zijn variatie en selectie in het biologische domein te vergelijken met variatie en selectie in het wetenschappelijke domein?

Laten we ons eerst concentreren op het eerste element: variatie. Critici van de evolutionaire epistemologie menen dat de analogie spaak loopt omdat wetenschappelijke variatie in tegenstelling tot biologische variatie *gericht* is. De genetische variatie die in het biologische domein wordt gegenereerd, is *random*, dat wil zeggen dat de variaties willekeurig zijn en niet anticiperen op de selectieve druk die een populatie van organismen ondervindt. De populatie kan slechts 'afwachten' tot een toevallig gunstige variatie door natuurlijke selectie wordt beloond. Wetenschappelijke variaties daarentegen worden doelbewust ontworpen: de hypothesen die wetenschappers bedenken, zijn erop gericht om problemen op te lossen. Een dergelijk gericht doel ontbreekt in de biologische evolutie: de variaties die in dit domein worden gegenereerd, zijn immers nergens voor 'bedoeld'.

De analogie lijkt dus inderdaad spaak te lopen, maar er is wellicht een andere betekenis van de term 'random' die wel degelijk op beide vormen van evolutie toepasbaar is. In zowel het biologische als het wetenschappelijke domein zijn de variaties namelijk random in de zin dat men nooit van tevoren weet welke variaties succesvol zullen zijn en welke niet. Het feit dat wetenschappelijke variaties doelbewust worden ontworpen is namelijk geen garantie voor succes. Als dat wel zo was, hadden we allang een effectief middel tegen kanker of de oplossing voor gecontroleerde kernfusie gevonden. Het gegeven dat hypothesen

bewust worden ontworpen, zegt daarom niets over de waarheid of betrouwbaarheid van deze hypothesen. Wetenschappelijke variaties zijn random in de zin dat we ze eerst moeten testen om te kijken of ze werken, en net zoals in het biologische domein zal blijken dat de meeste gissingen onbruikbaar zijn.

Wetenschappelijke variatie is *gericht*, maar deze gerichtheid impliceert niet dat men automatisch doel treft. Omgekeerd is het ook niet zo dat biologische variaties geheel *ongericht* zijn. Genetische variatie is niet geheel en al random omdat biologische evolutie alleen op bestaande structuren en bouwplannen kan voortborduren. Het repertoire aan mogelijke genetische variatie wordt ingeperkt door de aard en structuur van het genotype en de evolutionaire geschiedenis van de soort in kwestie. Iets soortgelijks zie we trouwens ook in het wetenschappelijke domein. Hier wordt het repertoire aan nieuwe ideeën, theorieën en technieken ingeperkt door het heersende wereldbeeld en de geschiedenis van de discipline in kwestie.

Van alle hypothesen die in de wetenschap worden opgeworpen, weet steeds maar een zeer klein aantal de toets der kritiek – voorlopig – te doorstaan. Om het kaf van het koren te scheiden, past men een zeefmechanisme toe, en dat brengt ons tot het tweede element van het evolutionaire algoritme: selectie. Opnieuw zal niemand willen bestrijden dat biologische en wetenschappelijke evolutie in dit opzicht van elkaar verschillen, maar men kan wellicht betogen dat de verschillen niet essentieel maar gradueel zijn. Op het eerste gezicht lijkt er sprake van een grote discrepantie: natuurlijke selectie is immers een blind en doelloos proces, terwijl de selectie van theorieën een intentioneel en rationeel proces is. De aanwezigheid van intentionele en rationele aspecten maakt wetenschap daarom efficiënter dan biologische evolutie, maar dit verschil moet ook weer niet worden overdreven want we hebben in beide gevallen nog steeds met de uitkomst van *selectie*-processen te maken. Het verschil is dat wij *bewust* selecteren en dat er in het biologische domein *niemand* bewust selecteert. Dit betekent echter niet dat wetenschappers de oplossingen altijd voor het uitkiezen hebben. Wetenschappelijke vooruitgang is niet het resultaat van een of andere mysterieuze vooruitziendheid, maar van een achteraf optredend correctiemechanisme.

Volgens David Hull is de wetenschap veel blinder dan men doorgaans denkt. De schijnbare efficiëntie en doelgerichtheid ontstaat uit-

sluitend door de retrospectieve vertekening die wij erin aanbrengen. Door zorgvuldig redigeren kan men wetenschap efficiënt en doelgericht doen *lijken*. Maar door de successen te benadrukken, vergeet men de vele mislukkingen en doodlopende wegen. Voor een realistisch beeld moeten we daarom de gehele wetenschap overzien en niet slechts de spaarzame successen. In de wetenschap leidt het meeste onderzoek nergens toe en van datgene dat wordt gepubliceerd, heeft het merendeel geen waarneembaar effect. Wetenschappers delen een gemeenschappelijk doel, maar hun specifieke doelen blijken vaak illusoir. Als we al deze mislukkingen negeren, is wetenschap inderdaad erg efficiënt en doelgericht, maar het werkelijke beeld is een stuk minder flatteus. Goede ideeën dienen zich niet vanzelf aan. Wetenschap is een moeizaam en verkwistend selectieproces: voor elk succesvol idee zijn honderd andere ideeën een stille dood gestorven.

DE NATURALISTISCHE DROGREDEN

Na alle omzwervingen kan nu de balans worden opgemaakt. We hebben gezien dat er een interessante parallel bestaat tussen biologische evolutie en de groei van wetenschappelijke kennis. De analogie blijkt twee kanten op te werken. We hebben eerst geconstateerd dat darwiniaanse evolutie als een kennisverwervend proces kan worden beschouwd, en nu blijkt omgekeerd dat de groei van wetenschappelijke kennis aan darwiniaanse principes gehoorzaamt. Alle kennisverwerving, zelfs in de brede betekenis, is het resultaat van cumulatieve selectie.

Er zit echter nog een addertje onder het gras. Traditionele epistemologen zullen wellicht opmerken dat de analogie tussen evolutie en kennisverwerving op zich interessant is, maar dat we er tegelijkertijd weinig mee opschieten. In de kennisleer gaat het immers om *normatieve* kwesties. De taak van de epistemoloog bestaat uit het formuleren van normen en criteria die aangeven waar een theorie aan moet voldoen en hoe wetenschappers te werk moeten gaan. Het feit dat wetenschap een selectieproces is, brengt ons dan niet veel verder, want een selectieproces *vooronderstelt* al de aanwezigheid van bepaalde criteria. Zonder dergelijke criteria weet men immers niet *wat* men moet selecteren. Criteria voor wetenschapsbeoefening kunnen daarom alleen door epistemologen en wetenschapsfilosofen worden geformuleerd.

Onderzoekers die menen dat we deze criteria uit de empirische wetenschap, zoals de evolutiebiologie, kunnen destilleren, maken zich schuldig aan een vermeende naturalistische drogreden.

We hebben gezien dat naturalisten zoals Quine menen dat de kennistheorie een onderdeel van de wetenschap is. Epistemologische vraagstukken kunnen slechts in samenspraak met de wetenschap worden opgelost. Traditionele epistemologen menen echter dat hier sprake is van een denkfout omdat je nooit normen uit feiten af kunt leiden. Je kunt de empirische wetenschap niet gebruiken om kennistheoretische kwesties op te lossen omdat de kennistheorie *voorafgaat* aan de wetenschap. Een evolutionaire epistemologie kan feiten beschrijven maar geen normen formuleren. De naturalistische drogreden wordt echter ontzenuwd wanneer we ons realiseren dat er niet zoiets bestaat als een eerste filosofie die voorafgaat aan de wetenschap. We kunnen niet op voorhand bepalen wat goede wetenschap is. In de wetenschapsfilosofie is het debat hierover nog altijd in volle gang en Popper heeft dan ook zeker niet het laatste woord gesproken. Zijn falsificationisme kent namelijk ten minste twee problemen. Ten eerste kan ook Popper het inductieprobleem niet omzeilen omdat het leren van fouten onvermijdelijk inductie vooronderstelt. En ten tweede blijkt de scheidslijn tussen wetenschap en pseudo-wetenschap lang niet zo scherp als Popper ons wil doen geloven.

We kunnen dus niet a priori bepalen wat goede wetenschap is. Om deze kwestie op te lossen, zijn logica en denkkraft zeker gewenst, maar lang niet voldoende. Ook de empirische wetenschap zelf is hier relevant omdat we kunnen leren van onze fouten en successen. De epistemologie geeft dus richtlijnen voor de wetenschap, maar omgekeerd geeft de wetenschap ook richtlijnen voor de epistemologie. Wetenschappelijke bevindingen kunnen ons zelfs dwingen om onze kennistheorie geheel te herzien. Een dergelijk terugkoppelingsmechanisme op methodologisch niveau maakt een 'diepere' fundering feitelijk onnodig. Het kiezen tussen rivaliserende methoden verschilt immers niet wezenlijk van het kiezen tussen rivaliserende theorieën. Een methode kan men, net als een theorie, afrekenen op haar empirische prestaties.

Empirische wetenschap is dus wel degelijk relevant voor de epistemologie. We kunnen er op een empirische manier achter komen hoe we de wereld het beste kunnen onderzoeken. Quine heeft daarom ge-

lijk: normatieve kwesties worden niet voorafgaand aan maar in samenspraak met de wetenschap opgelost. We kunnen zelfs een stap verder gaan. Een evolutionaire epistemologie stelt dat er ook op methodologisch niveau sprake is van een cumulatief selectieproces. Door *trial and error* kunnen we al doende verschillende methodologieën evalueren en verbeteren, inclusief de selectiecriteria die we daarbij hanteren. In een evolutionaire epistemologie zijn normen dus nog steeds aanwezig, alleen zijn ze niet langer eeuwig en onveranderlijk maar onderhevig aan voortdurende verandering.

Evolutie en religie

KAPELAAN VAN DE DUIVEL

In september 1842 verhuisde Darwin met zijn vrouw Emma en hun twee jonge kinderen van Londen naar Down, een klein dorpje in Kent ongeveer vijftientig kilometer ten zuiden van de hoofdstad. Even buiten het dorp had Darwin voor 2200 pond een fraai Engels landhuis met een grote tuin gekocht. In Down House zou het gezin in de daaropvolgende jaren gestaag groeien en Darwin vervolgde hier zijn geheime project: de verdere onderbouwing van zijn evolutietheorie. Van publiceren was vooralsnog geen sprake. Darwin meende dat hij zijn theorie eerst van voldoende overtuigend bewijsmateriaal moest voorzien en daarnaast vreesde hij het tumult dat ongetwijfeld zou losbarsten zodra hij zijn ideeën openbaar zou maken. Het was dus beter om voorlopig in alle stilte verder onderzoek te doen. Down House en de glooiende groene heuvels van Kent boden die noodzakelijke rust.

In oktober 1846 begon Darwin met zijn vergelijkende studie naar zeepokken. Deze zeedieren, in het Engels *barnacles* genaamd, behoren tot de orde der rankpotigen (Cirripedia). De diepgaande studie zou misschien meer licht kunnen werpen op de evolutie van deze organismen. Het scrupuleuze onderzoek nam maar liefst acht jaar in beslag. De zeepokken waren namelijk een dankbaar studieobject: er was nog niet veel over ze bekend, behalve het feit dat het geen weekdieren (Mollusca) zijn zoals mosselen en slakken, maar schaaldieren (Crustacea), verwant aan kreeften en krabben. In tegenstelling tot kreeften en krabben kunnen zeepokken zich echter niet vrij bewegen, maar zij zijn wel in staat zich vast te hechten aan schepen

en grote, bewegende zeedieren zoals walvissen. Darwin verzamelde zelf een enorme hoeveelheid Cirripedia, kreeg daarnaast uit alle delen van de wereld specimens toegestuurd en wist zelfs de collectie van het British Museum in zijn bezit te krijgen. Down House pulde uit van de rankpotigen. (In de veronderstelling dat alle volwassenen zulke dieren verzamelen en bestuderen, vroeg een van Darwins kinderen toen hij bij een vriendje speelde waar *zijn* vader zijn zeepokken bestudeerde: 'Where does your father do his barnacles?')

De studie naar rankpotigen versterkte Darwins overtuiging dat de evolutie wordt voortgedreven door natuurlijke selectie. De Cirripedia vertonen namelijk een grote soortenrijkdom en hebben zich aan zeer uiteenlopende milieus aangepast. Zelfs *binnen* een soort is de variatie groot. Gedurende de evolutie was het basisplan van deze dieren kennelijk steeds opnieuw gemodelleerd, waardoor de organismen zich aan nieuwe omstandigheden konden aanpassen. Daarnaast toonde de studie het belang van embryologisch bewijs aan, want hoewel volwassen exemplaren van de rankpotigen vaak aanzienlijk van elkaar verschillen, lijken de larvenstadia zo veel op elkaar dat de conclusie onontkoombaar lijkt dat ze van een gemeenschappelijke voorouder afstammen. Het onderzoek naar de zeepokken resulteerde uiteindelijk in twee dikke boeken die in 1851 en 1854 verschenen en waarin alle bekende rankpotigen zijn beschreven. De werken bevatten echter geen rechtstreekse verwijzing naar de evolutie. Het geheime project duurde dus onverminderd voort.

De betrekkelijke idylle in Down werd echter verstoord door een gebeurtenis die Darwin nooit meer geheel te boven zou komen. In 1850 werd Darwins negenjarige dochter Annie (Anne Elizabeth) ernstig ziek. De gezondheid van het meisje was al langer problematisch, maar tot dusver was de situatie nooit levensbedreigend geweest. In maart 1851 verslechterde Annies toestand echter zodanig dat Darwin haar naar het kuuroord Malvern in Worcestershire bracht. In de kliniek van Dr. James Gully had Darwin zelf zijn 'watertherapie' ondergaan (zie p. 30) en hij meende dat deze arts (volgens sommigen een kwakzalver) wellicht ook Annie kon helpen. Het lot besliste echter anders.

Op woensdag 23 april 1851 overleed Annie, net tien jaar oud geworden, in Malvern aan de gevolgen van wat Gully een 'tyfeuze koorts' noemde. Darwin had de laatste dagen onafgebroken aan

haar bed doorgebracht, terwijl Emma, hoogzwanger in Down, angstig de gebeurtenissen afwachtte. Annie was Darwins lievelingsdochter. Een week na haar dood schreef hij een hartverscheurend *In memoriam* waarin het 'wrede en bittere verlies' van het meisje wordt beweend. Het overlijden van Annie beroofde Darwin van zijn laatste restje geloof. In de voorgaande decennia was hij al steeds meer gaan twijfelen aan de dogma's van zijn anglicaanse opvoeding, maar de dood van Annie maakte een definitief einde aan alle religiositeit. Hij had het geloof in een goedaardige en zorgzame God verloren en zou nooit meer troost in de godsdienst zoeken. Annies dood was zinloos, een bruut feit van de doelloze natuur.

Darwin liep echter niet te koop met zijn afvalligheid: hij vermeed het onderwerp waar mogelijk, met name voor zijn vrouw Emma die diepgelovig was. Hij wilde haar niet kwetsen. Van de andere kant schrok Emma er ook niet voor terug om Darwins geschriften op dit punt te redigeren. In de oorspronkelijke versie van zijn autobiografie schrijft Darwin bijvoorbeeld: 'De constante inprenting van een geloof in God oefent een zeer sterke en wellicht erfelijke invloed uit op de nog onvolledig ontwikkelde hersenen van kinderen, en het zich bevrijden van het geloof in God is voor hen daarom even moeilijk als het voor een aap is zich te bevrijden van zijn instinctieve angst voor een slang.' Emma gruwde van deze passage en liet hem – na Darwins dood – uit nieuwe edities verwijderen. Emma putte troost uit de gedachte dat Annie in de hemel was en dat het gezin in het hiernamaals weer zou worden herenigd. Darwin kon dit niet langer geloven. Er was geen openbaring, hiernamaals of verlossing. Godsdienst was volstrekt zinloos.

Darwin, die in Cambridge een theologische graad had behaald en eigenlijk was voorbestemd om geestelijke te worden, werd na het overlijden van zijn dochter een 'kapelaan van de duivel'. In een brief uit 1856 aan zijn vriend de botanicus Joseph Hooker verwijst hij quasi-schertsend naar zijn eigen situatie: 'Wat een boek zou een kapelaan van de duivel kunnen schrijven over de lompe, verkwistende, blunderende, lage en verschrikkelijk wrede werken van de natuur.' Vier jaar later in een brief aan de botanicus Asa Gray is de toon onveranderd: 'Ik kan mezelf niet overtuigen dat een liefdevolle en almachtige God doelbewust de Ichneumonidae [sluipwespen, CB] heeft geschapen met de bewuste intentie dat zij levende rupsen van

binnenuit opeten, of dat een kat met muizen moet spelen.' Annies dood opende Darwin de ogen voor de wrede werkelijkheid: de natuur is niet goed of slecht, maar erger nog, afschuwelijk onverschillig. In een dergelijke wereld is God verpletterend afwezig.

AMERIKAANSE TOESTANDEN

De filosoof Friedrich Nietzsche meende dat God dood was (en dat wij hem hebben vermoord), Darwin toonde echter aan dat God nooit heeft bestaan. Aldus zou men de intellectuele erfenis van beide denkers klinkend samen kunnen vatten, ware het niet dat de stelling wellicht wat voorbarig is. Darwin maakte weliswaar korte metten met één van de belangrijkste godsbewijzen, het *argument from design*, maar dat wil niet zeggen dat evolutie en religie volstrekt incompatibel zijn geworden. Zelfs paus Johannes Paulus II stelde in 1996 dat de evolutietheorie niet in strijd is met de officiële katholieke geloofsleer. Biologen als Richard Dawkins en Ronald Plasterk menen echter dat je gek moet zijn om na Darwin nog in God te geloven. Anderen, zoals de bioloog Stephen J. Gould en de filosoof Michael Ruse, nemen een tussenpositie in. Zij stellen dat religie en evolutie niet met elkaar in conflict *kunnen* komen omdat ze over totaal verschillende dingen gaan. Hoe dienen we deze forse meningsverschillen te duiden?

Het debat over de vermeende incompatibiliteit van evolutie en religie was tot dusver voornamelijk een Amerikaanse aangelegenheid, maar recentelijk is de discussie ook in Nederland opgelaaid. In het voorjaar van 2005 ontstond er zelfs een heuse rel nadat onderwijsminister Maria van der Hoeven (CDA) opriep tot een dialoog tussen evolutiebiologen en gelovigen. De evolutietheorie was volgens de minister 'niet compleet' en het idee dat er een schepper achter het leven zit, achtte zij een volwaardig alternatief. Van der Hoeven verwees naar de ideeën van *Intelligent Design* (ID), een Amerikaanse stroming uit de jaren negentig van de twintigste eeuw die een intelligente ontwerper achter het leven op aarde vermoedt. Het land was even te klein: er werden kamervragen gesteld, de opiniepagina's van de kranten puilden uit van de veelal spottende commentaren ('Hou je bij je bijbelclub, Maria!') en de academici stonden op hun achterste benen omdat de politiek zich met de inhoud van de wetenschap be-

moeide. Niemand had zulke Amerikaanse toestanden in Nederland verwacht.

De emoties liepen zo hoog op omdat de scheiding tussen Kerk en Staat op het spel stond. Volgens critici was het levensgevaarlijk om ID af te schilderen als een *wetenschappelijk* alternatief voor de evolutietheorie. Een volgende stap zou immers zijn om de ID-leer in het onderwijsprogramma op te nemen. Van der Hoeven was een dwaallicht: zij wilde blijkbaar terug naar de donkere Middeleeuwen. Zelfs enkele hoogleraren aan de Vrije Universiteit in Amsterdam, van oudsher een protestants-christelijk bolwerk, schoot de oproep van de minister in het verkeerde keelgat. In het wetenschapkatern van *de Volkskrant* namen zij publiekelijk afstand van de ID-ideologie. Een biologiedocent aan dezelfde universiteit gaf enkele moslimstudenten een onvoldoende nadat ze een paper hadden ingeleverd waarin de evolutietheorie als een westerse dwaling werd afgedaan. De studenten hadden hun teksten van een fundamentalistische website geplukt. Een saillant detail in de hele controverser was dat de onderwijsminister met haar oproep tot debat vooral deze groep allochtone Nederlanders op het oog had: de ‘interculturele’ discussie over evolutie zou poldermoslims kunnen helpen de kloof tussen geloof en wetenschap te overbruggen. Via het opstapje van ID zouden ze makkelijker het walhalla van de moderniteit kunnen betreden.

Religie is bezig met een comeback, als ze al ooit is weg geweest. Ook in het heidense Nederland heeft het secularisme haar langste tijd gehad, al was het maar door de gestage toestroom van gelovige immigranten. Het debat over evolutie versus schepping, dat voorheen nauwelijks een rol speelde in Nederland, is hierdoor ook in de polder opgelaaid. De evolutietheorie wordt in toenemende mate als bedreigend ervaren omdat ze de dogma's van het geloof zou aantasten. Maar ook autochtone Nederlanders hebben een duit in het zakje gedaan. Zo brak de Delftse hoogleraar moleculaire biofysica Cees Dekker recentelijk een lans voor ID. Met enkele geloofsgenoten publiceerde hij een boek waarin het neo-darwinisme wordt bekritiseerd. Volgens Dekker wordt de evolutie gestuurd door een intelligente instantie, want biologische complexiteit kan niet door toeval ontstaan.

Omdat de ID-ideologie uit de Verenigde Staten is komen overwaaien, is het nuttig om wat dieper op de achtergrond en de ge-

schiedenis van de controverse in te gaan. De ogenschijnlijke botsing tussen evolutie en schepping heeft in de vs namelijk tot verhitte discussies en juridische steekspelen geleid die tot aan het Hoogge-rechtshof werden uitgevochten. Vooral de christelijke fundamentalisten in de zogeheten *Bible Belt*, het zuiden en middenwesten van de vs, was de evolutietheorie altijd al een doorn in het oog. Darwin zou de christelijke waarden ondermijnen en de jeugd aanzetten tot immoraliteit. Immers, als kinderen leren dat ze slechts dieren zijn, zullen ze zich ook als dieren gaan gedragen. Zonder God geen gebod.

Maar het zijn niet alleen de fundamentalisten die moeite hebben met de evolutietheorie. Uit een recente *Gallup Poll*, een algemene enquête, kwam een onthutsend beeld van de Amerikaanse publieke opinie naar voren. De geënquêteerden werd de volgende vraag gesteld: 'Kunt u aangeven welke van de onderstaande beweringen het dichtst bij uw eigen ideeën over de oorsprong en de ontwikkeling van de mens staat?'

- A) God schiep de mens min of meer in zijn huidige gedaante, ergens in de loop van de laatste tienduizend jaar.
- B) De mens heeft zich in de loop van miljoenen jaren ontwikkeld uit primitievere levensvormen.
- C) De mens heeft zich in de loop van miljoenen jaren ontwikkeld uit primitievere levensvormen, maar God heeft dit proces begeleid.

De uitkomst van de opiniepeiling sprak voor zich. Respectievelijk zesenveertig en veertig procent van de ondervraagden kon zich goed vinden in stellingen A en C, terwijl slechts negen procent het met stelling B eens was. Vijf procent had geen mening. Voor ingewijden was de uitkomst echter geen verrassing omdat de acceptatie van het darwinisme in de vs altijd al problematisch is geweest. Al bijna een eeuw lang wordt er strijd gevoerd over de vraag of de evolutietheorie op openbare scholen moet worden onderwezen. Zo werd in 1925 een docent in de staat Tennessee voor de rechter gedaagd omdat hij op een openbare school over de evolutie had verteld. De leraar, John Scopes, werd schuldig bevonden en veroordeeld tot het betalen van een boete van honderd dollar. De rechtszaak werd bekend als de 'Monkey Trial', verwijzend naar de gedachte dat de mens uit de aap is

voortgekomen (een gedachte die overigens onjuist is omdat de mens uit de aapmens is geëvolueerd). Het aapproces zou uitgroeien tot één van de meest geruchtmakende rechtszaken uit de Amerikaanse geschiedenis en werd in 1960 vereeuwigd in de Hollywoodfilm *Inherit the wind* met de acteurs Spencer Tracy en Frederic March. Hoewel John Scopes later wegens een vormfout in hoger beroep werd vrijgesproken, schiep het aapproces een belangrijk precedent. Voor de meeste Amerikanen was de evolutietheorie immers een perfide idee dat te vuur en te zwaard moest worden bestreden. In navolging van Tennessee werden er anti-evolutiewetten aangenomen in de staten Mississippi, Arkansas, Oklahoma en Florida. De evolutietheorie werd er op openbare scholen van het lesprogramma gehaald. In plaats daarvan kwam het vertrouwde scheppingsverhaal zoals dat in het bijbelboek *Genesis* is opgetekend: de aarde is niet ouder dan zesduizend jaar, alle wezens zijn in zes dagen door God geschapen, en de mens neemt een speciale positie in omdat hij naar gelijkenis van God is gecreëerd en de wereld in beheer heeft gekregen.

Pas in de jaren zestig begon het tij te keren. In 1968 stelde het hooggerechtshof dat de evolutietheorie niet langer mocht worden doodgezwegen en dat de jeugd er kennis van moest kunnen nemen. Het besluit werd mede ingegeven door de angst dat de Amerikaanse wetenschap achter liep vergeleken bij die in de Sovjet-Unie. De heidense Sovjets hadden immers klinkende successen behaald in de ruimtevaart en de vrees bestond dat de communisten de Amerikanen spoedig op technologisch en wetenschappelijk gebied zouden overvleugelen. De christelijke lobby liet het er echter niet bij zitten en startte een tegenoffensief: zij introduceerden *Creation Science*, een 'wetenschappelijke theorie' die er net zo veel recht op had om onderwezen te worden als de evolutietheorie. *Creation Science*, men raadt het al, volgt de letterlijke lezing van het scheppingsverhaal. Men bedenke hierbij dat niet het curriculum van de vakken maatschappijleer of wereldoriëntatie op het spel stond, maar dat van *science class*: natuurkunde, scheikunde en biologie. De creationisten wilden dat in deze vakken zowel de evolutietheorie als het scheppingsverhaal op het programma kwam te staan. De leerlingen moesten zelf kunnen uitmaken welke theorie het meest plausibel is.

De creationisten haalden echter bakzeil: in 1982 bepaalde een rechter in de staat Arkansas dat *Creation Science* geen echte weten-

schap is, maar een manier om de christelijke religie te promoten. Creationisten doen geen onderzoek maar verkondigen een niet-toetsbare ideologie. *Creation Science* hoort daarom niet in het biologieonderwijs thuis. Daarnaast groeide onder sommige aanhangers van de ideologie het inzicht dat de bijbel niet altijd even letterlijk kon worden genomen. De beweging viel hierdoor uiteen in twee kampen: de rekkelijken en de preciezen. Sommige verstokte creationisten bleven volhouden dat fossielen door God in de grond zijn gestopt om ons geloof op de proef te stellen, maar anderen erkenden dat de aarde ouder is dan zesduizend jaar en dat Noachs ark eenvoudig te klein was om alle bestaande soorten organismen te kunnen herbergen. Heeft er dan wellicht toch evolutie plaatsgevonden?

Sinds de jaren negentig heeft de machtige Amerikaanse christelijke lobby zich in een nieuw gewaad gehuld: het eerder genoemde *Intelligent Design*. Anders dan de creationisten beroepen de aanhangers van ID zich niet langer (letterlijk) op de bijbel. ID'ers erkennen de wetenschappelijke feiten, maar ze menen dat de evolutietheorie niet het hele verhaal vertelt. ID beaamt dat huidige levensvormen uit eerdere wezens zijn voortgekomen, maar bestrijdt dat de darwiniaanse verklaring hiervoor correct is. Aan de evolutie ligt namelijk geen blind selectieproces ten grondslag, maar een intelligente oorzaak: de evolutie wordt gestuurd door een goddelijke hand. ID kan men dus als een afgeslankte vorm van *Creation Science* beschouwen: creationisme-*light*.

WAT IS ER MIS MET INTELLIGENT DESIGN?

ID is op het eerste gezicht een aantrekkelijk alternatief voor gelovigen die een afkeer hebben van atheïsme, maar tevens het al te simpele creationisme verafschuwen. ID biedt het beste van twee werelden door God en de evolutie met elkaar te verzoenen. De synthese is volgens ID'ers onontkoombaar zodra men inziet dat de gangbare neo-darwiniaanse verklaring omtrent evolutie hopeloos tekortschiet. In 1996 verscheen het boek *Darwin's black box* van de biochemicus Michael Behe waarin deze tekortkomingen aan de kaak worden gesteld. Behe geeft enkele voorbeelden van biologische fenomenen die hij 'onherleidbaar complex' acht, zoals de bloedstolling, het immuunsysteem en zweefpharen van bacteriën (een zweep-

haar, of *flagellum*, is een soort propeller waarmee bacteriën zich voortbewegen). Zo'n onherleidbare complexiteit kan volgens Behe nooit stapsgewijs zijn geëvolueerd, want als er één element uit het systeem wordt weggehaald, werkt het niet meer. Een tussenstadium kan dan ook nooit evolutionair voordeel hebben opgeleverd. Het samspel van moleculen, genen, eiwitten en cellen in levende wezens is zo complex dat de conclusie moet luiden dat er een intelligent ontwerp aan ten grondslag ligt. Behe laat tot op zekere hoogte evolutie toe, maar het basisontwerp van het leven is volgens hem van boven-natuurlijke aard. De evolutie is door een goddelijke intelligentie in de juiste banen geleid.

De oplettenlezer zal niet zijn ontgaan dat id'ers het aloude *argument from design* weer van stal hebben gehaald: de gedachte dat elk complex ontwerp een intelligente ontwerper veronderstelt. Dit argument, dat reeds in de negentiende eeuw door William Paley werd gehanteerd, wordt telkens opnieuw uit de mottenballen gehaald door diegenen die de wetenschappelijke status van de evolutietheorie ter discussie stellen (zie p. 15). Tegenstanders van het darwinisme kwamen in het verleden altijd met het voorbeeld van het oog. De bouw en werking van dit orgaan zou zo complex zijn dat het onmogelijk stapsgewijs en door een natuurlijk proces kan zijn ontstaan. Door onder meer gebruik te maken van computersimulaties heeft de moderne biologie echter aangetoond dat het oog wel degelijk in kleine stapjes is geëvolueerd. Bovendien is duidelijk geworden dat de tussenstadia evolutionair voordeel moeten hebben opgeleverd omdat elk procent meer zicht op een risicovolle wereld mooi meegenomen is. Doorslaggevend was echter de ontdekking dat al deze tussenstadia nog steeds aanwezig zijn in verschillende soorten organismen, variërend van pigmentcellen en lichtreceptoren in ongewervelden tot en met de verschillende typen 'volwaardige' ogen van gewervelden, geleedpotigen en weekdieren. Sindsdien nemen de anti-darwinisten het voorbeeld van het oog wijselijk niet meer in de mond. In plaats daarvan komen ze, zoals Behe, met nieuwe voorbeelden van 'onherleidbare complexiteit' die de tekortkomingen van de evolutietheorie zouden aantonen.

Michael Shermer, directeur van de *Skeptics Society* en columnist van *Scientific American*, heeft de poging om religie en wetenschap met elkaar te verzoenen toepasselijk 'De God van de gaten' (*The*

God of the gaps) genoemd. De strategie van ID bestaat er immers in zwakke plekken en hiaten in de wetenschap op te sporen en deze leemtes op te vullen met een God, een intelligente instantie, of een bovennatuurlijk organiserend principe. Een probleem voor ID is dat met het voortschrijden van de wetenschap de bestaande gaten zullen worden gedicht terwijl er elders nieuwe bijkomen. ID'ers zullen dan steeds achter de feiten aan moeten hollen. Daarnaast lijdt ID aan een ernstiger euvel: kennistheoretisch gezien is een beroep op een bovennatuurlijke instantie om de lacunes in de wetenschap op te vullen volstrekt ad hoc, omdat de geboden 'verklaring' geen enkele nieuwe toetsbare hypothese oplevert. Sterker nog, de geboden verklaring roept veel *meer* vragen op dan ze beantwoordt. Gaten vullen met niets-verklarende hulphypothesen is een typisch kenmerk van de pseudo-wetenschap. ID is creationisme in schaapskleren.

De aanhangers van ID boekten in augustus 2004 niettemin een belangrijk succes: er verscheen een ID-artikel in het tijdschrift *Proceedings of the Biological Society of Washington*. Het eerste *peer-reviewed* artikel over ID was een feit. Niet zozeer de publicatie zelf was belangrijk, maar het feit dat het artikel door een heus biologisch vaktijdschrift was geaccepteerd. *Peer review* houdt immers in dat een artikel pas verschijnt nadat het door vakgenoten is goedgekeurd. *Peer review* verschaft wetenschappelijke legitimiteit. In toekomstige rechtszaken over het onderwijscurriculum zouden de ID'ers met deze wetenschappelijke status kunnen schermen: ID doet niet onder voor de evolutietheorie! Wakkere biologen die het tijdschrift onder ogen was gekomen, trokken daarom onmiddellijk aan de bel en spuiden hun verontwaardiging. Het bestuur van de *Proceedings* zag zich daarop genoodzaakt in te grijpen en het artikel werd alsnog ongeschikt bevonden voor publicatie. De dienstdoende redacteur had een 'ernstige beoordelingsfout' gemaakt, aldus de voorzitter Roy McDiarmid. Verder beloofde hij dat de redactionele richtlijnen zouden worden aangescherpt en dat het onderwerp ID niet meer in het tijdschrift zou verschijnen. Het is echter de vraag of deze maatregelen niet een averechtse uitwerking hebben, want ID'ers zullen nu immers wijzen op het 'dogmatische karakter' van het neo-darwinisme dat andersdenkenden als ketters brandmerkt. Evolutie als seculier geloof.

In het controversiële artikel betoogt de wetenschapsfilosoof Stephen Meyer dat er het nodige mis is met de evolutietheorie. Zo zou

gangbare neo-darwinistische theorie de cambrische explosie niet kunnen verklaren. De cambrische explosie verwijst naar de – naar geologische maatstaven – plotselinge uitwaaiëring van meerdelig dierlijk leven in de oceanen, ongeveer 530 miljoen jaar geleden. Binnen een tijdsbestek van enkele miljoenen jaren ontstonden toen alle nu bekende blauwdrukken van dierlijk leven. Er bestaat inderdaad nog veel onduidelijkheid over deze belangrijke evolutionaire gebeurtenis, maar er zijn wel aanknopingspunten. Eén verklaring luidt dat meercellige dieren pas konden ontstaan nadat fotosynthetiserende bacteriën en algen voldoende vrije zuurstof in de oceanen hadden gepompt. Meerdelig leven is namelijk sterk afhankelijk van dit betrekkelijk zeldzame gas. Een andere verklaring voor de cambrische explosie stelt dat een genetische innovatie de evolutie in een stroomversnelling heeft gebracht. Tijdens het Cambrium ontstonden namelijk de elementaire regelgenen (zoals Hox-genen), die de embryonale ontwikkeling van organismen aansturen. Kleine, willekeurige mutaties in zulke genen leverden geheel nieuwe ontwerpen op (zie p. 80-81). Bovendien moet men bedenken dat de ecologische nissen in de cambrische oceanen voor het oprapen lagen. Het leven kon naar alle kanten uitzwermen omdat de rollen nog niet waren verdeeld. Hedendaagse biologen en paleontologen menen dat de combinatie van voornoemde factoren waarschijnlijk aan de cambrische explosie ten grondslag heeft gelegen. De verwachting is dat ook dit 'gat' te zijner tijd wordt gedicht. Aan Meyer zijn zulke hypothesen echter niet besteed. De plotselinge toename van biologisch complexe informatie is volgens hem enkel door een daad van intelligent ontwerp te verklaren.

WIE IS ER BANG VOOR MACRO-EVOLUTIE?

De verdedigers van ID hebben de afgelopen jaren meer 'lacunes' in de evolutietheorie aangewezen. Verwant aan de argumentatie van Meyer is bijvoorbeeld de kritiek dat er weliswaar micro-evolutie plaatsvindt, dat wil zeggen dat de genetische opmaak van een populatie geleidelijk kan veranderen, maar dat macro-evolutie, het ontstaan van geheel *nieuwe* soorten levensvormen, nimmer is aangetoond. Niemand heeft ooit een nieuwe soort zien ontstaan. Op zich is deze constatering juist, maar men zou er aan toe willen voegen dat

ook niemand ooit bergen heeft zien ontstaan. Zijn bergen daarom door een intelligent opperwezen geschapen, of zijn ze toch het resultaat van geleidelijke en natuurlijke processen?

In de negentiende eeuw leidde deze kwestie tot een botsing tussen twee geologische scholen, het catastrofisme en het uniformitarisme. De eerste school meende dat het aardoppervlak plotseling en door goddelijk ingrijpen was gevormd, de tweede pleitte voor geleidelijke, natuurlijke processen. In tegenstelling tot de eerste verklaring is de tweede, die van Darwins goede vriend Charles Lyell, een uiterst vruchtbaar onderzoeksprogramma gebleken (zie p. 23).

De eerste generatie creationisten was uiterst consequent: zij geloofden niet in geologie en plaattektoniek, het schuiven en botsen van aardplaten. Hedendaagse ID'ers zullen zover niet gaan, want zij erkennen de ouderdom van de aarde en de natuurlijke processen die tot gebergtevorming leiden. Maar ten aanzien van biologische soortvorming tonen ID'ers weer hun bekende troef: het ontstaan van nieuwe soorten kan slechts door bovennatuurlijk ingrijpen geschieden. Blijkbaar heeft God een deeltijdbaan. ID'ers weigeren te accepteren dat kleine biologische veranderingen op de lange termijn grote gevolgen kunnen hebben. Macro-evolutie gebeurt doorgaans veel te traag om door mensen opgemerkt te kunnen worden. Maar evolutie is niet onzichtbaar. Eerder hebben we reeds het voorbeeld van bacteriën en virussen genoemd die resistentie tegen onze medicijnen ontwikkelen. Dergelijke micro-organismen reproduceren zich zeer snel en evolueren voortdurend tot nieuwe stammen, waardoor de farmaceutische industrie ze niet kan bijbenen.

De hoge replicatiesnelheid van bacteriën heeft echter ook voordelen. De bioloog Richard Lenski, hoogleraar aan de Michigan State University, kwam er door op het lumineuze idee om de evolutie in zijn laboratorium te brengen. Hij werd zo de grondlegger van een heel nieuw onderzoeksprogramma: experimentele evolutie. Lenski koos de darmbacterie *Escherichia coli* en stopte enkele stammen in erlenmeyers. In deze flessen beschikten de bacteriën over de vereiste voedingsstoffen, alleen één energiebron, glucose, werd hen slechts mondjesmaat toegediend. Het experiment begon in 1988 en nu, tweeëndertigduizend generaties later, blijken de bacteriën zich uitstekend te hebben aangepast aan de glucose-arme omgeving. Sterker nog, de stammen verbeteren zich in dit opzicht nog steeds. Er is wel-

is waar nog geen echte soortvorming in het lab geconstateerd, maar de verwachting is dat dit binnen afzienbare tijd zal gebeuren. Tot op heden heeft Lenski echter geen ID in zijn erlenmeyers aangetroffen.

We hebben het lab van Lenski overigens niet echt nodig, want er zijn aanwijzingen voor macro-evolutie te over. Deze aanwijzingen zijn lastig te rijmen met het idee dat elke nieuwe soort eerst door een intelligent wezen op de tekentafel is uitgedacht. De evolutie lijkt meer op een domme knutselaar die voortdurend en zonder na te denken met bestaande onderdelen van organismen fröbelt. De knutselaar probeert maar wat uit door de onderdelen lukraak in elkaar te passen. Soms leidt zo'n nieuwe combinatie tot een verbetering vergeleken met eerdere ontwerpen. Zulke combinaties zullen dan in aantal toenemen.

Bovendien laat het fossielenbestand overgangsvormen zien. De evolutie verloopt dus geleidelijk en zij varieert op bestaande thema's. Veel organismen bezitten daarom ook rudimentaire onderdelen die ooit functioneel waren maar nu overbodig zijn geworden, hetgeen wederom niet duidt op een intelligent ontwerp. Een mooi voorbeeld is de evolutie van walvissen. Deze zeezoogdieren zijn geëvolueerd uit coyoteachtige landzoogdieren die zestig miljoen jaar geleden leefden. Fossielen tonen aan dat vroege walvissen nog achterpoten bezaten die gaandeweg steeds kleiner werden en uiteindelijk vrijwel geheel zijn verdwenen (de Groenlandse walvis bezit nog steeds een klein rudimentair bekken met overblijfselen van achterpoten). De voorpoten van oerwalvissen zijn daarentegen niet verdwenen maar evolueerden tot vinnen waarvan de beenderen nog steeds het vijfvingerige schema van landzoogdieren vertonen. De viervoetige erfenis verradt zich bij moderne walvissen en dolfijnen ook nog op een andere manier. Zij bewegen zich namelijk niet in het water voort door hun lichaam en staart van links naar rechts te bewegen zoals vissen, maar op en neer zoals viervoetige zoogdieren die op het land rennen.

Ten slotte is er ook nog een enorme hoeveelheid genetisch bewijs dat soorten zich geleidelijk uit eerdere levensvormen ontwikkelen. Een voorbeeld is het uitzwermen van cichlidensoorten in het Victoriameer. Genetisch onderzoek toont aan dat de honderden soorten in het luttele tijdsbestek van twaalfduizend jaar zijn ontstaan (zie p. 72). Kortom, overal vinden we bewijzen voor macro-evolutie,

maar de suggestie dat deze evolutie door een intelligent plan wordt aangestuurd, is vanuit geen enkele hoek bevestigd.

TOEVAL EN STUPID DESIGN

Eerder werd reeds aangestipt dat de aanhangers van ID het *argument from design* weer van stal hebben gehaald om het neo-darwinisme te ondergraven. Helaas deinzen zij er daarbij niet voor terug om een karikaturaal beeld van de evolutietheorie te schetsen. Het meest gehoorde bezwaar dat in vrijwel alle ID-geschriften wordt opgedist, luidt namelijk dat organische complexiteit niet door *toeval* kan ontstaan. Ogen, vleugels, het immuunsysteem, bloedstolling, zweefharen en talloze andere biologische fenomenen zijn veel te complex om door willekeurige mutaties te zijn voortgebracht. De evolutietheorie schiet daarom hopeloos tekort want, opnieuw, elk complex ontwerp vooronderstelt een intelligente ontwerper, net zoals een horloge een horlogemaker impliceert. Horloges ontstaan immers niet vanzelf: er is nog nooit een uurwerk door toevallige, blinde krachten geassembleerd. Vergelijk het opnieuw met de tornado die door een dumpplaats van vliegtuigonderdelen raast. Hoe groot is de kans dat de wervelwind door toeval een luchtwaardig vliegtuig in elkaar zet? Of zet een aap achter een tekstverwerker: hoe groot is de kans dat hij door willekeurige aanslagen een toneelstuk van Shakespeare te voorschijn tovert? Welnu, wat voor horloges, vliegtuigen en toneelstukken geldt, geldt des te meer voor de biologische fenomenen die we hierboven hebben genoemd: ze kunnen nooit door toeval zijn ontstaan. Ergo, het 'gat' in de evolutietheorie moet worden opgevuld met een goddelijke ontwerper, iemand die het allemaal heeft uitgedacht.

Het is jammer dat het debat over evolutie en religie, een discussie die niet per se onzinnig is, wordt vertroebeld door een onjuiste weergave van de feiten. Door puur toeval kunnen inderdaad geen complexe biologische adaptaties zoals ogen, vleugels en het immuunsysteem ontstaan. Evolutie is echter geen toeval. Evolutie is weliswaar blind en zonder doel, maar geen willekeur. Biologische adaptaties ontstaan door het darwiniaanse algoritme van variatie, selectie en replicatie (zie p. 42-43). Alleen het eerste element van deze formule – variatie – kent een toevalsfactor. Genetische variatie

ontstaat door willekeurige veranderingen in het erfelijk materiaal, dat wil zeggen door mutaties en genetische recombinatie. Deze variatie is *random* in de zin dat ze niet anticipeert op de selectieve druk die een populatie ondervindt. Een populatie kan daarom slechts 'afwachten' totdat zich een toevallig gunstige variatie aandient. Het tweede element van het algoritme, natuurlijke selectie, is echter per definitie *non-random*. Natuurlijke selectie behelst het proces dat bezitters van gunstige genencombinaties gemiddeld *meer* nakomelingen produceren dan bezitters van minder gunstige combinaties. Het is daarom *geen* toeval dat organismen die het best aan hun omgeving zijn aangepast ook de grootste kans hebben te overleven en zich te reproduceren. Verschillen in voortplantingssucces (*fitness*) zijn niet willekeurig. Evolutie is geen loterij. Het derde ingrediënt van het darwiniaanse recept, replicatie, maakt van evolutie een *cumulatief* selectieproces omdat de output van elke selectieronde weer als input dient voor de volgende ronde. Alleen een dergelijk cumulatief zeefmechanisme is in staat om complexe adaptaties te genereren. In de loop van duizenden generaties zullen gunstige genencombinaties zich opstapelen waardoor de evolutie een richting krijgt. De eigenschappen van de omgeving spelen hierbij een belangrijke rol. Door cumulatieve selectie zal een populatie zich aan deze eigenschappen weten aan te passen waardoor een verfijnde afstemming tussen organisme en omgeving ontstaat.

Evolutie is dus allesbehalve toeval. Om terug te komen op de aap achter de tekstverwerker. Als je aan de tekstverwerker een cumulatief zeefmechanisme toevoegt dat de juiste letters, spaties en leestekens van een van de toneelstukken van Shakespeare verzamelt (in de juiste volgorde), kan de aap met willekeurige aanslagen een heel eind komen.

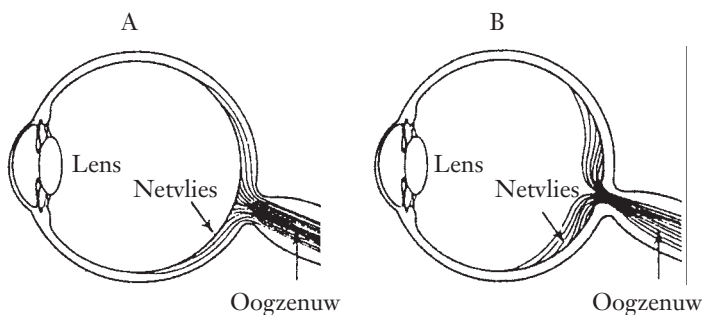
Het darwiniaanse algoritme is een probleemoplossende formule. Het fenomeen van 'convergentie' laat bijvoorbeeld zien dat de evolutie via verschillende routes tot dezelfde oplossing kan komen. Zo zijn ogen en vleugels vele malen onafhankelijk van elkaar geëvolueerd in totaal verschillende diergroepen. De doelmatigheid en doelgerichtheid (teleologie) die id'ers in de levende natuur ontwaren, verraden geen intelligent ontwerp. De doelgerichtheid is het resultaat van cumulatieve selectie. Adaptaties hebben een functie, maar de teleologie is er niet van buitenaf door een intelligentie ingelegd.

In de evolutiebiologie spreekt men tegenwoordig over ‘teleonomie’. Teleonomische processen ontlelen hun doelgerichtheid aan de werking van een inwendig genetisch programma, een programma dat op haar beurt door cumulatieve selectie bijeen is gesprokkeld.

Het feit dat de evolutie kan worden vergeleken met een domme die zonder vooropgezet plan te werk gaat, betekent dat we in de natuur het nodige broddelwerk zullen aantreffen. We hebben al het voorbeeld van de rudimentaire organen en ledematen genoemd. Als levende wezens door een goddelijke ingenieur waren ontworpen, zouden ze nooit zulke overbodige onderdelen bezitten. Vergelijk het met een hedendaagse computerfabrikant die nog steeds buizen en transistors in zijn producten stopt en de apparaten van allerlei lampjes en schakelaars voorziet die nergens voor dienen. Een dergelijke ondernemer kan zijn nering snel sluiten. Maar in de natuur wemelt het van zulke ontwerpfouten.

Evolutiebiologen spreken dan ook niet over *Intelligent Design* maar over *Stupid Design* (SD). Aanwijzingen voor SD zijn er te over. Een aardig voorbeeld is het menselijke oog. De ogen van de mens en andere gewervelde dieren zijn zeer vernuftige instrumenten, maar het ontwerp bevat ook een paar merkwaardige gebreken. De zenuwvezels van de staafjes en kegeltjes in het netvlies lopen namelijk niet rechtstreeks naar achteren het brein in maar naar voren in de oogbol. In de oogbol komen de zenuwvezels samen in een bundel, de gezichts-zenuw, die vervolgens weer via een gat in het netvlies terug naar de hersenen voert. De zenuwknoop, en de bloedvaten erin, nemen licht weg en daar waar de optische zenuw door het netvlies kruipt, is het oog zelfs blind, de zogeheten blinde vlek. Het netvlies in onze ogen zit er verkeerd om in! Gelukkig hebben we weinig last van deze merkwaardige constructie omdat ons brein de beelden van beide ogen combineert waardoor de blinde vlekken elkaar neutraliseren. Het was echter veel slimmer geweest om het oog van gewervelden meteen goed te ontwerpen, zoals het inktvissen oog, zodat er niet achteraf geknutseld hoeft te worden om het ontwerp functioneel te houden (afb. 11.1).

Er zijn meer voorbeelden van SD te noemen. Zo zijn onze ruggengraat en ons bekken eigenlijk niet geschikt voor het rechtop op twee benen lopen. Het is een ontwerp dat is beproefd bij viervoeters maar niet bij ons. Bij de mens leidt de viervoetige erfenis tot allerlei ver-



Afbeelding 11.1: Het menselijk oog zoals dat had moeten zijn, met een inktvisachtige bouw van het netvlies (A), het menselijk oog zoals dat er nu uitziet, met zenuwen en vaten die over de binnenkant van het netvlies lopen (B).

velende rugklachten. Het bekken van de vrouw vertoont nog meer gebreken. Het moest gedurende de evolutie flink worden verbreed om een groot geboortekanaal mogelijk te maken. Een dergelijk kanaal was nodig omdat mensenbaby's steeds grotere breinen kregen. De verbreding van het bekken is echter aan limieten onderhevig: een verdere verwijding zou het lopen op twee benen bemoeilijken. Dit heeft weer tot gevolg dat baby's voor de bevalling eerst negentig graden moeten roteren zodat hun hoofd naar beneden wijst. De belabberde constructie resulteert vaak in gevaarlijke geboortecomplikaties die gemakkelijk verholpen hadden kunnen worden als er eerst over het ontwerp was nagedacht.

DE STRIJD DER MAGISTERIA

Al met al blijkt ID niet zo'n goede manier om evolutie en religie met elkaar te verzoenen. Er zijn geen aanwijzingen voor intelligent ontwerp. We schieten er dan ook niets mee op wanneer we de gaten in de evolutietheorie opvullen met bovennatuurlijke verklaringen: een dergelijke strategie levert geen toetsbare hypothesen op. Het bovennatuurlijke onttrekt zich immers per definitie aan wetenschappelijk onderzoek. ID roept daarom meer vragen op dan het beantwoordt.

De evolutiebioloog Dawkins trekt hieruit de conclusie dat evo-

lutie en religie elkaar uitsluiten: het is het één of het ander, maar niet allebei. En aangezien het bewijs voor evolutie overweldigend is en religie slechts een geloofsartikel, zal de laatste moeten wijken. Dawkins is een overtuigd atheïst en hij heeft een uitgesproken hekel aan alles wat naar godsdienst zweemt. Volgens Dawkins zijn er namelijk goede en slechte redenen om iets te geloven. Goede redenen zijn redenen die zijn gebaseerd op de wetenschappelijke methode: voorspelling, toetsing en empirisch bewijs. Dankzij deze methode is onze kennis de afgelopen eeuwen spectaculair gegroeid en hebben we ons van allerlei soorten bijgeloof kunnen bevrijden. Slechte redenen om iets te geloven zijn redenen die zijn gebaseerd op traditie, autoriteit en vermeende openbaring. Deze redenen zijn kenmerkend voor religie. Godsdienst is volgens Dawkins een uit de hand gelopen verzinzel dat door geen enkel empirisch feit wordt ondersteund. Religie weet zich desondanks te handhaven want mensen geloven nu eenmaal graag wat hun voorouders ook al eeuwenlang geloofden. Een beroep op dogma's en autoriteiten aan wie de waarheid van het geloofstelsel is geopenbaard, doet de rest.

Dawkins, zo hebben we in hoofdstuk 9 gezien, ziet religie als een gevaarlijk mentaal virus, een meem, dat steeds nieuwe generaties mensen weet te infecteren. Godsdienstmemen zijn namelijk maar op één ding uit: zelfreplicatie. Ze planten zich voort door van brein tot brein te springen en sporen hun gastheren aan nieuwe gastheren te winnen. Het maakt zulke meemplexen potentieel onsterfelijk. Elke nieuwe generatie is weer een gewillig slachtoffer van hun ongebreidelde replicatiedrift. Kinderen zijn nu eenmaal geneigd te geloven wat volwassenen hun vertellen, ook als deze ideeën onwaar, dwaas of ronduit slecht zijn. Het inprenten van godsdienst bij jonge kinderen is welbeschouwd een hersenspoeling waar alleen de religiememen zelf bij zijn gediend. Zij varen er immers wel bij terwijl hun gastheren tot gewillige vehikels worden omgevormd.

Volgens Dawkins uit de dwaasheid van religie zich verder in het feit dat de dogma's van de verschillende geloofstelsels vaak in strijd met elkaar zijn, terwijl elk stelsel toch de waarheid claimt. Iemand uit een ander stelsel wordt dan aangemerkt als een onwetende of een ongelovige, hetgeen weer tot botsingen en religieus geïnspireerd geweld zal leiden. Helaas kan de superioriteit van het ene stelsel boven het andere nooit worden aangetoond omdat de overtuigingen niet

op toetsbare redenen zijn gebaseerd. Religie is daarom de natuurlijke vijand van de wetenschap. In dit conflict heeft de wetenschap de religie steeds verder terug weten te dringen, met dank aan Copernicus, Galilei en Darwin, maar religieus obscurantisme blijft een gevaar zolang mensen traditie, autoriteit en openbaring hoger inschatten dan vrij onderzoek en empirisch bewijs. Kortom, godsdienst is een regelrechte belediging voor het gezonde verstand.

De evolutiebioloog Gould is echter een geheel andere mening toegedaan. Dawkins en Gould zijn elkaars tegenpolen, niet alleen binnen hun vakgebied van de evolutiebiologie maar ook daarbuiten. Gould, die in 2002 overleed, was een agnosticus maar hij betoont in zijn boeken en essays respect voor religie. Ook zong hij in een kerkkoor, iets wat we Dawkins niet gauw zullen zien doen. Gould stelt dat wetenschap en religie niet met elkaar in conflict *kunnen* komen omdat ze over totaal verschillende dingen gaan. Wetenschap bestudeert de empirische feiten in de natuurlijke wereld, terwijl religie met menselijke doelen, betekenis en morele waarden is gemoeid. *Science tells us how the heavens go, religion how to go to heaven*. Wetenschap en religie kunnen daarom niet over elkaars onderwerp oordelen. De wetenschap bemoeit zich niet met de godsdienst en de godsdienst moet zich niet met de wetenschap bemoeien.

Gould ziet wetenschap en religie als twee verschillende *magisteria*. Een magisterium is een domein van onderzoek en onderwijs waar een bepaald discours wordt gehanteerd. Aangezien wetenschap en religie verschillende discourses hanteren, kunnen we volgens Gould spreken over twee ‘Niet-Overlappende Magisteria’, of kortweg NOMA. Het concept van NOMA is geen diplomatieke oplossing maar een principiële boedelscheiding tussen twee werelden. De twee denksferen zijn beide legitiem, alleen moeten ze zich niet met elkaars discours inlaten. Ook de filosoof Ruse is een dergelijke mening toegedaan. Hij meent dat religie en wetenschap elkaar aanvullen en versterken in plaats van tegenspreken. De twee denksferen zijn complementair en in staat tot vreedzame coëxistentie. Volgens Ruse kan een darwinist dus welzeker een christen zijn, of omgekeerd.

De visie van Gould en Ruse is echter twijfelachtig en aanvechtbaar. Hun verzoenende houding jegens religie is bovendien opmerkelijk omdat beide wetenschappers als expert optraden tijdens de eerder genoemde rechtszaak over *equal-time* in 1982 in Arkansas

waarbij de creationisten eisten dat men in de biologies aan schepping en evolutie evenveel tijd zou besteden. Zowel Gould als Ruse bestempelden *Creation Science* destijds als pseudo-wetenschap, een oordeel dat de rechter overnam. Zij weten dus dat de moderne wetenschap in het algemeen en de evolutietheorie in het bijzonder onverzoenbaar is met een *letterlijke* lezing van religieuze leerstellingen. Men kan immers niet tegelijkertijd in het scheppingsverhaal *en* in de evolutie geloven. Niet voor niets is de evolutietheorie in veel landen op godsdienstige gronden taboe verklaard.

De evolutietheorie is incompatibel met *theïsme*, de gedachte dat God alles heeft geschapen, zich heeft geopenbaard, en nog steeds in de wereld ingrijpt. Gould en Ruse veronachtzamen deze incompatibiliteit. Het principe van NOMA, de scheiding van denksferen, gaat alleen op in een ideale wereld van tolerante gelovigen die hun eigen religie met een korreltje zout nemen. Helaas zit de werkelijke wereld anders in elkaar. In de werkelijke wereld leidt religieus fanatisme tot kruistochten, inquisitie en terrorisme. Gould erkent deze kwaden, maar hij meent dat dit niet de schuld van de religie *zelf* is, maar van de seculiere macht die ze bezit. Het feit dat creationisten en id'ers het principe van NOMA geweld aandoen door zich met de wetenschap te bemoeien, is in zijn ogen dan ook geen godsdienstige maar een politieke kwestie. Religie is blijkbaar per definitie goedaardig.

Dawkins op zijn beurt ziet over het hoofd dat de evolutietheorie verzoenbaar is met *deïsme*, het idee dat God het universum slechts in gang heeft gezet en daarna niet meer heeft ingegrepen in de natuur. Vanuit godsdienstwijzgerig perspectief kan men overigens vele houdingen aannemen jegens religie. Alleen extreme posities zoals fundamentalisme en theïsme zijn onverenigbaar met de evolutietheorie, maar de meer gematigde houdingen staan doorgaans niet al te vijandig tegenover wetenschap. Bovendien zou men tegen Dawkins kunnen zeggen dat religie ook veel moois heeft voortgebracht. Denk aan de Sixtijnse kapel, de kathedraal van Chartres of de *Hobe Messe* van Bach. Dawkins' atheïsme is kil en klinisch en zijn aanvallen op de religie zijn dermate venijnig dat het mensen afstoot. Dylan Evans, informaticus aan de universiteit van Bristol, stelde recentelijk in *The Guardian* dat Dawkins meer dan welke andere atheïst ook de zaak van de religie heeft bevorderd. Evans pleit voor een subtieler atheïsme dat religie beschouwt als een soort kunst. Godsdienst levert

krachtige metaforen die het menselijke verlangen naar transcendente betekenis stillen. De hele encensering, inclusief God, is van menselijke makelij, maar de vormgeving is soms schitterend.

Enkele posities die men ten aanzien van religie in kan nemen (in afnemende sterkte)

Fundamentalisme: Een persoonlijke god bestaat en heeft alles geschapen. Alles wat gebeurt, gebeurt volgens Gods wil. De meest orthodoxe en antiliberale vorm van godsdienst. Kenmerkend is de vijandige houding jegens andersdenkenden. Er wordt maar één heilig boek erkend en de voorschriften daarin moeten volgens de letter worden nageleefd.

Theïsme: Voor een deel gelijk aan fundamentalisme maar minder dogmatisch en intolerant. Een persoonlijke god bestaat en bemoeit zich nog steeds met de schepping. Dit komt tot uiting in goddelijke interventies en wonderen. Gods bestaan en zijn bedoelingen worden geopenbaard in heilige Schriften. Andere religies worden erkend maar inferieur geacht. Theïsme kent monotheïstische (er is slechts één God) en polytheïstische varianten (er zijn meerdere goden), zoals het hindoeïsme.

Deïsme: God bestaat, maar sinds de schepping bemoeit hij zich niet meer met het reilen en zeilen van de wereld. God is de ingenieur die het mechaniek van het universum in gang heeft gezet en daarna de natuurwetten het werk heeft laten doen. God heeft zich niet geopenbaard in heilige Schriften: dit zijn verhalen van menselijke makelij. Gods bedoelingen zijn onbekend. Ontstaan tijdens de Verlichting als middenweg tussen theïsme en atheïsme.

Pantheïsme: God en de wereld zijn één: alles is in God en God is in alles. Onder andere bekend geworden door Spinoza. God is de ene, alomvattende substantie en Spinoza noemt dit 'God of natuur' (*Deus sive natura*). In God komen zowel de scheppende als de geschapen natuur samen: God is de grond van het bestaan en het diepste wezen van de werkelijkheid zelf. In verwaterde, new-agevorm neigend naar animisme dat aan de natuur en alle dingen een goddelijke ziel toekent.

Ietsisme: Er is 'iets' hogers dat aan alles ten grondslag ligt en zich laat voelen in de verwondering over het bestaan. Recentelijk in zwang gekomen onder westerse babyboomers die in de jaren zestig en zeventig de kerk de rug hebben toegekeerd en die, nu hun oude dag nadert, het gemis van spiritualiteit beginnen te voelen. Neigend naar religieuze vaagheid en eclecticisme (men neme uit elke religie wat men wil). Het pejoratief 'ietsisme' werd bedacht door de bioloog en columnist Ronald Plasterk, die zelf atheïst is.

Humanisme: De vraag of God bestaat of niet, is niet belangrijk omdat het doel en de betekenis van het leven niet *buiten* het leven of de wereld liggen. Overwegend atheïstisch of agnostisch georiënteerd maar eventueel verenigbaar met deïsme. Men kan het bestaan op allerlei manieren beleven, maar deze ondervinding verschaft geen kennis van een hogere werkelijkheid. Humanisten ontkennen niet de mogelijkheid dat God bestaat, maar zij hebben daarvan geen ervaring.

Agnosticisme: De vraag of God bestaat is onbeantwoordbaar. Er bestaat geen kennis die boven de waarneembare wereld uitgaat. God is principieel onkenbaar. Over God kan men geen zinnige uitspraken doen: de agnost onthoudt zich daarom van een oordeel. De term 'agnosticisme' (van het Griekse *agnōstos* = onbekend, onkenbaar) werd in 1869 geïntroduceerd door Darwins beste vriend en 'buldog' Thomas H. Huxley.

Atheïsme: God bestaat niet. 'God' is door de mens en naar de mens gemaakt. God is een projectie van de mens die naar iets hogers hunkert. Het viel de Griekse filosoof en schrijver Xenophanes (zelf een pantheïst) al op dat de Nubiërs uit Ethiopië zwarte goden met platte neuzen vereerden en de Thraciërs uit het noorden roodharige goden met blauwe ogen. Volgens Xenophanes zouden leeuwen, als ze de godsdienst hadden uitgevonden, een leeuwendgod aanroepen.

HOGERE METAFYSICA

De ironie wil dat de moderne evolutieleer voortkomt uit het werk van een anglicaans geestelijke en een kloosterling die later tot priester werd gewijd: Darwin en Mendel. *Voor* Darwin was het lastig om

atheïst te zijn. De doelmatigheid van de natuur kon men immers niet anders verklaren dan door een beroep op God. *Na* Darwin hebben we een uitstekend onderbouwd wetenschappelijk alternatief: evolutie door variatie, selectie en replicatie. Darwin liet zien dat de doelmatigheid in de levende natuur het werk is van een blind algoritme zonder plan en zonder finale bestemming. Dit maakt de evolutietheorie incompatibel met het scheppingsverhaal en een letterlijke interpretatie van godsdienstige leerstellingen. Het *argument from design* gaat niet meer op. Een complex ontwerp vooronderstelt niet noodzakelijk een intelligente ontwerper.

Vanuit religieuze hoek hoort men echter vaak de tegenwerping dat de evolutietheorie alleen iets zegt over de *ontwikkeling* van het leven en niets over de *oorsprong* ervan. Evolutie vindt weliswaar plaats *zodra* er leven is, maar het neo-darwinisme kan het ontstaan van het leven *zelf* niet verklaren. De beroemde slotzin van het *Ontstaan van soorten* lijkt dit ook te bevestigen:

Er is grandeur in deze visie op het leven, met zijn verschillende krachten die oorspronkelijk [*] zijn ingeblazen in een paar vormen, of in één vorm alleen; en in de visie dat, terwijl deze planeet is blijven rondcirkelen volgens de vaste wet van de zwaartekracht, er uit zo een eenvoudig begin een eindeloze reeks vormen, prachtig mooi en schitterend, zijn geëvolueerd, en onophoudelijk evolueren.

Op de plek van de asterisk heeft Darwin in de tweede en alle latere edities van de *Origin* zelfs de woorden *door de Schepper* toegevoegd. De woorden wijzen echter niet op een herwonnen geloof: de zinsnede was vermoedelijk bedoeld om aan godsdienstige gevoeligheden tegemoet te komen. Het was een zoenoffer, een knieval naar de religieuze medemens. Mogelijk speelde zijn vrouw Emma hierbij een rol. Maar hoe dan ook, het is ontegenzeggelijk waar dat Darwin en zijn tijdgenoten volledig in het duister tastten over de oorsprong van het leven.

Sinds Darwin zijn we echter een stuk wijzer geworden. De hypothese dat God de dode materie leven heeft ingeblazen en vervolgens de evolutie haar gang heeft laten gaan, wordt niet bevestigd door de hedendaagse moleculaire biologie. Het leven heeft een stevige materiële basis en er is niets wat op een bovennatuurlijke levensvonk

wijst. De huidige zienswijze luidt, kort gezegd, dat zelfreplicerende moleculen zich tot RNA, de voorloper van DNA, ontwikkelden en dat RNA-moleculen tot de allereerste protocellen evolueerden. Zelfreplicatie is geen mysterie: we zien het in primitieve vorm al bij kristallen, en in combinatie met variatie leidt replicatie automatisch tot cumulatieve selectie waardoor ingewikkeldere en stabielere configuraties kunnen ontstaan. De exacte details zijn nog lang niet allemaal bekend, maar er is vooralsnog geen reden om een bovennatuurlijke verklaring te zoeken.

Een deïst hoeft zich hierdoor echter niet uit het veld te laten slaan, want hij kan God immers nog verder terugplaatsen in de tijd, bijvoorbeeld naar het begin van het zonnestelsel of de oorsprong van het universum. Hij kan dan het zogeheten godsbewijs ‘vanuit de beweging’ (*ex motu*) hanteren dat stelt dat wanneer we alle causale ketens terugvolgen, we uiteindelijk bij een eerste oorzaak uitkomen, iets waar alles uit voortkomt maar wat zelf geen oorzaak heeft: een oorzaak-in-zichzelf. Aristoteles noemde deze eerste oorzaak de ‘onbewogen beweger’, een goddelijke instantie die aan alles ten grondslag ligt. Tegenwoordig spreken astrofysici liever over de *big bang*, de oerknal die een kleine veertien miljard jaar geleden plaatsvond. Op de vraag wat er *voor* de oerknal was, of wat hem heeft veroorzaakt, is volgens fysici geen zinnig antwoord mogelijk omdat ruimte, tijd, en causaliteit pas met de *big bang* ontstonden. Onze deïst zal dit echter een zwaktebod noemen, want hoe kan een versneld uitdijend universum uit het niets zijn ontstaan? Hij zal daarom wellicht de ultimate metafysische vraag opwerpen die reeds door de zeventiende-eeuwse Duitse filosoof Gottfried von Leibniz werd gesteld, te weten: Waarom is er *iets* en niet *niets*?

De vraag waarom er *iets* is en niet *niets* heeft theologen en filosofen in het verleden verleid tot het formuleren van het zogeheten kosmologische godsbewijs, het idee dat het bestaan van de wereld (universum) ondenkbaar is zonder een van deze wereld onderscheiden *maker*. De wereld kan niet *ex nihilo* zijn ontstaan. Een wat modernere variant van dit argument is het zogenoemde antropisch principe, de gedachte dat de natuurconstanten precies *zo* zijn afgesteld dat ze de evolutie van het universum, het leven en het menselijk bewustzijn mogelijk hebben gemaakt. Het gaat dan om de onderlinge afstemming van kosmische parameters zoals de zwaartekrachtsconstante,

de massa en lading van elementaire deeltjes en de uitdijingsnelheid van het heelal. Bij een iets andere afstemming waren wij en het heelal zoals wij dat kennen er hoogstwaarschijnlijk niet geweest.

Wijst dit dan niet op ontwerp, vraagt de inmiddels licht vertwijfelde deïst zich af. Het antwoord luidt: niet noodzakelijk. Uit de natuurconstanten en het bestaan van de kosmos kan men niet afleiden dat het heelal is gepland of noodzakelijk zo moet zijn. Het één volgt niet uit het ander, want uit het feit dat iets bestaat of gebeurt, mag men niet concluderen dat het niet anders had gekund. De evolutie van de kosmos en het leven had voor hetzelfde geld anders kunnen verlopen en dan waren wij er niet geweest. Het feit dat we er *wel* zijn, duidt daarom niet per se op hogere bedoelingen, voorbestemming of noodzakelijkheid. Als er NIETS was, zou niemand de vraag kunnen stellen waarom er IETS is en niet NIETS. Dat wij die vraag wel kunnen stellen, impliceert niet dat het NIETS onmogelijk is. Bovendien roept een beroep op God opnieuw *meer* vragen op dan het beantwoordt. Waar komt God vandaan? Heeft hij zichzelf geschapen of is hij er al altijd geweest? En als God eeuwig is, is hij dan *ontheven* aan de tijd of juist altijd voortdurend? Het idee dat God de eerste oorzaak is en de oerknal in gang heeft gezet, verplaatst het probleem alleen maar, want wanneer we ons afvragen waarom er IETS is en niet NIETS, behoort ook God tot dat IETS. Een beroep op God mondt dan uit in een cirkel: het argument veronderstelt wat het wil bewijzen.

Immanuel Kant toonde reeds aan dat alle vermeende 'godsbewijzen' ondeugdelijk zijn. Kennis van God is onmogelijk omdat ons denken de fenomenale werkelijkheid niet kan ontstijgen. Onze kennis vervalt tot pure speculatie zodra het terrein van de ervaring wordt verlaten. Als God bestaat, dan bevindt hij zich aan gene zijde van de kenbare wereld. Aangezien onze kennis eindig en feilbaar is, is het gewenst om in de wetenschap en de filosofie geen onnodige of overvloedige elementen te postuleren. Dit maxime staat bekend als het 'scheermes van Ockham', genoemd naar de veertiende-eeuwse Engelse filosoof Willem van Ockham. Het scheermes is een antimetafysisch wapen omdat het voorschrijft niet meer 'zijnden' (entiteiten, substanties) aan te nemen dan logisch strikt noodzakelijk is. Ockhams scheermes spoort dus aan tot spaarzaamheid: als twee verklaringen even verdienstelijk zijn, moet men altijd de meest eenvoudige kiezen, de verklaring met de minst bevolkte ontologie. Omdat de

aanname dat God het universum in gang heeft gezet niet toetsbaar is, en derhalve ook niets toevoegt aan onze kennis, moeten we haar rigoureuus snoeien.

Is het geloof in iets 'hogers' nu dan definitief als hersenspinsel afgedaan? Nee, we kunnen de gedesillusioneerde deïst een handreiking doen. Er is bijvoorbeeld geopperd dat het secularisme in Nederland om zich heen heeft kunnen grijpen omdat we door de licht- en luchtvervuiling de sterrenhemel niet meer goed kunnen zien. Een onbelemmerde blik op de melkweg doet immers wonderen. Het toont de grootsheid en de pracht van het universum terwijl het tegelijkertijd de nietigheid van de mens benadrukt. De ultieme vragen blijven bij het zien hiervan onverminderd opborrelen. De deïst kan gerust zijn want in de ijle sferen van de hogere metafysica is het ieder toegestaan te geloven wat men wil, zolang men elkaars standpunt respecteert en men zich niet met de inhoud van de wetenschap bemoeit.

OP ZOEK NAAR DE GOD SPOT

We hebben gezien dat de evolutietheorie eventueel verzoenbaar is met deïsme maar niet met theïsme, een letterlijke lezing van de religieuze leerstellingen. Schepping en evolutie bijten elkaar. De proclamatie van het Vaticaan in 1996 dat de evolutietheorie niet in conflict is met de katholieke geloofsleer moet dan ook met een korreltje zout worden genomen. Het Vaticaan snoept namelijk van twee waljetjes. Paus Johannes Paulus II stelde dat het menselijk *lichaam* best door een natuurlijke proces uit eerdere levensvormen kan zijn geëvolueerd, maar dat de menselijke *ziel* rechtstreeks in ons is geplant door God. Afgezien van de netelige kwestie wat de ziel precies is, heeft deze dubbele visie meer problemen. Het roept bijvoorbeeld de vraag op *wanneer* onze voorouders precies een ziel kregen. De evolutie verloopt immers gradueel en er is geen plotselinge overgang van aapmensen naar echte mensen aan te wijzen. Elke keuze voor een bepaald tijdstip van zielinplanting wordt dan arbitrair. Het scheermes van Ockham schrijft voor dat we zo zuinig mogelijk moeten zijn in onze ontologie. Omdat we van het postulaat dat God zielen inplant wetenschappelijk gezien niets wijzer worden, moet de aanname worden weggeschoren. In de poging het beste van twee werel-

den te verenigen, maakt de Kerk van Rome er een rommeltje van.

God heeft dus niets met de evolutie van doen gehad, maar wellicht heeft de evolutie wel tot God geleid. Biologisch gezien is religie immers helemaal niet zo vreemd. Sociale primaten leven in complexe hiërarchische verbanden, zij hebben leiderfiguren nodig, individuen die de groep onder hun hoede nemen en de rangorde bepalen. De mens vormt hierop geen uitzondering. Godsdienst is wellicht de ultieme invulling van deze behoefte aan sturing en leiderschap. Religie kweekt saamhorigheid in een groep en solidariteit met geloofsgenoten. Daarnaast is de mens het enige wezen op deze planeet dat zich bewust is van zijn eigen sterfelijkheid. Religie biedt troost door de belofte van een hiernamaals, een leven na de dood of een wedergeboorte. In alle menselijke samenlevingen komt het geloof in een bovennatuurlijke, niet-fysische ordening voor, een dimensie waarin de spirituele component van de mens overleeft. Religie stilt zo de honger naar transcendente betekenis en geeft geborgenheid in een koud en doelloos universum. Bovendien konden onze voorouders met een beroep op het bovennatuurlijke het onbegrijpelijke begrijpelijk maken. Angstaanjagende natuurfenomenen zoals donder en bliksem, aardbevingen en zonsverduisteringen kon men aan de toorn van geesten en goden wijten.

Sommige onderzoekers menen dat religie in onze genen zit. Godsdienst is nuttig. Gelovige mensen zijn over het algemeen minder depressief, ze schijnen langer te leven, en ze krijgen gemiddeld meer kinderen dan niet-gelovige mensen. Een religie-gen is dus functioneel en zal zich vanzelf in een populatie verspreiden. Verder zijn er aanwijzingen dat religieuze gevoelens en ervaringen lokaliseerbaar zijn in de neurale structuren van het brein. Deze hersengebieden tezamen worden dan ook wel met de term *God spot* aangeduid. Gedurende intense meditatie of gebed wordt bij proefpersonen bijvoorbeeld een verhoogde activiteit in de frontaalkwab en het limbisch systeem waargenomen. De frontaalkwab herbergt de concentratie, terwijl het limbisch systeem het individu een gevoel van extase bezorgt. In een ander gebied in het brein, de pariëtale hersenkwab, is tijdens zulke ervaringen juist *minder* activiteit waarneembaar. De pariëtale kwab maakt dat een individu zich bewust is van tijd en ruimte. Als deze functie wordt geremd of stilgelegd, voelt een persoon zich één met het universum.

De vraag die zich bij deze neurotheologie opdringt is: zijn spirituele ervaringen de *oorzaak* of het *effect* van zulke hersenactiviteit? Maakt God de *God spot* of maakt de *God spot* God? Misschien zijn beide wel gewoon één en hetzelfde. Gelovigen zullen zeggen dat God een soort antenne in ons brein heeft geïnstalleerd zodat wij hem helder en duidelijk kunnen ontvangen. Deze hypothese is echter niet toetsbaar en levert geen nieuw onderzoek op. Het is veel interessanter om religie te zien als het resultaat van evolutie door natuurlijke selectie omdat deze hypothese wellicht een vracht aan nieuwe vragen omtrent de biologische oorsprong en functie van spiritualiteit oplevert. Het valt echter ook niet uit te sluiten dat religie helemaal geen functie heeft, althans niet voor ons. Als Dawkins, Blackmore en andere memetici gelijk hebben, bestaat religie immers louter ter wille van zichzelf en haar vermogen tot zelfreproductie. In dat geval zijn wij slechts tijdelijke en manipuleerbare vehikels voor potentieel onsterfelijke religiememen (zie p. 230).

Er zijn in de loop der tijden uiteenlopende verklaringen voor het fenomeen godsdienst bedacht. Men kan religie bijvoorbeeld zien als opium (Marx), als collectieve neurose (Freud) of als sociaal bindmiddel (Durkheim). De meeste van deze verklaringen hebben gemeen dat ze de godsdienst op een of andere manier proberen 'weg te verklaren', hetgeen wellicht te veel afbreuk doet aan dit typisch menselijke fenomeen. Ontzag voor het hogere en onbegrijpelijke zit misschien in ons allemaal. Niet-gelovigen delen vaak met gelovigen de verwondering over het bestaan, alleen uit dit zich niet altijd in religie of 'spiritualiteit'. De verwondering kan immers ook tot uitdrukking komen in de kunst of de wetenschap. In een van zijn minder bekende boeken, *Unweaving the rainbow*, stelt Dawkins dat de moderne wetenschap de werkelijkheid niet heeft ontoverd, zoals sommige mensen menen, maar juist heeft verrijkt en verdiept. Door de wetenschap wordt de verwondering juist steeds groter.

Op 1 juli 2005 kwam het gerenommeerde tijdschrift *Science* met een speciale jubileumeditie over open vragen in de wetenschap (*What don't we know?*) Om het honderdvijfentwintigjarige bestaan van het blad te vieren, werd een lijst van honderdvijfentwintig belangrijke wetenschappelijke vragen opgesteld waarvan wordt verwacht dat ze mogelijk binnen een kwart eeuw beantwoord zullen worden. Van die honderdvijfentwintig vragen had de *Science*-redactie er vijfen-

twintig uitgekozen voor een nadere toelichting. De eerste drie vragen zijn: Waaruit bestaat het universum? Wat is de biologische basis van bewustzijn? En waarom heeft de mens zo weinig genen? Van de 'Big Questions' heeft maar liefst zestig procent betrekking op de (evolutie)biologie. Er zitten dus inderdaad nog heel wat 'gaten' in de evolutietheorie. Die leemtes duiden echter niet op principiële onwetendheid maar op voortschrijdende wetenschap: de evolutiebiologie ontsluit steeds meer terrein.

Evolutie en de moraal

DE GRONDSLAG VAN DE MORAAAL

In april 2004 promoveerde Matthijs van Veelen, econometrist aan de Vrije Universiteit van Amsterdam, op het proefschrift *Survival of the fair*, een op de evolutiebiologie en de speltheorie gebaseerd onderzoek naar de oorsprong van de moraal. De voorbereiding op de promotie was niet geheel van een leien dakje gegaan, want Van Veelen was in conflict geraakt met de leescommissie die het manuscript van zijn dissertatie moest beoordelen. Enkele leden van de commissie waren geschrokken van wat zij onder ogen hadden gekregen en hadden protest aangetekend: zij achtten een biologische benadering van de moraal niet alleen levensgevaarlijk, maar ook beledigend voor gelovige christenen. Met zijn wiskundige modellen en evolutionaire verklaringen zou Van Veelen zelfs bouwstenen aandragen voor een fascistische theorie. Immers, had zo'n 'biologische ethiek' in het verleden niet tot de meest verschrikkelijke dingen geleid? De commissie zag het als haar taak om de christelijke grondslagen van de universiteit te verdedigen, en met het argument dat promovendi soms tegen zichzelf in bescherming moeten worden genomen, werd Van Veelen gedwongen om zijn manuscript te herzien.

Van oudsher hebben mensen de moraal beschouwd als iets hogers, iets dat, om met Dennett te spreken, via een hemelhaak uit de wolken is komen neerdalen. Volgens rechtzinnige christenen komt ons besef van goed en kwaad voort uit de zondeval, zoals die in het bijbelboek *Genesis* is opgetekend: in de hof van Eden is de mens van een staat van onschuld tot schuld vervallen. Verleid door de slang had Eva immers de verboden vrucht van de boom van kennis van

goed en kwaad geproefd, en sindsdien zit de mens met een geweten opgescheept. De ethiek, de studie naar het goed en kwaad, was dan ook lange tijd een theologische en filosofische aangelegenheid. De gedachte was dat de moraal uiteindelijk een bovennatuurlijke fundering heeft omdat ons besef van goed en kwaad van God afkomstig is. Volgens deze visie is moraliteit dan ook slechts aan de mens, de kroon van de schepping, voorbehouden. Dieren hebben besef van God noch gebod.

De gangbare visie op de moraal is echter steeds meer onder druk komen te staan. De ethiek heeft geen absolute fundering en al evenmin een bovennatuurlijke oorsprong. Volgens een groeiende groep denkers en wetenschappers is ons vermogen tot moreel handelen niet iets dat van hogerhand is bepaald, maar iets dat intrinsiek in onze natuur schuilt. De moraal komt niet van 'boven' maar van 'beneden': zij wortelt in aangeboren disposities die door de evolutie zijn gemodelleerd. Net zoals we over een ingebakken taalvermogen beschikken, bezitten we ook een natuurlijk 'moraalvermogen'. Evolutiepsychologen en sociobiologen menen dan ook dat het ontstaan en de ontwikkeling van de moraal door de natuurwetenschap kan worden onderzocht. Volgens Edward O. Wilson, de vader van de sociobiologie, zal het onderzoek naar de biologische wortels van moraliteit ons uiteindelijk in staat stellen een wijzere en duurzamere sociale orde te bereiken. De ethiek zal vooruitgang boeken wanneer we haar in een natuurwetenschappelijk kader plaatsen. De inzichten uit de evolutiebiologie, de primatologie en de speltheorie zullen onze kennis verdiepen waardoor onze moraliteit wordt verrijkt. Een ethiek die de natuurlijke grondslag van de moraal negeert, is volgens Wilson structureel onvolledig.

Volgens sociobiologen en evolutiepsychologen komen morele systemen onder meer voort uit de noodzaak tot conflictbeheersing en samenwerking. De moraal is ontstaan om de sociale orde in goede banen te leiden. Het feit dat mensen uit geheel verschillende geloofssystemen vaak dezelfde elementaire morele codes hanteren, duidt erop dat de moraal in onze natuur is verankerd. Diefstal, verkrachting en moord worden nergens op prijs gesteld, terwijl vrijgevigheid, onbaatzuchtigheid en de bereidheid tot samenwerking in vrijwel alle culturen als deugden te boek staan. De moraal is daarom misschien niet het *product* van onze cultuur en beschaving, maar juist omge-

keerd: de beschaving is het resultaat van onze in de biologie gewortelde moraal.

Het feit dat de moraal een natuurlijke oorsprong heeft, doet tevens vermoeden dat er in dit opzicht geen kloof maar een continuüm bestaat tussen mens en dier. Volgens de primatoloog Frans de Waal delen we onze morele sentimenten met andere zoogdieren. Bij mensapen zoals chimpansees en bonobo's zien we uitingen van woede, verontwaardiging, schaamte en medelijden die weinig of niets onderdoen voor menselijke emoties. Sommige dieren hebben blijkbaar een geweten: zij beseffen dat er regels bestaan en dat die overtreden kunnen worden. Zoals gezegd, volgens De Waal en andere onderzoekers is onze moraal ontstaan vanuit de behoefte aan coöperatie, een instinct dat we met veel andere sociale dieren delen. Samenwerking, zo hebben we reeds in hoofdstuk 5 gezien, is gebaseerd op twee eenvoudige evolutionaire mechanismen, te weten: verwantenselectie en wederkerig altruïsme. We zullen zien dat met name het principe van wederkerigheid van cruciaal belang is geweest bij de totstandkoming van de menselijke en dierlijke moraal.

HET SOCIAAL CONTRACT

Filosofen hebben in vroeger eeuwen hun hersenen gepijnigd over de vraag: hoe kan samenwerking ontstaan in een wereld van egoïsten zonder een centraal gezag? Een beroemd antwoord op deze vraag kwam van de zeventiende-eeuwse Engelse filosoof Thomas Hobbes. *Voor* er overheden bestonden, stelt Hobbes, was er sprake van een natuurstaat die louter uit egoïstische individuen bestond. Door de nietsontziende competitie tussen deze individuen was het leven 'eenzaam, armoedig, smerig, beestachtig en kort' want in de natuurstaat heerst een oorlog van ieder tegen allen, aldus Hobbes. De enige remedie tegen zo'n oorlog is het aanstellen van een soeverein. Een soeverein is een monarch of heerser die de boel in de gaten houdt en die zonodig op kan treden tegen individuen die de regels overtreden. Met het aanstellen van zo'n heerser leverde de mens dus een deel van zijn persoonlijke vrijheid in omdat hij zich voortaan aan bepaalde regels moest houden. Maar hij kreeg er ook iets voor terug, te weten: persoonlijke veiligheid. Kortom, door een sociaal contract met de soeverein te sluiten, veranderde de natuurstaat in een *civil society*, een

burgerlijke staat waar de rechten van de burgers werden beschermd door de overheid. Hobbes' sociaal contract is een voorbeeld van een zogeheten onderwerpingscontract: de burgers onderwerpen zich aan de soeverein die de samenleving in goede banen leidt.

Andere denkers, zoals de achttiende-eeuwse Franse filosoof Jean-Jacques Rousseau, hadden echter een heel ander antwoord op de vraag hoe de sociale orde tot stand komt. In tegenstelling tot Hobbes stelt Rousseau dat mensen in de natuurstaat juist deugdzaam zijn. Rousseau schetst het beeld van de edele wilde die in harmonie leeft met zijn soortgenoten en de natuur. Voordat eigendom en overheden waren uitgevonden, leefden mensen samen in vrijheid en gelijkwaardigheid. Pas met de opkomst van de maatschappelijke en politieke staat raakte de mens gecorrumpeerd en werd de harmonie doorbroken. Met andere woorden, de beschaving maakt mensen juist onvrij, ongelijk en decadent. Eén van Rousseaus bekendste uitspraken luidt dan ook: terug naar de natuur! Rousseau is het daarom niet met Hobbes eens dat we een sociaal contract sluiten met een heerser of een overheid. In plaats van een onderwerpingscontract pleit Rousseau voor een verenigingscontract. De mens onderwerpt zich niet aan een soeverein, maar aan een *gemeenschap* waarin allen worden verenigd. Hierdoor onderwerpt de mens zich dus niet aan iets of iemand maar aan iets abstracts, namelijk: de algemene wil (*la volonté générale*). De deugdzaamheid en harmonie van de natuurstaat zijn dan herwonnen, aldus Rousseau.

Een soort tussenpositie neemt de achttiende-eeuwse Schotse filosoof Adam Smith in. Smith erkent dat we de samenleving op verschillende manieren kunnen inrichten. Het meest 'natuurlijke' systeem is echter de liberale, vrijemarkteconomie waarin burgers – met inachtneming van bepaalde overheidsregels – hun eigen welstand trachten te maximaliseren. Smith stelt dat zo'n systeem in feite 'spontaan' tot stand komt door de talloze transacties tussen burgers. De vrijemarkteconomie komt voort uit en wordt gestuurd door een 'onzichtbare hand' (*invisible hand*). Er ontstaat namelijk al gauw een taakverdeling die leidt tot wederzijdse afhankelijkheid. We kunnen immers niet allemaal tegelijkertijd bakker, slager, bierbrouwer en schoorsteenveger zijn. De sociale orde is dus niet doelbewust ontworpen maar komt veeleer vanzelf tot stand. Smith en andere klassieke liberale denkers gaan uit van rationele burgers die hun eigenbelang nastreven. De samenleving als geheel profiteert hiervan.

Het feit dat mensen elkaar helpen, wordt in het dagelijks leven eigenlijk nooit als een probleem gezien, maar in de biologie wel. De vraag is namelijk hoe samenwerking precies kan ontstaan en standhouden in een darwiniaanse wereld die gekenmerkt wordt door zelfzuchtigheid. Het nastreven van eigenbelang lijkt immers weinig ruimte te bieden voor empathie, opoffering en mededogen, laat staan voor een hoogstaande moraal. Smith suggereert dat samenwerking en orde kunnen ontstaan *zonder* dat ze van bovenaf zijn opgelegd. Maar hoe is het mogelijk dat een samenleving als geheel profiteert van zelfzuchtige individuen? Waarom worden goedwillende individuen niet stelselmatig uitgebuit? Waarom wordt de samenleving niet ontwricht door *free riders*, klaplopers die van het coöperatieve systeem profiteren zonder er iets voor terug te doen? En welk principe ligt ten grondslag aan onze bereidheid om met elkaar samen te werken? Is samenwerking wellicht een strategie die uiteindelijk ook gebaseerd is op eigenbelang? Om deze vragen te kunnen beantwoorden, moeten we het probleem formaliseren. Dit gebeurt in de speltheorie.

SPELTHEORIE

De speltheorie (*game theory*) werd in 1944 geïntroduceerd door de wiskundige John von Neumann en de econoom Oskar Morgenstern. Zij hadden een mathematische theorie ontwikkeld die economische processen kon verklaren en verduidelijken. Al gauw bleek de speltheorie echter een veel groter toepassingsbereik te hebben, want in de daarop volgende decennia werd ze ook met succes in andere disciplines toegepast, zoals de politicologie en de evolutiebiologie. Sindsdien is de speltheorie een onmisbaar instrument voor onderzoekers die de evolutie van coöperatie proberen te doorgronden.

In de speltheorie wordt een geschil of een interactie tussen twee of meer partijen opgevat als een 'spel' waarbij de deelnemers een bepaalde tactiek, een strategie moeten hanteren. Denk bijvoorbeeld aan geschillen in het verkeer, de handel of de politiek. De speltheorie probeert te analyseren wat er gebeurt als de deelnemers aan zo'n spel allemaal rationeel zijn. 'Rationeel' wil zeggen dat iedereen zijn opbrengst (*payoff*) probeert te optimaliseren. Anders gezegd, in elk spel probeert iedereen het maximale voordeel te halen (we zullen

zien dat ook dieren in dergelijke spellen zijn betrokken). In de veronderstelling dat alle andere spelers ook rationeel zijn, en dus uit zijn op maximaal profijt, probeert iedereen zijn optimale strategie te bepalen. Soms is er sprake van deels overlappende en deels strijdige belangen. Wat is de *beste* strategie binnen zo'n complexe verstrengeling van belangen? Is er wel een beste strategie? En tot welk collectief resultaat leidt het nastreven van eigenbelang? Is samenwerking dan nog wel mogelijk?

In de speltheorie maakt men een onderscheid tussen zogeheten nulsomspellen (*zero-sum*) en niet-nulsomspellen (*non zero-sum*). Nulsomspellen zijn het eenvoudigst omdat bij elk spel een verliezer en een winnaar uit de bus komt. Denk bijvoorbeeld aan een tenniswedstrijd: de winst van de één betekent automatisch het verlies van de ander. Niet-nulsomspellen zijn veel interessanter omdat er meer mogelijkheden zijn. Niet alleen kan de één winnen en de ander verliezen, maar het is tevens mogelijk dat *beide* deelnemers verliezen of winnen. Laten we met een simpel voorbeeld van een niet-nulsomspel beginnen. We hebben twee 'spelers', Jan en Marie, die tegen elkaar uitkomen. Het 'spel' is een verkeerssituatie: een smalle brug. Jan en Marie zijn twee automobilisten die elkaar tegenkomen aan weerszijden van een smalle brug waar maar één auto tegelijk overheen kan. Jan en Marie hebben ieder twee opties: doorrijden of wachten. In totaal zijn er dus vier mogelijke 'strategieën', te weten:

- (a) Jan laat Marie voorgaan
- (b) Marie laat Jan voorgaan
- (c) Jan en Marie blijven allebei wachten
- (d) Jan en Marie rijden tegelijkertijd door

Het moge duidelijk zijn dat (a) en (b) zijn te prefereren boven (c) en (d). We kunnen de vier 'uitkomsten' nu schematisch weergeven in een matrix (zie afb. 12.1).

		Marie	
		Stoppen	Doorrijden
Jan	Stoppen	0, 0	1, 1
	Doorrijden	1, 1	0, 0

Afbeelding 12.1: De smalle brug I.

Aan elke uitkomst verbinden we een opbrengst (*payoff*) uitgedrukt in punten. De strategieën (c) *stoppen-stoppen* en (d) *doorrijden-doorrijden* zijn niet wenselijk voor zowel Jan als Marie. De *payoff* is namelijk nul punten voor zowel Jan als Marie. De twee andere strategieën (a) en (b) leveren meer op, namelijk ieder één punt. Het probleem is echter dat Jan noch Marie weten wat de ander van plan is. Ze zullen wellicht een tijdje beleefd op elkaar wachten totdat hun geduld opdraakt. Beiden geven dan vol gas en knallen tegen elkaar op! Met andere woorden, er is geen eenduidige oplossing, geen winnende uitkomst voor dit spel. Preciezer: er zijn *twee* oplossingen voor het spel, te weten: (a) en (b), en dit veroorzaakt juist de onzekerheid bij de spelers.

De situatie zou echter kunnen veranderen wanneer Jan en Marie elkaar vaker zouden tegenkomen bij de brug. Er zou dan een conventie kunnen ontstaan zoals ‘dames gaan voor’. Er ontstaat dan wel een unieke oplossing die het gunstigst is voor beide spelers, namelijk: Jan laat Marie voorgaan (zie afb. 12.2).

		Marie	
		Stoppen	Doorrijden
Jan	Stoppen	0, 0	2, 2
	Doorrijden	1, 1	0, 0

Afbeelding 12.2: De smalle brug II.

Door conventies zoals ‘dames gaan voor’ worden mogelijke conflicten uitgebannen en daar is iedereen bij gebaat. In het dagelijks leven maken we veelvuldig gebruik van zulke regels en afspraken zodat iedereen profiteert van de samenwerking. De vraag is echter hoe zulke regels precies ontstaan.

HET DILEMMA VAN DE GEVANGENE

Er zijn ook spellen waarbij de belangen van de deelnemers deels overlappen en deels conflicteren. De *payoff* die men ontvangt, hangt dan af van wat de tegenstander doet. De speltheorie wordt dan pas *echt* interessant. Het probleem dat zich dan namelijk voordoet

is: wanneer moeten we *wel* en wanneer moeten we *niet* samenwerken? De strategie van onvoorwaardelijke onzelfzuchtigheid is hier geen optie, want pure onzelfzuchtigheid biedt geen oplossing voor de vraag wanneer er wel en wanneer er niet moet worden samengewerkt. Soms is het gewoon verstandiger om *niet* samen te werken. Onvoorwaardelijk altruïsme wordt immers snel uitgebuit.

Het beroemdste voorbeeld van zo'n spel met gemengde strategieën is het zogeheten dilemma van de gevangene, oftewel het *prisoner's dilemma*. Het spel betreft twee verdachten van een zware misdaad, zeg een gewapende bankoverval. Laten we de verdachten weer gemakshalve Jan en Marie noemen. De politie heeft sterke aanwijzingen dat Jan en Marie achter de overval zitten, maar een bekentenis zou de rechtsgang aanzienlijk vereenvoudigen. Jan en Marie kunnen dus sowieso op gevangenisstraf rekenen, de vraag is alleen hoeveel. De commissaris verhoort Jan en Marie afzonderlijk in hun cellen. Hij stelt ieder een strafvermindering in het vooruitzicht als ze een bekentenis afleggen en de ander aanwijzen als hoofddader. Als één van tweeën bekend en de ander verraadt, krijgt degene die bekend één jaar cel, de ander tien. Verraad is dus verleidelijk, tenzij de ander er ook zo over denkt. Als Jan en Marie elkaar verraden, krijgt ieder namelijk vijf jaar cel. De beste oplossing is als beiden blijven zwijgen: ieder krijgt dan tweeëneenhalf jaar cel (zie afb. 12.3). Het cijfer *voor* de komma geeft het aantal jaren celstraf weer dat Marie krijgt, het cijfer achter de komma de celstraf van Jan.

		Marie	
		Zwijgen	Verraden
Jan	Zwijgen	2½, 2½	1, 10
	Verraden	10, 1	5, 5

Afbeelding 12.3: Prisoner's dilemma.

Wat moeten Jan en Marie nu doen? Wat is de beste keuze? Laten we ons in Jan verplaatsen. Hij weet dat Marie twee opties heeft: zwijgen of verraden. Als Marie zwijgt, is het voor Jan het beste om haar te verraden. Jan krijgt dan maar één jaar cel, terwijl Marie tien jaar

de bak indraait. Als Marie bekent en Jan erbij lapt, is het voor Jan echter ook het beste om haar te verraden. Jan krijgt dan weliswaar vijf jaar cel, maar dat is nog altijd stukken beter dan de tien jaar die hij krijgt als hij zou blijven zwijgen. Dus wat Marie ook kiest, voor Jan is het altijd het beste om haar te verraden. Maar hetzelfde geldt dan natuurlijk ook voor Marie: wat Jan ook doet, voor Marie is het het verstandigst om hem te verraden. Kortom, doordat Jan en Marie allebei proberen om hun *payoff* te maximaliseren, lopen ze de meest optimale oplossing mis! Als ze allebei hadden gezwegen, zouden ze ieder maar tweeëneenhalf jaar cel hebben gekregen, in plaats van de vijf jaar die ze nu aan hun broek krijgen. Het dilemma is dus dat hun individuele rationaliteit – hun beider poging maximaal voordeel te halen – niet tot de meest optimale oplossing leidt.

Men zou wellicht denken dat Jan en Marie de beste oplossing mislopen omdat ze niet met elkaar kunnen overleggen. Gun Jan en Marie een paar minuten met z'n tweetjes en ze zullen ongetwijfeld afspreken om in hun zwijgen te volharden. Dat is echter zeer de vraag. Stel dat Jan en Marie inderdaad een paar minuten met elkaar mogen spreken zonder politie erbij. Ze zullen dan waarschijnlijk aan elkaar beloven om te blijven zwijgen, maar eenmaal teruggekeerd in hun eigen cellen keert het dilemma in volle hevigheid terug. Sterker nog, de verleiding om de ander te verraden is nu misschien zelfs nog groter geworden omdat ze er allebei van uitgaan dat de ander zal zwijgen. Het dilemma van de gevangene lijkt dus op het eerste gezicht een sombere conclusie met zich mee te brengen: rationaliteit leidt niet tot coöperatie. Als Jan en Marie rationeel zijn, en dus maximaal voordeel willen halen, komen ze allebei bedrogen uit. Het nastreven van eigenbelang lijkt niet tot de meest gewenste oplossing te leiden.

HET VLOOIDILEMMA

De sombere conclusie van de vorige paragraaf is echter voorbarig. De zaak verandert namelijk wanneer de spelers van het dilemma *meer* dan één keer tegen elkaar uitkomen. Als het spel vaker wordt gespeeld, is er sprake van een *herhaald* dilemma van de gevangene (*repeated prisoner's dilemma*). Als Jan en Marie meerdere malen op het politiebureau belanden, kunnen ze er wellicht gaandeweg achterko-

men dat ze elkaar kunnen vertrouwen. Ze zullen dan allebei blijven zwijgen omdat ze zeker weten dat de ander dat ook doet.

Om te zien hoe dit vertrouwen kan worden opgebouwd, is het handig om een andere versie van het spel te gebruiken: het vloedidilemma. Het vloedidilemma is formeel hetzelfde als het dilemma van de gevangenen, alleen de hoofdrolspelers en de setting zijn veranderd. In plaats van Jan en Marie hebben we nu een kolonie apen. De apen staan erom bekend dat ze zichzelf vlooien. Er is echter één plekje waar ze niet zelf bij kunnen komen: het midden van hun rug. Dit probleem kan worden opgelost als de apen bereid zijn samen te werken. Ik vlooi jou eerst en daarna vlooi jij mij. Merk op dat er nu een soortgelijk dilemma ontstaat als in het eerdere spel met Jan en Marie op het politiebureau. Als de apen het spel één keer spelen, is het namelijk verleidelijk de ander te bedriegen: jij vlooit mij eerst en daarna neem ik de benen! Voor elke aap is het dus het verstandigst om te bedriegen want zo lopen ze de minste kans om uitgebuit te worden (zie afb. 12.4).

		Aap A	
		Samenwerken	Bedriegen
Aap B	Samenwerken	A en B worden beide gevlooid	B moet A vlooien maar wordt zelf niet gevlooid
	Bedriegen	B wordt gevlooid maar laat na A te vlooien	A en B worden beide niet gevlooid

Afbeelding 12.4: Het vloedidilemma (*Repeated prisoner's dilemma*).

Laten we ons in aap B verplaatsen. Wat aap A ook doet, voor aap B is het het beste om te bedriegen. Als aap A samenwerkt, doet aap B er goed aan te bedriegen: hij wordt dan immers gevlooid en hoeft er niets voor terug te doen. Als aap A bedriegt, doet aap B er ook goed aan om te bedriegen want anders moet hij vlooien zonder zelf ge-

vlooid te worden. En hetzelfde verhaal gaat natuurlijk op als we ons in aap A verplaatsen. Beide apen komen dus tot de slotsom dat ze maar het beste kunnen bedriegen. Omdat alle apen een maximale *payoff* nastreven, blijft elke aap zichzelf vlooien. Ze lopen de meest optimale oplossing – elkaar vlooien – mis omdat ze elkaar niet vertrouwen. Het gevolg is dat het op hun rug steeds meer begint te jeuken.

Maar stel nu dat aap A en aap B elkaar vaker tegenkomen. Ze spelen nu een herhaald vlooidilemma. Als aap A meerdere keren is bedrogen, zal hij er op een gegeven moment niet meer instinken. Van de andere kant, als aap A en aap B gaandeweg merken dat ze elkaar kunnen vertrouwen, kan er voorzichtige samenwerking ontstaan. Om de optimale oplossing te bereiken, is samenwerking immers een vereiste. Wanneer de apen gevlooid willen worden op plekken waar ze zelf niet bij kunnen, moet er een kleine investering worden gedaan. Ik vlooi jou eerst, dan vlooi jij mij. De apen kunnen hun strategieën zo aan elkaar aanpassen en er kan coöperatie ontstaan op basis van wederkerigheid. Bovendien bestaat de kolonie natuurlijk uit meer dan twee individuen. Oplichters kunnen zo op een simpele manier worden aangepakt. Wanneer er een keuze uit partners bestaat, kunnen de apen immers gewoon uit een onbevredigende relatie stappen en een nieuwe aangaan die meer voordelen biedt.

WEDERKERIG ALTRUÏSME

Het principe van wederkerig altruïsme zijn we al in hoofdstuk 5 tegengekomen. De term is afkomstig van de sociobioloog Robert Trivers. De strategie komt simpelweg neer op het principe ‘voor wat, hoort wat’. Wederkerig altruïsme betekent dat iemand zijn energie en aandacht tijdelijk opoffert voor een ander individu in de verwachting dat dit later wordt ‘terugbetaald’. Het is daarom belangrijk om profiteurs op tijd te herkennen. Als iemand er een paar keer is ingetuind, moet hij de bedrieger lik op stuk geven. In het dagelijks leven maken we voortdurend zulke afwegingen. Als we een kennis een paar keer hebben getrakteerd op een etentje, en die persoon doet er niets voor terug, dan houdt het een keer op.

Voor alle duidelijkheid: wederkerigheid zien we op verschillende biologische niveaus, zelfs bij planten, schimmels en microben. Sommige organismen profiteren van elkaars aanwezigheid waardoor er

afhankelijkheidsrelaties ontstaan. Vaak is het een samenwerkingsverband tussen geheel verschillende soorten zoals vogeltjes die de bek van een krokodil schoonpikken of insecten die bloemen bestuiven in ruil voor nectar. Er is sprake van mutualisme of symbiose (van het Griekse *symbiōtēs* = met anderen samenlevend). Het gedrag is door evolutie geheel op elkaar afgestemd: de organismen kunnen niet meer zonder elkaar. De krokodil komt dan ook niet snel in de verleiding om te bedriegen door zijn bek schoon te laten pikken en de vogel daarna als snack te verorberen. Zijn instinct zegt hem dat goede, gespecialiseerde schoonmakers zeldzaam zijn.

Aan symbiotische verbanden liggen dus geen bewuste motieven ten grondslag, maar aan wederkerig altruïsme wel. Wederkerig altruïsme komt dan ook alleen voor bij hogere dieren met geheugen en emoties. De individuen gaan voortdurend kortstondige transacties aan waarbij ze elkaar moeten herkennen en zich bewust moeten zijn van het resultaat van eerdere ontmoetingen. Wederkerig altruïsme kan slechts gedijen als 'schulden' op termijn worden afgelost en bedriegers worden afgestraft. De individuen zijn dus niet *voorgeprogrammeerd* om samen te werken, zoals in een symbiose, maar ze moeten voortdurend afwegingen maken: wanneer moet ik *wel* en wanneer moet ik *niet* samenwerken? Bij zulke afwegingen is wederkerigheid de maatstaf. Een notoire klaploper moet lik op stuk worden gegeven zodra hij weer een transactie voorstelt. Het is veel verstandiger om een transactie aan te gaan met een individu dat de vorige keer ook coöpereerde. De vorige ontmoetingen bepalen zo de toekomstige strategie. Bij alle hogere, sociale dieren wordt deze gedragsregel veelvuldig toegepast.

Een mooi voorbeeld van dit soort wederkerigheid vinden we bij de vampiervleermuis (*Desmodus rotundus*) uit Zuid-Amerika. De vampiers leven van bloed dat ze 's nachts bij andere zoogdieren, zoals paarden en koeien, aftappen. Ze landen bij een van de poten van hun 'prooidier' en maken vervolgens met hun vlijmscherpe tandjes een snee in de huid. Het speeksel van de vampiers bevat een substantie die de bloedstolling tegengaat en waarschijnlijk zelfs pijnstillend werkt. Toch lukt het de vleermuizen lang niet altijd om aan een maaltje te komen. Menige vampier keert tegen de ochtend terug naar zijn schuilplaats, meestal een grot of een holle boom, zonder bloed genuttigd te hebben. Dit is niet zonder risico want na drie etmalen zonder voedsel is een vampier ten dode opgeschreven.

Uit een onderzoek van de Amerikaanse bioloog Gerald Wilkinson bleek echter dat succesvolle vampiers in zulke gevallen bereid zijn om hun kostje te delen met minder fortuinlijke soortgenoten. In een genereus gebaar braken de eersten wat halfverteerd bloed op zodat hun hongerige en bedelende soortgenoten alsnog een maaltijd krijgen. In sommige gevallen bleek de samenwerking, zoals die tussen ouders en jongen, op verwantenselectie te berusten. Maar er waren ook vele gevallen waar de vampiers *geen* verwanten waren. De coöperatie vond dan puur plaats op basis van wederkerigheid. Een succesvolle vampier die bereid is bloed te delen, kan op een minder succesvolle nacht immers een wederdienst verwachten, terwijl een bedrieger ferm het deksel op de neus krijgt. De vleermuizen delen doorgaans een gemeenschappelijke schuilplaats. Dit betekent dat ze elkaar vaker tegenkomen, hetgeen een voorwaarde is voor het spelen van het herhaalde dilemma van de gevangene. Individuen die bereid zijn samen te werken, worden beloond, bedriegers krijgen lik op stuk. Wederkerigheid schept zo een band van bloedbroeders want klaplopers staan al gauw buitenspel.

De speltheorie maakt duidelijk dat samenwerkende individuen beter af zijn dan individuen die dit niet wensen te doen. Dit geldt zowel voor Jan en Marie, de vlooiende apen als de vampiervleermuizen. Alleen door samen te werken op basis van wederkerigheid wordt de meest optimale oplossing van het 'spel' bereikt. Een samenwerkingsstrategie is succesvoller dan een strategie waarbij de deelnemers elkaar voortdurend trachten te bedriegen of helemaal afzien van coöperatie. Samenwerking loont, tenminste zolang men de juiste partners kiest. Speltheoretici en evolutiebiologen hebben daarom de volgende interessante vraag opgeworpen: is een groep van samenwerkende individuen wellicht *stabiel* in de zin dat ze niet meer geïnfiltrerd kan worden door egoïsten en bedriegers? Als dat zo is, dan hebben we met een zogeheten Evolutionair Stabiele Strategie (ESS) te maken. De term is afkomstig van de evolutiebioloog John Maynard Smith (zie p. 125). De definitie van een ESS luidt als volgt: *Een ESS is een strategie die, wanneer deze door de meeste leden van de populatie wordt aangenomen, niet verbeterd kan worden door een alternatieve strategie*. Zodra een ESS is ontstaan, zal ze ook blijven voortbestaan. Elke afwijking van de ESS wordt dan immers door natuurlijke selectie afgestraft. De Amerikaanse speltheoreticus Robert Axelrod heeft deze kwestie onderzocht. Hij wilde weten of en hoe samenwerking kan ontstaan

en kan standhouden in een wereld met vele alternatieve strategieën. Axelrod begon zijn onderzoek met de volgende drie vermoedens:

- Samenwerking kan ontstaan in een wereld van louter bedriegers. De coöperatie ontstaat geleidelijk op basis van wederkerigheid. Samenwerking levert meer op dan egoïsme.
- Een samenwerkingsstrategie kan floreren in een wereld waar vele verschillende strategieën worden uitgetoetst. Samenwerking kan de beste strategie zijn.
- Als samenwerking op basis van wederkerigheid is ingeburgerd, kan zij zichzelf beschermen tegen een invasie van minder coöperatieve strategieën. Bedriegers krijgen dan geen kans om de samenleving terug te veroveren.

DE TRIOMF VAN TIT-FOR-TAT

Om zijn vermoedens te kunnen testen, schreef Axelrod in 1979 een computertoernooi uit. Speltheoretici, evolutiebiologen en andere wetenschappers konden een computerprogramma insturen voor het spelen van het herhaalde dilemma van de gevangene. Het spel was geheel geformaliseerd: de programma's konden alleen maar punten verdienen (zie afb. 12.5).

		Programma A	
		<i>Cooperate</i>	<i>Defect</i>
Programma B	<i>Cooperate</i>	Beide 3 punten	A: 5 punten B: 0 punten
	<i>Defect</i>	A: 0 punten B: 5 punten	Beide 1 punt

Afbeelding 12.5: Robert Axelrods Computertoernooi.

Er kwamen veertien inzendingen binnen van wetenschappers uit vijf verschillende disciplines. In het toernooi kwam elk programma tegen alle andere programma's uit *en* tegen zichzelf. Voorts had Axelrod nog een eigen programma toegevoegd met de naam *Random*. Het programma Random speelde willekeurig 'cooperate' (samenwerken) of 'defect' (bedriegen). Op deze manier kon Axelrod

de resultaten van de ingezonden programma's vergelijken met een gemiddelde, willekeurige strategie. In totaal vonden er dus $(15 \times 15 =) 225$ confrontaties plaats tijdens het toernooi. Als elk koppel 200 zetten in het spel had doorlopen, werden de punten geteld. De maximale score die een programma kon behalen was dus $(200 \times 5) \times 15 = 15000$ punten. De minimale score was nul punten. Deze extremen werden in de praktijk echter lang niet gehaald. De beste score die een programma in een van de 15 combinaties kon halen, bleek gemiddeld rond de 600 punten te liggen. Twee samenwerkende strategieën behalen dan immers elk 200×3 punten. Programma's die hun tegenstanders trachtten te bedriegen, behaalden beduidend minder punten omdat het andere programma het gedrag bestraftte door ook 'defect' te spelen. Om uitbuiting te voorkomen was er bij de meeste ingezonden programma's namelijk een of andere vorm van vergeldingsgedrag ingebouwd.

Het programma *Tit-for-Tat* van de van oorsprong Russische wiskundige en speltheoreticus Anatol Rapoport, verbonden aan de universiteit van Toronto, kwam uiteindelijk als winnaar uit de bus. Tit-for-Tat was ook het eenvoudigste programma. Het volgde de simpele instructie: *Begin altijd met samenwerken en doe vervolgens precies wat de ander in de vorige zet deed.* (De Engelse uitdrukking *tit for tat* betekent 'met gelijke munt' of 'voor wat hoort wat'.) De meeste andere programma's probeerden hun tegenstanders op slinkse wijze te bedriegen, bijvoorbeeld door een paar keer samen te werken en dan plots 'defect' te spelen. Deze 'gemene' strategieën bleken niet te lonen. Een strategie die bijvoorbeeld altijd 'defect' speelt, wint weliswaar in een individuele confrontatie van Tit-for-Tat: bij de eerste simultane zet krijgt het 'egoïstische' programma immers de volle buit van vijf punten en die voorsprong kan Tit-for-Tat niet meer inhalen. Maar het ging in het toernooi uiteindelijk om de totale score: welk programma heeft aan het eind de meeste punten vergaard? Tit-for-Tat hoeft in principe geen enkel individueel duel te winnen, maar omdat het veel punten haalt wanneer het tegen zichzelf uitkomt, is het toch de uiteindelijke winnaar. Twee Tit-for-Tats zullen immers steeds voorbeeldig blijven samenwerken en steeds drie punten verdienen.

Het is daarom belangrijk dat de spelers van het herhaalde dilemma van de gevangene niet weten hoeveel rondes er worden gespeeld. Als de spelers namelijk zouden beseffen hoe vaak ze tegen

elkaar uitkomen, ontstaat er weer een gewoon, eenmalig dilemma van de gevangene. In een eenmalig dilemma, zo hebben we gezien, kan men altijd het beste ‘defect’ spelen. Stel nu dat men weet dat men maar tien keer tegen een tegenstander uitkomt, dan is de tiende ronde eigenlijk overbodig omdat men in die ronde het beste ‘defect’ kan spelen. Maar dit geldt dan ook voor de negende ronde, en voor de achtste, enzovoort. Met andere woorden, als een herhaald dilemma van de gevangene *eindig* is en de spelers *weten* hoeveel ronden er worden gespeeld, doen ze er het beste aan om de ander steeds te bedriegen. Wanneer het dilemma daarentegen *oneindig* is, of als de spelers gewoon niet weten hoeveel rondes ze tegen elkaar uitkomen, kan het lonen om samen te gaan werken. In Axelrods terminologie: ‘De schaduw van de toekomst moet lang zijn.’ Als twee spelers niet weten wanneer het spel ophoudt, komen ze immers niet zo gauw in de verleiding om elkaar te bedriegen. Het risico bestaat namelijk dat ze in een volgende beurt het deksel op de neus krijgen.

Om de resultaten van het toernooi te kunnen vergelijken en om toevalsfactoren uit te sluiten, besloot Axelrod in de jaren tachtig een tweede toernooi te organiseren. Er kwamen nu veel meer inzendingen binnen dan de eerste keer: in totaal 62 uit zes verschillende landen (met ‘Random’ erbij dus 63). De inzendingen waren onder meer afkomstig van speltheoretici, informatici, economen, wiskundigen en evolutiebiologen. Alle deelnemers hadden bovendien een grondige analyse van het eerste toernooi toegestuurd gekregen. De verwachting was dat het niveau hierdoor zou stijgen. Er werden inderdaad zeer sluwe programma’s ingestuurd. Bijvoorbeeld programma’s die de tegenstander door samen te werken geleidelijk in slaap sussen en dan plotseling zonder aanleiding ‘defect’ spelen. Weer andere programma’s probeerden te peilen hoe een ander programma reageert op plotseling bedrog. Als een vergelding uitblijft, kan men zo’n naïeve sukkel die onvoorwaardelijk samenwerkt rustig blijven uitbuiten.

Wat bleek: opnieuw won het programma Tit-for-Tat van Rapoport! Iedereen wist dat Tit-for-Tat het eerste toernooi had gewonnen en waarom, maar toch was niemand in staat geweest om een succesvoller programma te bedenken. De slinkse uitbuitingsprogramma’s eindigden nu zelfs allemaal onderaan. Sluwheid bleek dus opnieuw niet te lonen. Tit-for-Tat was ook nu weer het eenvoudigste pro-

gramma. Voor het spelen van het herhaalde dilemma van de gevangene is complexiteit dus blijkbaar geen vereiste, dit in tegenstelling tot bijvoorbeeld schaakprogramma's die meestal zeer ingewikkeld zijn. In het eerste toernooi eindigde het meest ingewikkelde programma zelfs helemaal onderaan. De inzender van dit programma wenste anoniem te blijven (*name withheld*). Richard Dawkins heeft hierover gespeculeerd: Was het wellicht een hoge pief in het Pentagon? De baas van de CIA? Of Henry Kissinger? We zullen er waarschijnlijk nooit achterkomen.

IS TIT-FOR-TAT EEN EVOLUTIONAIR STABIELE STRATEGIE?

Axelrods eerste twee vermoedens werden dus bevestigd. Ten eerste: samenwerking kan ontstaan in een egoïstische wereld van louter bedriegers, samenwerking ontstaat op basis van wederkerigheid. En ten tweede: in een wereld waar vele verschillende strategieën worden uitgetoetst, is een samenwerkingsstrategie het meest lonend. Maar hoe zit het met Axelrods derde vermoeden? Kan de strategie van samenwerking, als die eenmaal is ingeburgerd, zichzelf beschermen tegen een invasie van minder coöperatieve strategieën? Of zijn de bedriegers en egoïsten wellicht in staat om de samenleving terug te veroveren? Met andere woorden: is Tit-for-Tat een ess, een strategie die, als ze eenmaal is ontstaan, niet kan worden verbeterd?

Om zijn laatste vermoeden te testen, besloot Axelrod om het toernooi een *ecologische* wending te geven door de programma's uit de eerdere toernooien zich te laten 'voortplanten' in een computersimulatie. Eén ronde van het toernooi werd opgevat als één generatie. Als programma A in de eerste ronde twee keer zoveel punten haalt als programma B, komt programma A in de tweede ronde twee keer zo vaak voor. Naarmate de rondes elkaar opvolgen, worden de succesvolle programma's dus steeds talrijker, terwijl de niet-succesvolle programma's geleidelijk uitsterven. De computersimulatie bootst zo het principe van natuurlijke selectie na: hoe succesvoller, des te meer nakomelingen. Dit is een zware test voor de programma's: de competitie wordt immers steeds sterker omdat het milieu langzaam verandert. Daarom is het ook een ecologische en geen *evolutionaire* simulatie. Voor een evolutionaire simulatie zouden de programma's ook

toevallige kleine veranderingen (mutaties) moeten ondergaan. In een ecologische simulatie verandert alleen de *distributed* van de programma's. Sterke programma's gaan domineren in de populatie waardoor er op een gegeven moment alleen nog maar zulke programma's overblijven. In het begin kunnen slinkse uitbuitingsstrategieën nog floreren omdat er nog genoeg naïeve sukkels zijn die onvoorwaardelijk samenwerken. Maar op den duur zijn deze sukkels uitgestorven waardoor er niemand meer is om uit te buiten. Ook de uitbuitingsstrategieën leggen dan het loodje. Niet-aardig zijn vernietigt op den duur het milieu dat noodzakelijk is voor niet-aardig zijn.

De uitkomst van de ecologische computersimulatie sprak opnieuw boekdelen. Bij de vijftigste generatie (vijftigste ronde) waren de programma's die in de eerdere toernooien onderaan eindigden vrijwel allemaal verdwenen. De programma's die in de eerdere toernooien in het midden eindigden, begonnen te slinken. De programma's die in de eerdere toernooien bovenaan waren geëindigd, werden steeds talrijker. Bij de duizendste generatie (duizendste ronde) was Tit-for-Tat het meest voorkomende programma en het groeide nog steeds sneller dan alle andere overgebleven programma's! Dit succes laat zien dat Tit-for-Tat een zeer robuuste strategie is. Dat wil zeggen, het programma doet het uitstekend in zeer verschillende milieus.

Toch is Tit-for-Tat geen echte ess omdat het programma, wanneer het is ingeburgerd, kan worden verdrongen door een alternatieve strategie. Weliswaar niet meer door een 'gemene' strategie zoals 'Altijd bedriegen', maar wel door een andere 'aardige' strategie zoals 'Onvoorwaardelijk samenwerken'. In een populatie met louter aardige strategieën zijn Tit-for-Tat en 'Onvoorwaardelijk samenwerken' qua gedrag niet van elkaar te onderscheiden. Het programma dat onvoorwaardelijk samenwerkt kan zich zo in de populatie verspreiden zonder te worden opgemerkt. De programma's zijn echter wel degelijk verschillend en dus is Tit-for-Tat strikt genomen geen echte ess. Tit-for-Tat komt tevens in de problemen bij een toernooi waarin het programma niet tegen zichzelf uitkomt. In een milieu met louter bedriegers kan één enkele Tit-for-Tat zich niet verspreiden. Maar zodra een Tit-for-Tat een soortgenoot vindt, kan er een coöperatief groepje ontstaan en zo'n club van voorbeeldig samenwerkende Tit-for-Tats zal de bedriegers snel verdringen. Tit-for-Tat is dan evolutionair stabiel. Tit-for-Tat heeft nog een ander minpunt:

het is gevoelig voor vergissingen. Twee voorbeeldig samenwerkende Tit-for-Tats kunnen per ongeluk in een 'echo', een vergeldingslus terecht komen die niet meer kan worden teruggedraaid. Twee Tit-for-Tats herhalen dan immers steeds elkaars zetten. In het dagelijks leven zijn we maar al te bekend met zulke lussen: denk bijvoorbeeld aan de geweldsspiralen in het Midden-Oosten en Noord-Ierland.

WENKEN VOOR WERELDLEIDERS

Al met al leverde Axelrods analyse vier strategische adviezen op die ook in het dagelijks leven, de economie, de politiek en talrijke andere situaties van pas komen. Ten eerste, vermijd onnodige conflicten door samen te werken zolang de ander dat ook doet. Ten tweede, laat zien dat je geprovoceerd bent als de ander je zonder aanleiding bedriegt. Ten derde, wees vergevingsgezind nadat de ander op jouw afwijzing reageert en zijn gedrag bijstuurt. En ten vierde, houd je gedrag transparant en voorspelbaar zodat de ander zich aan jouw gedragspatroon kan aanpassen.

Tit-for-Tat voldoet aan deze vier eisen. Het feit dat Tit-for-Tat aardig is, voorkomt dat er onnodige complicaties ontstaan. Door altijd te beginnen met samenwerken, en te blijven samenwerken zolang de ander dat ook doet, kan er wederzijds vertrouwen ontstaan. Maar daarnaast laat Tit-for-Tat zich niet uitbuiten, want het slaat onmiddellijk terug nadat de ander een klaploper is gebleken. Hierdoor zal de andere partij zich een tweede keer bedenken alvorens nogmaals te bedriegen. De vergevingsgezindheid van Tit-for-Tat maakt het echter mogelijk dat de wederzijdse samenwerking weer snel kan worden hersteld. Als de andere partij haar goede wil toont, zal Tit-for-Tat de uitgestoken hand aannemen en weer samen gaan werken. En de doorzichtigheid van Tit-for-Tat zorgt ervoor dat de gevoerde strategie voor anderen volstrekt duidelijk is zodat er geen misverstanden kunnen ontstaan. De transparantie van Tit-for-Tat biedt zo het perspectief op samenwerking op de langere termijn. Axelrod heeft zijn analyses en adviezen gedocumenteerd in een boek over de evolutie van samenwerking. In een bespreking ervan stelde Dawkins dat de wereldleiders met het boek opgesloten moeten worden en niet vrij mogen komen voordat ze het hebben gelezen. Het zou onze redding kunnen betekenen.

Dit is echter niet het einde van het verhaal. In 1993 ontdekten de speltheoreticus Martin Nowak en de wiskundige Karl Sigmund namelijk een nog succesvoller programma dan Tit-for-Tat, te weten: *Pavlov*. ‘Pavlov’ volgt de volgende instructie: *Dezelfde strategie volgen als in de vorige zet wanneer die tot een gunstig resultaat leidde, wisselen wanneer dit niet het geval was*. Met andere woorden, Pavlov hanteert de strategie van winnen-doorgaan, verliezen-omschakelen. ‘Winnen’ betekent 5 of 3 punten, ‘verliezen’ 1 of 0 punt. Pavlov was ontdekt door middel van een evolutionaire computersimulatie. Zoals gezegd, ook in zo’n simulatie worden succesvolle programma’s talrijker in opeenvolgende generaties, maar daarnaast ondergaan de programma’s ook nog voortdurend kleine veranderingen. De strategieën maken bijvoorbeeld willekeurige vergissingen of veranderen steeds van tactiek. De evolutionaire simulatie maakt echter dat het systeem kan leren door verbeteringen vast te houden en onsuccesvolle strategieën te elimineren. Het is evolutie door cumulatieve selectie. In de simulatie was Pavlov na ettelijke generaties vanzelf ontstaan en daarna bleef hij stabiel. Pavlov won ook gemakkelijk van Tit-for-Tat en is zodoende nog robuuster. Pavlov heeft dan ook ten minste twee voordelen boven Tit-for-Tat. Ten eerste kan Pavlov vergissingen makkelijker corrigeren waardoor een vergeldingslus kan worden doorbroken. En ten tweede is Pavlov beter in staat om naïeve sukkel (‘Onvoorwaardelijk samenwerken’) uit te buiten. Tit-for-Tat zal immers met een naïeve sukkel gaan samenwerken waardoor het de maximale score van vijf punten misloopt. Pavlov is dus gemeen als het zo uitkomt.

De naam ‘Pavlov’ is natuurlijk niet zomaar gekozen. Pavlov was de Russische psycholoog die de klassieke conditionering ontdekte, het feit dat men dieren en mensen een associatie tussen een stimulus en een respons kan aanleren. Deze ontdekking leidde vervolgens tot de operante conditionering waarbij gedrag kan worden gecontroleerd en veranderd door beloning en straf. De strategie die het programma Pavlov volgt, is: ‘Stel je gedrag bij als het verkeerd gaat’. Dit principe vinden we terug in talrijke leerprocessen zoals bij het africhten van honden, het dressereren van paarden en het opvoeden van kinderen.

Er is echter één maar. De strategie van Pavlov heeft ook zwakheden. Deze gebreken waren al veel eerder ontdekt door – het laat zich

raden – Anatol Rapoport. Rapoport was al jaren eerder op het spoor van Pavlov gekomen en had de strategie de naam ‘Domoor’ (*simpleton*) gegeven. En niet zonder reden. Pavlov staat namelijk volledig machteloos tegenover de strategie ‘Altijd bedriegen’. Pavlov blijft dan immers vergeefs overstappen op ‘samenwerken’ waardoor het resultaat nul punten bedraagt. Wat Nowak en Sigmund ontdekten, was dat Pavlov zich pas kan verspreiden nadat Tit-for-Tat alle klappers heeft verdreven. Pavlov blijkt dan evolutionair stabiel, dat wil zeggen, immuun tegen elke invasie van andere strategieën.

MORAAAL VAN SENTIMENTEN

Welke conclusies kunnen aan het voorgaande verbinden? Wat heeft de speltheorie met de moraal te maken, wat is de link? De link is: onze emoties. In zijn boek over de oorsprong van de moraal stelt de Engelse zoöloog Matt Ridley dat wij door natuurlijke selectie zijn uitgerust met emoties en sociale instincten die speciaal zijn gemoedeleerd om complexe Tit-for-Tat-relaties aan te kunnen gaan. Dit is volgens Ridley ook de reden waarom onze hersenen de afgelopen drie miljoen jaar explosief zijn gegroeid. De meeste rekentijd van ons brein wordt namelijk niet besteed aan intellectuele inspanningen, maar aan het voortdurend in de gaten houden van sociale verbanden. Het extra breinvermogen is nodig om de complexe relaties in een groep te kunnen begrijpen. Tit-for-Tat-relaties maken de zaak nog ingewikkelder omdat men steeds moet afwegen met wie men *niet* en met wie men *wel* zal samenwerken. Altruïsme gebaseerd op wederkerigheid vereist dus de nodige sociale intelligentie. De eerder genoemde vampiervleermuizen hebben niet voor niets de grootste neocortex van alle vleermuizen.

Volgens Ridley spelen onze emoties en sociale instincten een regulerende rol in de talloze kosten-batenanalyses die we voortdurend moeten maken. Het is namelijk niet alleen belangrijk om coalities te smeden en te onderhouden, maar ook om bedriegers en egoïsten op tijd op te sporen. Gelukkig blijken we voor dat laatste een fijne, aangeboren neus te bezitten. Bij het spelen van het herhaalde dilemma van de gevangene gaat het er uiteindelijk om of men elkaar kan vertrouwen. Onze emoties garanderen deze noodzakelijke betrokkenheid. Emoties halen de toekomst naar voren in de vorm van ons

geweten. We zullen een betrouwbare partner niet gauw beschamen omdat we de toekomstige consequenties kunnen overzien. Puur rationele wezens zijn niet in staat tot deze emotionele betrokkenheid. Vergelijk het met liefde, zegt Ridley. Liefde maakt ons betrokken bij een relatie. Liefde hoeft niet eeuwig te zijn, maar ze is duurzamer dan lust. Zonder de emotie die we 'liefde' noemen, zouden mensen voortdurend van partner wisselen en nooit echt betrokken raken bij een relatie.

Onze emoties vormen een smeermiddel voor duurzame relaties en coöperatie op de lange termijn. Wederkerig altruïsme is een instinct dat ons in staat stelt meer profijt te trekken uit sociale verbanden. In hoofdstuk 5 hebben we reeds gezien dat wederkerig altruïsme geen koele en verstandelijke afweging is. Een aap heeft geen ingebouwde stopwatch die precies bijhoudt hoe lang er wordt gevlooid zodat hij straks niet per ongeluk te veel tijd en energie terugbetaalt. Als we een cadeautje aan een goede vriend geven, onthouden we doorgaans niet wat het kost zodat we op onze eigen verjaardag kunnen controleren of hij ons wel voldoende teruggeeft. Een dergelijk houding wordt juist gezien als een teken van wantrouwen. Bij onze familie en onze beste vrienden is er sprake van wederzijdse affectie zonder dat we voortdurend rekeningen hoeven bij te houden. Frans de Waal noemt dit wederkerigheid op basis van symmetrie, een verschijnsel dat bij alle sociale primaten voorkomt. Wederzijdse affectie lokt soortge-lijk gedrag uit in beide richtingen, waardoor een duurzame band ontstaat: 'Wij zijn maatjes'. Alleen bij vreemden en (sommige) collega's zijn we geneigd precies bij te houden wat we geven en nemen. Dit noemt De Waal berekenende wederkerigheid, een strategie die eveneens veelvuldig door mensapen wordt toegepast. Bij deze vorm van reciprociteit worden de transacties met partners steeds geëvalueerd – 'Heb jij onlangs wat voor mij gedaan?' – zodat men kan beslissen wie een wederdienst moet worden bewezen. De Waal beschrijft in zijn boeken diverse gevallen waarin een aap hevig ontdaan raakt of zelfs een woedeaanval krijgt wanneer een verwachting niet wordt ingelost.

Beide vormen van reciprociteit zijn gebaseerd op sentimenten. Het feit dat mensen en dieren in sommige gevallen een mentale boekhouding bijhouden, betekent niet dat er een puur rationele afweging wordt gemaakt. Ook berekenende wederkerigheid wortelt in

emoties. We voelen ons immers moreel verplicht om een belofte na te komen en we schamen ons wanneer we iemand bewust benadelen. We voelen ons schuldig wanneer we misbruik maken van iemands vertrouwen en we weten drommels goed dat ons publieke schande wacht wanneer we als bedrieger worden ontmaskerd. (De mens, de blozende aap, heeft voor zijn schuld- en schaamtegevoel zelfs een visueel signaal ontwikkeld zodat soortgenoten duidelijk zijn gemoedstoestand kunnen aflezen.) Omgekeerd raken we ontstemd of bedroefd als iemand oneerlijk tegen *ons* is, hetgeen ons ervan zal weerhouden om een bedrieger snel te vergeven. Maar we zijn juist weer gesteld op iemand die zich altruïstisch jegens ons gedraagt. Zo iemand vinden we sympathiek. Al deze emoties vinden we, soms in rudimentaire vorm, ook bij mensapen.

Zowel Ridley als De Waal constateren dan ook dat het uitgangspunt van de eerste generatie speltheoretici onjuist was. Mensen (en dieren) zijn niet 'rationeel' in de zin dat ze altijd maximaal voordeel uit elke transactie willen halen. De bereidheid tot samenwerking heeft geen rationele maar een emotionele basis. Indien winstmaximalisatie het enige motief was, zouden individuen altijd moeten pakken wat ze kunnen krijgen en zich nooit door sentimenten laten beïnvloeden. De klassieke speltheorie voerspelt dat rationele individuen steeds maximaal profijt willen halen, terwijl de praktijk laat zien dat individuen vaak een aanbod verwerpen dat hun oneerlijk toeschijnt. In plaats van overal en altijd potentieel gewin na te streven, zijn mensen en dieren juist beducht voor verlies en bedrog. Een oneerlijke beloning lokt verontwaardiging en woede uit. Dergelijke emoties zijn niet onverstandig want ze voorkomen dat er in de toekomst vaker misbruik van ons wordt gemaakt.

ZIJN WE VAN NATURE GOED?

Onze *tit-for-tat*-emoties stellen ons in staat om duurzame banden aan te gaan, coalities te smeden en bedriegers lik op stuk te geven. Wederkerig altruïsme is een product van de evolutie. Ons eigenbelang en dat van de groep zijn erbij gediend. Het geweten is daarom feitelijk een afweging tussen eigenbelang en groepsbelang. Volgens Ridley worden moord, verkrachting en diefstal overal als zware misdaden gezien omdat het uitingen van extreem egoïsme zijn. De be-

reidheid tot samenwerken, vrijgevigheid en onbaatzuchtigheid worden daarentegen als deugden beschouwd omdat ze het belang van de groep dienen. Volgens Ridley hangt het principe van wederkerigheid als een voortdurende aanmaning boven al onze sociale interacties. Schuld en boete, schaamte en vergeving, bedrog en verontwaardiging zijn emoties die reciprociteit in de hand werken. Emoties hebben echter ook een schaduwzijde. Sommige sentimenten leiden inderdaad tot betrokkenheid, maar andere emoties kunnen juist het omgekeerde bewerkstelligen. Liefde kan bijvoorbeeld omslaan in jaloezie, afgunst en wraakzucht. In dergelijke gevallen zouden we wellicht beter af zijn *zonder* sentimenten, zoals de puur rationele Mr. Spock in de sciencefictionserie *Star Trek*.

De moraal is niet uit de lucht komen vallen maar ligt stevig in onze biologie verankerd. De evolutie heeft ons uitgerust met functionele emoties die we ons geweten noemen. Het stelt ons in staat om complexe sociale relaties aan te gaan. Ons eigenbelang en dat van de groep varen er wel bij. Volgens De Waal zijn we van nature helemaal niet zo slecht. De moraal is geen cultureel vernislaagje dat ons beestachtige zelf verhuult, maar een gedragscode die voortkomt uit de biologische noodzaak om samen te werken. Als de individuen in een groep deels botsende en deels overlappende belangen hebben, kunnen er morele systemen ontstaan die de gemeenschap in goede banen leiden. Solidariteit met de groep kweekt een sociale orde, een harmonieus 'wij-gevoel' dat interne conflicten voorkomt. De keerzijde van deze broederschap is echter dat ze soms ontaardt in vijandigheid naar andere groepen. Denk aan verschijnselen als xenofobie, stammenstrijd en voetbalrellen. In het wild levende mannelijke chimpansees smeden soms hechte coalities om naburige groepen uit te kunnen moorden. Bij de mens is het niet anders.

Volgens De Waal is universele broederschap daarom geen realistisch ideaal. De moraal is handig maar niet altijd even mooi of verheffend. Ook het robuuste succes van het programma Pavlov wijst eigenlijk in die richting. De mix van aardige en gemene trekjes van Pavlov schept immers een vriendelijke en coöperatieve wereld, maar voorkomt tegelijkertijd dat de samenleving afglijdt naar een naïef en zachttaardig droomland waar klaplopers vrij spel hebben. Een evolutiebiologische en speltheoretische benadering van de moraal wil deze onaangename, tribale trekjes niet rechtvaardigen maar verkla-

ren. De kennis van onze minder fraaie neigingen kan misschien juist bijdragen aan de bijsturing ervan.

Betekent het principe van wederkerig altruïsme nu dat we eigenlijk toch allemaal egoïsten zijn? Werken we uiteindelijk samen uit puur eigenbelang? Het is maar hoe je het bekijkt. Ons bewustzijn is weliswaar gebouwd door zelfzuchtige genen, maar het is erop gebouwd om sociaal, betrokken en coöperatief te zijn. Is een coöperatieve persoon dan werkelijk onbaatzuchtig, of is het iemand die slechts zijn eigenbelang op de lange termijn veiligstelt? Deze vraag is misschien verkeerd gesteld. Zelfzuchtige genen en oprechte betrokkenheid sluiten elkaar namelijk niet uit. Het feit dat genen 'zelfzuchtig' zijn, betekent niet dat er een gen voor zelfzuchtigheid bestaat of dat wij allemaal egoïsten zijn. De evolutie heeft ons uitgerust met een heel scala aan functionele emoties. Deze sentimenten zijn niet louter slimme trucjes van genen om meer genen te maken. Genen willen helemaal niets. *Tit-for-tat*-emoties zijn het resultaat van natuurlijke selectie, maar dat maakt ze daarom niet minder oprecht.

Het gegeven dat de moraal wortelt in sentimenten betekent dat de mens niet het alleenrecht op de moraal bezit. Ook bij chimpansees en bonobo's zien we immers emoties die op schuld, schaamte, verontwaardiging of dankbaarheid wijzen. Er bestaat in dit opzicht geen kloof tussen mens en dier. Het enige verschil is misschien dat wij mensen onze door de evolutie gegeven moraal vaak trachten te rationaliseren. Het begint echter allemaal met gevoel.

Evolutie en esthetica

ESTHETISCHE OBSESSIES

De mens is bezeten door schoonheid. Wij besteden een aanzienlijk deel van onze (vrije) tijd aan activiteiten waar we een esthetische ervaring aan ontlelen. We lezen romans en gedichten, bezoeken de schouwburg of de concertzaal, we gaan naar musea en tentoonstellingen, en we reizen af naar verre oorden om gebouwen te bezichtigen of het natuurschoon te bewonderen. Schoonheid verheft ons en geeft ons een aangenaam gevoel. Zodra we met mooie dingen worden geconfronteerd, lijken we naar een hoger plan te worden getild: we vergeten de dagelijkse sleur en vertoeven even in een rijk dat alleen voor onszelf lijkt te bestaan. Schoonheid is onweerstaanbaar. Mooie dingen schenken voldoening en genot, en bieden verlichting en troost in een wereld vol rampspoed en ellende.

De hang naar esthetiek beperkt zich echter niet alleen tot de schone kunsten, het arcadische landschap of het obligate bezoek aan het museum of de concertzaal. Ook in het dagelijks leven zijn we geobsedeerd door mooie dingen. We kiezen onze kleren, brillen, horloges en sieraden meestal op grond van esthetische overwegingen. Bij de aanschaf van een auto of een fiets wordt onze keuze voor een groot deel bepaald door de vormgeving van het vervoermiddel. En als we onze huizen inrichten, zoeken we vooral naar meubels, tapijten en decoratieve objecten die ons esthetisch bekoren. *Design* staat in hoog aanzien. Gerenommeerde ontwerpstudio's zoals Cartier, Versace en Pininfarina zijn de idolen van onze tijd. Ook ons eigen lijf ontkomt niet aan deze drang tot verfraaiing. In *De afstamming van de mens* merkt Darwin al op dat mensen in alle culturen hun

huid en nagels beschilderen, hun haar verven en hun lichaam van tatoeages en piercings voorzien. De moderne cosmetische industrie is niet voor niets een uitermate succesvolle en bloeiende bedrijfstak. Er worden bakken geld verdiend aan make-up en poedertjes, zalfjes en crèmes die onze huid zouden verjongen waardoor we er mooier uitzien. En mocht dit niet het gewenste resultaat opleveren, dan kunnen we nog altijd onze toevlucht zoeken tot de plastisch chirurg die ons lichaam weer de gewenste proporties kan geven.

Waar komt deze obsessie voor schoonheid vandaan? Is het een culturele verworvenheid, of schuilt de drang naar esthetiek wellicht in onze genen? Tot voor kort gingen de meeste onderzoekers uit van de eerste hypothese: het vermogen om schoonheid en kunst te kunnen waarderen, is iets dat is aangeleerd. Kunst is het product van onze culturele erfenis, een teken van beschaving. In traditionele wijsgerige beschouwingen over esthetica en kunst wordt er dan ook vaak van uitgegaan dat het vervaardigen en waarderen van schoonheid iets is dat de alledaagse werkelijkheid ontstijgt. Kunst is iets 'hogers' dat geen praktisch nut heeft, het waarderen van schoonheid is iets verhevens, een doel op zichzelf. Uitgaande van deze visie is schoonheidszin slechts aan de mens voorbehouden. De mens, *Homo aestheticus*, onderscheidt zich van de dieren omdat hij het enige wezen is dat kunst kan creëren en appreciëren. Dieren zijn hier niet toe in staat. Net zo min als dieren morele oordelen kunnen vellen zijn ze ook niet in staat tot het vormen van een esthetisch oordeel.

In het vorige hoofdstuk hebben we echter gezien dat de moraal niet uit de lucht is komen vallen, maar stevig in onze biologie ligt verankerd. Bovendien hebben we geconstateerd dat er ten aanzien van moraliteit geen fundamentele kloof tussen mens en dier bestaat. Ook apen en mensapen hanteren immers morele codes en ook zij bezitten het vermogen om dankbaar, teleurgesteld en ontdaan te zijn, al naargelang beloftes wel of niet worden ingelost. Maar wat voor de ethiek geldt, geldt dan wellicht ook voor de esthetiek: mogelijk delen we de waardering voor schoonheid met andere diersoorten.

Evolutiepsychologen en sociobiologen menen dat dit inderdaad het geval is. Zij stellen dat mensen en dieren aangeboren en soort-specifieke voorkeuren voor bepaalde zintuiglijke stimuli bezitten. Sommige dingen worden als mooi, aangenaam en lekker ervaren, terwijl andere dingen lelijk, onaangenaam en vies worden gevonden.

Dergelijke preferenties zijn adaptief en door de evolutie gemodelleerd: ze stellen mensen en dieren in staat om zich succesvol in hun omgeving te handhaven. De evolutie heeft mensen en dieren uitgerust met bepaalde voorkeuren omdat ze voordeel boden in de strijd om het bestaan. Deze preferenties zijn uiteindelijk genetisch bepaald en komen tot uiting in neurale circuits die, wanneer ze worden geprikkeld, het organisme met genot of juist met afkeer vervullen. Alle dieren zijn dus eigenlijk 'estheten' want de schoonheidservaring wortelt in het oeroude biologische vermogen om zintuiglijke prikkels kwalitatief te kunnen beoordelen. (De term 'esthetica' is dan ook afgeleid van het Griekse woord *aisthêtès*, hetgeen 'waarnemer' betekent.) Het vermogen om schoonheid te kunnen ervaren, komt daarom wel degelijk voort uit wereldse doelen en belangen.

GEVEDERDE KUNSTENAARS

Op het eerste gezicht is er volop schoonheid in de wereld te vinden. Die schoonheid hoeft niet eens van menselijke makelij te zijn. Denk aan een prachtige zonsondergang, welriekende bloemen, een imposante nachtelijke sterrenhemel, uitbundig gekleurde vogels en vlinders, fraaie landschappen, de zang van de nachtegaal, enzovoort. Is deze schoonheid objectief in de zin dat ze op zichzelf kan bestaan? Of anders gezegd: zijn sommige dingen gewoon op zichzelf mooi, ook als er niemand is om ervan te genieten? De meeste mensen zullen deze vraag waarschijnlijk ontkennend beantwoorden. Schoonheid lijkt slechts in een menselijke context te kunnen bestaan. Als er geen mensen zouden zijn, was er helemaal geen schoonheid.

Een bekend Engels gezegde luidt: *beauty is in the eye of the beholder*. Schoonheid bestaat niet op zichzelf maar alleen in het oog van de beschouwer. De wereld op zichzelf is noch mooi noch lelijk, maar neutraal. Vergelijk het met de vraag naar het goed en kwaad in de wereld. De wereld op zichzelf is goed noch kwaad, maar onverschillig. Wij *mensen* vinden sommige dingen slecht en lelijk, of juist goed en mooi. Wijzelf verbinden ethische en esthetische waardeoordelen aan wat we zien, horen en meemaken. Ethische en esthetische oordelen lijken dus niets over de wereld zelf te zeggen, maar enkel iets over hoe wij de wereld ervaren. Dit is een relativistische kijk op ethiek en esthetiek die in de praktijk echter moeilijk is vol te houden.

Als er geen objectief goed en kwaad of mooi en lelijk bestaan, zouden wij ons bijvoorbeeld nooit kunnen vergissen, want alles is dan een kwestie van persoonlijke smaak. We zullen zien dat zo'n visie niet is vol te houden.

Ook de gedachte dat alleen de mens schoonheidszin bezit, is aanvechtbaar omdat, zoals reeds werd aangestipt, dieren eveneens het vermogen bezitten om zintuiglijke prikkels kwalitatief te beoordelen. Als we zeggen dat schoonheid alleen in een menselijke context kan bestaan, bezondigen we ons aan biologisch chauvinisme. Getuigt het immers niet van arrogantie te denken dat alleen de mens in staat is om esthetische genoegens te ondergaan? Darwin maakte reeds korte metten met dit antropocentrische idee. In *De afstamming van de mens* schrijft hij:

Schoonheidszin – Van deze zin wordt beweerd dat hij uniek is voor de mens. Maar wanneer wij mannelijke vogels zien die zorgvuldig hun veren en prachtige kleuren aan de wijfjes vertonen [...] is het onmogelijk te betwijfelen dat de wijfjes de schoonheid van hun mannelijke partners bewonderen. [...] Prieelvogels, die hun priëlen met vrolijk gekleurde objecten smaakvol versieren, zoals ook sommige kolibries dat met hun nesten doen, leveren bijkomend bewijs dat zij een zin voor schoonheid bezitten. Zo ook met het gezang van vogels, de zoete melodieën uitgestort door mannelijke vogels gedurende het seizoen van de liefde worden zeker bewonderd door de wijfjes [...]. Indien vrouwelijke vogels niet in staat zouden zijn om de mooie kleuren, de ornamenten en stemmen van hun mannelijke partners te appreciëren, zou alle inspanning en zorg om hun charmes aan de wijfjes te vertonen, verspild zijn, en het is onmogelijk dit aan te nemen. (i.64)

Darwin bespreekt in *De afstamming van de mens* niet alleen de evolutionaire oorsprong van de mens, maar hij wil tevens laten zien dat er geen kloof gaapt tussen mens en dier. In de natuur en in de evolutie is sprake van een continuüm, en dit geldt volgens Darwin ook voor de schoonheidszin. Sommige dieren hebben wel degelijk een gevoel voor esthetiek: ze hebben een aangeboren preferentie voor bepaalde vormen en kleuren, voor regelmaat, proportie en symmetrie.

In het bovenstaande citaat noemt Darwin het voorbeeld van de prieelvogel, die in de wouden van Noord-Australië en Nieuw-Guinea voorkomt. Dit voorbeeld is niet zomaar gekozen want van alle artistieke uitingen in het dierenrijk benaderen de prestaties van de

prieelvogel de menselijke kunst waarschijnlijk het dichtst. De mannelijke prieel- en satijnvogels, zo hebben we reeds in hoofdstuk 2 gezien, bouwen een prieel, een soort tuinhuisje dat uit twee parallelle, uit takken gevlochten wanden bestaat. De priëlen zijn soms wel twee meter hoog en worden met allerlei monochrome objecten versierd. De satijnvogel heeft bijvoorbeeld een uitgesproken voorkeur voor de kleur blauw. Hij verzamelt knalblauwe bloemblaadjes, veertjes, vruchten en slakkenhuizen die met grote zorg en met gevoel voor compositie in en rondom het prieel worden geschakeerd. De satijnvogel heeft er een dagtaak aan want de versierselen worden onmiddellijk vervangen zodra ze hun kleur dreigen te verliezen. In gebieden waar de satijnvogel in contact komt met de menselijke beschaving maakt hij dan ook dankbaar gebruik van meer duurzame blauwe objecten zoals plastic wasknijpers, batterijen en flessendoppen.

Het uiteindelijke resultaat zou zeker niet misstaan in een museum voor moderne kunst. De priëlen zijn immers ook geen nesten maar heuse 'installaties' die voortkomen uit een diepgewortelde drang tot creatieve expressie. Daarnaast, maar niet noodzakelijk op de eerste plaats, hebben de kunstwerken natuurlijk de biologisch niet onbelangrijke functie om wijfjes te verleiden. De meest geslaagde priëlen oefenen namelijk een onweerstaanbare aantrekkingskracht op hen uit. De wijfjes kiezen hun partner nadat ze als volleurde kunstcritici de verschillende priëlen hebben geïnspecteerd. De installaties van jonge, onervaren mannetjes kunnen de toets der kritiek meestal niet doorstaan. Zij moeten nog jaren oefenen en de kunst bij de meer ervaren vogels afkijken. Na de paring laat het mannetje de eigenlijke nestbouw en de zorg voor de eieren en jongen echter geheel aan het wijfje over. De mannelijke satijnvogel heeft dus niet louter het produceren van nageslacht voor ogen, want anders zou hij er beter aan doen een deel van de ouderzorg op zich te nemen. De vraag wat er nu op de eerste plaats komt – de kunst of de voortplanting – is daarom verdraaid lastig te beantwoorden. Vergelijk het met Picasso. De beroemde schilder was gedurende zijn lange leven een notoir rokkenjager die her en der kinderen verwekte waar hij vervolgens niet meer naar omkeek. Maakte Picasso schilderijen om vrouwen te veroveren en zijn genen te verspreiden? Het is zeker mogelijk, maar Picasso schilderde waarschijnlijk eerst en vooral als een bezetene

omdat hij een innerlijke en onblusbare drang voelde om mooie dingen te maken, net als de satijnvogel.

Darwin constateerde dat het kunstzinnige gedrag van de mannelijke prieel- en satijnvogels door seksuele selectie is ontstaan: hun artistieke uitingen komen voort uit vrouwelijke kieskeurigheid (*female choice*). Door seksuele selectie zijn het gedrag van de mannetjes en de voorkeuren van de wijfjes extreem uitvergroot. De artistieke voorkeuren van de mannelijke en vrouwelijke vogels zijn dus eigenlijk een uit de hand gelopen modegril, net zoals de staart van de pauwhaan. Het verschil is alleen dat de staart van de pauw een *lichamelijk* ornament is terwijl het prieel van de satijnvogel een versiersel is dat voortkomt uit *gedrag*. Het ornament is buiten het lichaam geplaatst en behoort daarom tot het uitgebreide fenotype (zie p. 223). De functie van al deze versieringen is echter dezelfde: het zijn fitness-indicatoren. Mannetjes die de tijd en energie op kunnen brengen om een imposant prieel te bouwen, bij te houden, en te beschermen tegen jaloerse concurrenten, hebben welhaast zeker goede genen. Ook de keuze van het wijfje is dus voor tweeërlei uitleg vatbaar. Het is mogelijk dat zij instinctief naar goede genen zoekt, maar het is ook mogelijk dat zij gewoon van goede kunst houdt. Misschien sluiten de twee motivaties elkaar zelfs helemaal niet uit.

WAT WIL DE PAUWHEN?

Toch is lang niet iedereen het eens met Darwins argumentatie. De filosoof Anthony O'Hear, hoogleraar aan de universiteit van Buckingham, is er bijvoorbeeld absoluut niet van overtuigd dat dieren schoonheidszin bezitten. In zijn boek *Beyond evolution* geeft hij het voorbeeld van de staart van de pauwhaan. Net zoals het prieel van de prieevogel en het bonte verenkleed van de paradijsvogel is de staart van de pauwhaan het resultaat van seksuele selectie. Pauwhennen kiezen stevast de pauwhanen die de meest indrukwekkende staart hebben als hun partner. Hier is iedereen het over eens. Maar O'Hear stelt dat het allerm minst is bewezen dat de pauwhennen ook werkelijk op *esthetische* gronden een keuze maken. Als we stellen dat de vogels schoonheidszin bezitten, maken we ons feitelijk schuldig aan antropomorfisme, het ongegrond toeschrijven van menselijke eigenschappen aan dieren.

Het is volgens O'Hear ook helemaal niet nodig om de kieskeurigheid van de pauwen met een gevoel voor schoonheid te verbinden, want de voorkeur van de hennen is misschien niets meer dan een aangeboren, adaptieve respons. Een grote, indrukwekkende staart is gewoon een teken van gezondheid, van innerlijke kracht en van goede genen. Het zijn hoogstwaarschijnlijk *deze* eigenschappen die de voorkeur van pauwhennen bepalen, en niet esthetische motieven. De preferentie voor een grote staart met veel oogvlekken is waarschijnlijk zelfs geheel voorgeprogrammeerd. De staart van de pauwhaan is, net als het preeel van de preeelvogel, een fitnessindicator. Een pauwhaan die zich zo'n uitbundig ornament kan veroorloven heeft goede genen en kan potentieel veel gezonde nakomelingen produceren. Geen wonder dus dat de evolutie de voorkeur van de hennen in deze richting heeft gestuwd. Het scheermes van Ockham gebiedt ons zo spaarzaam mogelijk te zijn in onze aannames. De hypothese dat de pauwen instinctief reageert op een fitnessindicator verklaart voldoende. De extra veronderstelling dat er ook nog esthetische motieven meespelen, is dus overbodig.

Ook de eerder genoemde verklaringen in termen van breinprocessen en neurale circuits hebben niets met esthetica te maken, aldus O'Hear. Het zal ongetwijfeld zo zijn dat bepaalde hersengebieden, zoals het limbisch systeem, een belangrijke rol spelen bij het kwalitatief beoordelen van zintuiglijke stimuli, maar zulke verklaringen zijn structureel onvolledig omdat ze slechts iets zeggen over het materiële substraat van psychische functies en niets over de mentale ervaringen *zelf*. Een dergelijke reductionistische benadering kan daarom ook niets over het schoonheidsgevoel zeggen.

O'Hear onderbouwt zijn stelling met behulp van de filosoof Immanuel Kant. In zijn *Kritik der Urteilskraft* uit 1790 stelt Kant dat we voor een begrip van schoonheid niet de kwaliteiten van het object zelf moeten analyseren, maar onze esthetische *oordelen* over deze objecten. Een esthetisch oordeel heeft de algemene vorm: 'X is mooi' of 'X is prachtig', enzovoort. Een esthetisch oordeel zegt dus iets over hoe de persoon die een oordeel geeft, *reageert* op een object. Esthetische oordelen hebben volgens Kant enkele typische kenmerken: ze zijn belangeloos, universeel, en niet-cognitief. Met 'belangeloos' bedoelt Kant dat esthetische oordelen niet worden bepaald door behoeftes of verlangens met betrekking tot het object.

We willen het object, bijvoorbeeld een fresco of sculptuur van Michelangelo, enkel belangeloos aanschouwen zoals het zich aan ons voordoet. Een esthetisch oordeel is dus contemplatief en cerebraal. We zijn niet geïnteresseerd in de financiële waarde van het object en we willen het niet voor een of ander nut of doel aanwenden. We beschouwen het object louter voor ons esthetische genoegen. Kants esthetica is dus nogal celibatair want iemand die een object uit hartstocht, begeerte of lust gadeslaat, zou geen oog voor de eigenlijke schoonheid hebben. Het moge duidelijk zijn, zegt O'Hear, dat dit niet opgaat voor de pauwen. De preferentie van de pauwen is immers allesbehalve belangeloos. Voor de pauwen staat er juist een heleboel op het spel, want haar keuze voor een partner leidt uiteindelijk tot voortplanting.

De preferentie van de pauwen is al evenmin universeel. Met 'universeel' bedoelt Kant dat onze esthetische oordelen een universele, algemene geldigheid pretenderen te bezitten. We doen dus *meer* dan het uitspreken van onze subjectieve reactie, want de uitspraak 'X is mooi' drukt in feite uit dat *iedereen* X mooi zou moeten vinden. Anders zouden we kunnen volstaan met te zeggen '*Ik* vind X mooi'. Het oordeel 'X is mooi' impliceert dat iedereen een esthetisch genoegen aan het object zou moeten ontlelen. Het ligt in grote kunstwerken als die van Homerus, Michelangelo en Mozart besloten dat iedereen met voldoende educatie en de juiste gevoeligheid deze kunst zal waarderen. Volgens O'Hear is er bij de keuze van de pauwen geen sprake van een dergelijke universaliteit. Met haar uitverkiezing van een haan wil de pauwen niet uitdrukken dat alle andere hennen het met haar eens zouden moeten zijn.

Met 'niet-cognitief' bedoelt Kant ten slotte dat een esthetisch oordeel ons geen kennis van het object zelf verschaft. Een esthetisch oordeel is geen kennisoordeel zoals 'Dit is vierkant' of 'Dat is blauw'. Een esthetisch oordeel ('X is mooi') vertelt ons alleen maar iets over de *reactie* van een persoon op een object. Bij een esthetisch oordeel verwijzen we naar de emoties en gedachten die het object bij ons oproept. Hierin volgt Kant in grote lijnen de visie van de filosoof David Hume: smaakoordelen wortelen, net als morele oordelen, uiteindelijk in sentimenten. Emoties zijn echter subjectief. Hoe kunnen esthetische oordelen volgens Kant dan tegelijkertijd universeel zijn? Dat kan, zo hebben we gezien, omdat er zoets als Grote Kunst

en Goede Smaak bestaat. Iedereen zou Grote Kunst moeten waarderen. Als iemand zegt dat de *Ilias*, de *David* of de *Don Giovanni* hem koud laten, zijn we geneigd te zeggen dat hij zich vergist, dat zijn smaak nog niet genoeg ontwikkeld is, of iets dergelijks. De kunstwerken van Homerus, Michelangelo en Mozart zouden bij iedereen soortgelijke emoties op moeten roepen (of dit nu daadwerkelijk gebeurt of niet). Dit is een *normatieve* kwestie die opnieuw ver afstaat van de vermoedelijk puur instinctieve reactie van de pauwen op de staart met de meeste oogvlekken.

ESTHETISCH REALISME

Toch is O'Hear niet helemaal gelukkig met Kants esthetica. Kant benadrukt volgens O'Hear weliswaar terecht het feit dat een esthetische ervaring vaak meer is dan louter een plezierig gevoel. Maar O'Hear is het niet met Kant eens wanneer hij beweert dat esthetische oordelen uiteindelijk hun bron in onszelf hebben. Volgens Kant is schoonheid in laatste instantie iets subjectiefs, ook al bestaat er een algemene consensus over wat Grote Kunst is. Een esthetisch oordeel verwijst immers niet naar iets meetbaars. Er zijn geen wetenschappelijke maatstaven voor het beoordelen van schoonheid. Schoonheid is geen kwantificeerbare eigenschap: over smaak valt immers niet te twisten.

Of toch wel? O'Hear meent dat een relativistische esthetica niet plausibel is omdat ze zichzelf ondermijnt. Hij pleit daarom voor een vorm van esthetisch realisme: schoonheid is volgens O'Hear iets dat – ten dele – op zichzelf bestaat. Esthetische oordelen zijn weliswaar *onze* oordelen, maar dit neemt niet weg dat er ook een objectieve kant aan de zaak zit. Het zijn immers bepaalde objectieve eigenschappen van een object die een schoonheidsgevoel in ons losmaken. Denk bijvoorbeeld aan de gulden snede, de ideale verhoudingen van een vlak of een compositie, die veelvuldig werd toegepast in de klassieke schilderkunst en de architectuur. Een esthetische ervaring wordt dus door zowel subjectieve als objectieve aspecten bepaald. Schoonheid is een *relationele* eigenschap. Esthetische oordelen worden mogelijk gemaakt door onze biologische constitutie (ons brein en perceptieapparaat) en onze culturele tradities (het feit dat we kunnen leren om bepaalde dingen mooi te vinden). Niette-

min, onze esthetische oordelen onthullen ook iets wezenlijks over het object *zelf*.

Als esthetische oordelen louter subjectief zouden zijn, zouden wij ons nooit kunnen vergissen. Een esthetisch oordeel zou immers niets anders zijn dan de uitdrukking van een persoonlijke smaak. De kunstkritiek zou dan kunnen worden opgeheven, want iedereen heeft immers recht op zijn eigen oordeel. Dit is een relativistische positie die bij nader inzien niet plausibel is. Het feit dat wij ons kunnen vergissen in onze esthetische oordelen, betekent dat ons oordeel ondergeschikt is aan iets objectiefs buiten ons. Neem de muziek van Beethoven. Diens late strijkkwartetten en pianosonates werden niet door zijn tijdgenoten begrepen. De muziek zou te weinig structuur vertonen, te langdradig zijn, regelmatig wringen en merkwaardige ritmes hebben (aan het eind van opus 111, Beethovens laatste pianosonate, is een heuse boogie-woogie te horen). Bovendien was het algemeen bekend dat de componist stokdoof was. Men vond het daarom niet vreemd dat Beethoven geen mooie muziek meer kon schrijven.

Tegenwoordig zeggen we echter dat Beethovens tijdgenoten zich ernstig hebben vergist. De late kwartetten en sonates worden tegenwoordig als een hoogtepunt in de westerse muziekgeschiedenis gezien. Het is diepzinnige muziek, Grote Kunst die eigenlijk door elk mens gewaardeerd zou moeten worden. Iets soortgelijks geldt voor de romans van Kafka en de schilderijen van Van Gogh, die aanvankelijk ook niet werden begrepen, maar tegenwoordig tot de canon van de westerse kunst behoren. Grote Kunst wordt op deze manier zelf een objectieve maatstaf voor elke nieuwe generatie kunstenaars.

Volgens O'Hear hebben esthetische oordelen dus wel degelijk een objectief aspect. Niet alleen kunnen we ons vergissen in onze oordelen, maar we kunnen ook voortdurend nieuwe eigenschappen in een esthetisch object ontdekken. Dit geldt voor de werken van Homerus, Michelangelo en Mozart, maar ook voor een fraai landschap of een mooi menselijk lichaam, enzovoort. Elke keer als men deze 'objecten' ervaart, kan men er nieuwe elementen, vormen en structuren in ontdekken. Dit is alleen mogelijk als er iets reëls *buiten* ons bestaat dat bij ons een gevoel van schoonheid kan opwekken. Er valt dus wel wat voor een esthetisch realisme te zeggen. Het domein van het schone is in zekere zin een antropocentrisch domein want estheti-

sche oordelen zijn immers *onze* oordelen. Hume en Kant hebben in dit opzicht gelijk. Maar schoonheid heeft tegelijkertijd een objectieve kant omdat het ons iets wezenlijks over bepaalde aspecten van de wereld vertelt.

PLATO ALS MIDDENWEG

Sommige filosofen hebben geprobeerd een dergelijk esthetisch realisme een metafysische wending te geven. Esthetische oordelen verwijzen dan niet alleen naar iets buiten ons, maar ze *overstijgen* zelfs de gehele empirische werkelijkheid. Een voorbeeld van zo'n filosoof is Plato. De Griekse wijsgeer stelde dat onze aardse schoonheidsbeleving een herinnering (*anámnesis*) is aan de periode *voor* onze geboorte toen onze ziel zich in de ideeënwereld bevond. In feite zijn alle aardse dingen een vage afspiegeling van eeuwige, onveranderlijke vormen en ideeën. De wereld die we via onze zintuigen leren kennen, is volgens Plato niet de ware wereld. De empirische wereld is onvolmaakt, vluchtig en veranderlijk. Via ons verstand (Plato is het prototype van een rationalist) begrijpen we dat aardse dingen slechts een tijdelijke afspiegeling zijn van eeuwige en volmaakte ideeën.

Volgens Plato geldt dit ook voor schoonheid. In de zintuiglijke wereld ervaren we schoonheid allereerst in fysiek aantrekkelijke medemensen – in het geval van Plato: mooie jongens. Het schoonheidsgevoel begint dus met vleselijke lust. Maar deze seksuele begeerte naar een specifiek medemens is volgens Plato slaafs en kortzichtig. We kunnen de lust sublimeren door van de begeerte naar een specifieke jongeling op te klimmen naar datgene wat *alle* mooie dingen met elkaar verbindt: de absolute schoonheid op zichzelf. We hebben ons dan losgemaakt van de hang naar het zintuiglijke en het individuele en in plaats daarvan aanschouwen we het zuivere idee van het universele schone zelf. De esthetische ervaring is dan – zoals ook Kant stelt – waarlijk vrij, onthecht en belangeloos. Wanneer ons verstand het idee van de zuivere schoonheid aanschouwt, staan we in contact met een hogere, transcendente werkelijkheid.

O'Hear stelt dat we Plato's metafysica niet zonder meer hoeven te omarmen. Maar Plato wijst ons wel op iets belangrijks met betrekking tot schoonheid. Hij laat namelijk zien dat er een heel scala aan esthetische ervaringen bestaat, variërend van fysieke, seksuele

aantrekking aan de ene kant tot belangeloze waardering voor het schone zelf aan de andere kant. Er bestaat, met andere woorden, een glijdende schaal tussen Darwin en Kant, een continuüm tussen seksuele aantrekking en esthetische onthechting. Darwin benadrukt dat het schoonheidsgevoel zijn oorsprong vindt in biologische functies zoals de voortplanting, de voedselvoorziening en de keuze voor een leefomgeving. Volgens deze visie hebben ook dieren een schoonheidszin. Kant, op zijn beurt, neemt de tegenovergestelde positie in: hij meent dat een esthetisch oordeel altijd belangeloos en vrij moet zijn, en niet kan worden verbonden aan een of ander nut of doel. Volgens deze visie zouden dieren geen schoonheid kunnen ervaren. Plato is de middenweg, hij vult de leegte. Zijn esthetica toont aan dat de posities van Darwin en Kant twee uitersten van een continuüm zijn en dat er geen fundamentele kloof gaapt tussen mens en dier.

Kant meende dat een instinctieve, fysiologische respons op een zintuiglijke prikkel nooit esthetisch in de ware zin des woords kan zijn. Deze visie is onhoudbaar want de instinctieve, soortgebonden reactie op bepaalde stimuli vormt juist de oorsprong van de esthetische ervaring. Instinct en esthetica kunnen prima samengaan. Er is dan ook geen reden om dieren een schoonheidszin te onzeggen, lage lusten kunnen best mooi en aangenaam zijn. De filosoof Friedrich Nietzsche begreep dit beter dan Kant. Hij stelt dat scheppende creativiteit en schoonheid voortkomen uit het samengaan van twee complementaire principes: de oerdrift en het zelfbesef. Nietzsche noemt deze principes respectievelijk het 'dionysische' en het 'apollinische'. De blinde, dionysische drift ligt ten grondslag aan de zintuiglijke genieting, de roes en de extase. Deze zinsvervoering kan echter alleen door toedoen van het apollinische zelfbesef (het individuatieprincipe) worden beleefd.

DE OORSPRONG VAN KUNST

O'Hear zou dus eigenlijk moeten erkennen dat zijn aanvankelijke scepsis ten aanzien van de dierlijke schoonheidszin wat voorbarig was. Hij doet dit echter maar ten dele. O'Hear erkent dat er geen biologische kloof gaapt tussen mens en dier en dat we allemaal van darwiniaanse origine zijn. Tevens geeft hij toe dat seksuele aantrekking de meest elementaire schoonheidservaring is en dat er dus ook

in dit opzicht geen verschil tussen mens en dier bestaat. Maar volgens O'Hear blijft er toch sprake van een discrepantie omdat alleen de mens in staat is zich van zijn biologische wortels te bevrijden. Wij mensen zijn uniek omdat we onze esthetische oordelen kunnen evalueren en corrigeren. Het menselijke schoonheidsgevoel ontwikkelt zich en wordt voortdurend verfijnd. Pauwen, satijnvogels en alle andere dieren zijn hier niet toe in staat omdat hun voorkeuren genetisch zijn voorgeprogrammeerd. O'Hear benadrukt zo opnieuw de twee uiterste polen van de esthetische ervaring terwijl er ook een groot middengebiet bestaat. Tussen instinctieve preferenties en verheven kunstkritiek ligt immers nog een hele wereld van esthetische mogelijkheden. Bovendien, het feit dat een preferentie een genetische basis heeft, betekent allerm minst dat die voorkeur illusoir zou zijn of dat de bevrediging van de preferentie niet intens en bewust kan worden beleefd. De esthetische ervaring is dus niet iets 'extra's', een soort bonus die de aangeboren sensibiliteit voor bepaalde zintuiglijke stimuli kan aanvullen. Nee, de aangeboren sensibiliteit *is* de esthetische ervaring.

O'Hear heeft natuurlijk gelijk dat wij mensen ons esthetisch vermogen hebben uitgebreid naar geheel nieuwe contexten zoals de beeldende kunst, de architectuur en de literatuur. Maar dat neemt niet weg dat de oorsprong van alle schoonheidservaring in onze menselijke natuur is gelegen. In hoofdstuk 9 hebben we reeds gezien dat de eerste stappen van de mens in de richting van de kunst zeer nauw met biologische imperatieven zoals voortplanting en voedselvoorziening waren verbonden. Op veel plekken in Europa zijn bijvoorbeeld prehistorische beeldjes van zeer voluptueuze vrouwen gevonden. Het beroemdste voorbeeld is de Venus van Willendorf (afb. 13.1).

Het kalkstenen beeldje van tien centimeter groot is gevonden in Oostenrijk en wordt meer dan dertigduizend jaar oud geschat. Vrijwel elk gerenommeerd archeologisch museum in Europa heeft overigens soortgelijke beeldjes in zijn collectie. Dergelijke sculpturen hadden waarschijnlijk een functie: ze speelden mogelijk een rol in vruchtbaarheidsrituelen. Deze vroegste vorm van kunst was dus haast wel zeker aan seks en voortplanting gelieerd. Natuurlijk weten we niet zeker *of* de beeldjes een functie hadden, en zo ja, welke. Er zijn dan ook alternatieve hypothesen bedacht, zoals het idee dat de



Afbeelding 13.1: Venus van Willendorf.

beeldjes gewoon speelgoed waren. Dit is echter niet waarschijnlijk want, zoals Jan Wolkers ooit opmerkte: ‘De opgepompte vormen van het liederlijke knolgewas lijken uit gestolde liefdessappen te zijn gekneed.’ Volgens Wolkers is één blik op de Venus van Willendorf voldoende om te beseffen dat ‘de makers in duistere spelonken tussen bloederige vellen van holenberen en mammoeten op de gulzige tast de liefde bedreven in bestiale bronst.’

Ook bij een andere tak van prehistorische kunst, de grottschilderingen, speelden onderliggende biologische motieven vermoedelijk een belangrijke rol. In de grotten van Lascaux, Rouffignac en Chauvet vinden we bijvoorbeeld vrijwel alleen maar afbeeldingen van dieren zoals oerossen, bisons, herten, paarden, katachtigen, mammoeten, wolharige neushoorns en beren. Is dat toevallig? Nee, want de grottschilderingen en -graveringen hadden waarschijnlijk een rituele of magische functie met betrekking tot de jacht (afb. 13.2).

Jacht levert zeer rijk voedsel op, in het bijzonder dierlijke vetten en eiwitten, en voedsel vergaren is, naast de voortplanting, natuurlijk een van de meest elementaire bezigheden van alle organismen.

Ook deze vorm van vroege kunst, met een vergelijkbare ouderdom als die van de Venus van Willendorf, komt dus mogelijk voort uit elementaire biologische behoeften. We weten dit echter niet zeker. Er is bijvoorbeeld ook geopperd dat de grotten veeleer een soort heiligdom of spirituele cultusplaats waren waar jongelingen in mythen of een proto-religie werden ingewijd. Maar hoe dan ook, het leidt geen twijfel dat de magische aanwezigheid van diverse soorten (prooi)dieren een belangrijke rol speelde in deze rituelen.

Onze verre voorouders bezaten echter nog meer artistieke kwaliteiten, zoals het vervaardigen van fijn afgewerkte stenen werktuigen. Deze werktuigen zijn veel ouder dan de venusbeeldjes en de grotschilderingen. De eerste primitieve stenen slagbijlen en schraapmesses werden reeds door *Homo habilis* vervaardigd en zijn minstens tweeëneenhalf miljoen jaar oud. Rond anderhalf miljoen jaar geleden perfectioneerde *Homo erectus* deze vaardigheid en werden de eerste echte vuistbijlen gemaakt. Deze veelal uit vuursteen of obsidiaan vervaardigde objecten werden in de hele Oude Wereld (Afrika, Europa en Azië) in enorme hoeveelheden geproduceerd en bleven ruim een miljoen jaar lang vrijwel onveranderd. Culturele innovatie of variatie was blijkbaar geheel afwezig. Merkwaardig is ook dat veel opgegraven vuistbijlen hun eigenlijke doel als handig werktuig voorbij lijken te schieten, bijvoorbeeld omdat ze veel te groot en te zwaar of juist veel te klein en onhandig zijn, of omdat ze een mate van afwerking en symmetrie vertonen die elk praktisch nut te bovengaat. Het meest raadselachtige is wel dat menige vuistbijl geen enkel spoor van gebruik of slijtage vertoont, zelfs niet onder de elektronenmicroscop.

De archeologen Marek Kohn en Steven Mithen hebben recentelijk de hypothese geopperd dat zulke vuistbijlen misschien niet de primaire functie van werktuigen hadden, maar van siervoorwerpen. De vuistbijlen hadden dezelfde functie als de staart van de pauwhaan en het prieel van de satijnvogel: het waren mannelijke pronkstukken om de andere sekse te imponeren en te verleiden. De vuistbijl was een fitnessindicator die door seksuele selectie, vrouwelijke kieskeurigheid, extreem werd uitvergroot. Een mooie vuistbijl maken vereist namelijk de nodige lichamelijke en geestelijke inspanning. Een sierbijl verradt zo allerlei fitnessaspecten als handvaardigheid, uithoudingsvermogen en karakter. Indien Kohn en Mithen gelijk



Afbeelding 13.2: Stierenkop. Grotschildering, Lascaux (Frankrijk, Dordogne).

hebben, zijn vuistbijlen de vroegste kunstuitingen van het geslacht *Homo*. Bovendien zou het eens te meer bewijzen dat esthetiek en kunstzinnigheid in onze genen schuilen.

SCHOONHEID ALS ADAPTATIE

Volgens evolutiepsychologen als Steven Pinker, Geoffrey Miller en David Buss zijn de schone kunsten die we in musea en galerieën tegenkomen slechts een recente manifestatie van een veel ouder en universeel menselijk instinct tot het maken van esthetische objecten. De vroegste kunst bestond uit vuistbijlen, grotschilderingen, beeldjes, beschilderde lichamen en sieraden. Met betrekking tot de vraag naar de oorsprong van de schoonheidszin schaart de evolutiepsychologie zich dus aan de zijde van Darwin. Het vermogen om schoonheid te kunnen waarderen, behoort tot de menselijke natuur en dit vermogen delen we wellicht met andere dieren. Het vermo-

gen om zintuiglijke indrukken kwalitatief te kunnen beoordelen, is een adaptatie die is gemodelleerd door natuurlijke en/of seksuele selectie. Schoonheid zetelt in de *psyche* van de beschouwer, een psyche die door de evolutie is gevormd. We kunnen de schoonheidszin daarom slechts begrijpen wanneer we hem in een evolutionair verband plaatsen.

Evolutiepsychologie, zo hebben we eerder gezien, is evolutiebiologie toegepast op de adaptaties van het brein en de psyche. Psychische functies zoals emoties, preferenties en ons gevoel voor schoonheid zijn gedurende de menselijke evolutie gemodelleerd om de overleving en de reproductie te begunstigen. Traditioneel geschoolde denkers en esthetici gaan veelal uit van het idee dat de menselijke geest eindeloos kan worden geplooid door culturele conditionering. De evolutiepsychologie gaat juist van het omgekeerde uit, zij benadrukt de universaliteit van de menselijke natuur. De evolutie heeft onze geest van functionele, psychische modules voorzien die een meer verfijnde interactie met de omgeving mogelijk maken. De menselijke natuur kan weliswaar op verschillende manieren door cultuur worden beïnvloed, maar de onderliggende basisuitrusting is overal hetzelfde.

Verreweg het belangrijkste deel van de menselijke evolutie vond plaats tijdens het Pleistoceen, de geologische periode van 1,6 miljoen tot tienduizend jaar geleden. Alle belangrijke psychische functies zijn gedurende deze tijdsspanne ontstaan. De afgelopen tienduizend jaar, in het Holoceen, zijn onze samenlevingsverbanden echter ingrijpend veranderd. Tijdens het Holoceen verruilden onze voorouders immers hun bestaan van jager-verzamelaars voor de bewoning van permanente nederzettingen, en deden de landbouw, de veeteelt, het schrift en de beschaving hun intrede. Historisch gezien is deze periode dus van groot belang geweest voor de mens, maar op de evolutionaire tijdschaal stelt het weinig voor. Tienduizend jaar is veel te kort om lichamelijke en psychische adaptaties ingrijpend te veranderen. Volgens de evolutiepsychologie bezitten wij daarom nog steeds een geest uit de steentijd, een *Stone age mind*. Als we de functies van onze esthetische modules, onze schoonheidszin, willen begrijpen, moeten we dus eigenlijk in de huid van onze verre voorouders kruipen.

Er zijn bijvoorbeeld interessante studies verricht naar landschaps-

preferenties, onder meer door de gedragswetenschapper Roger Ulrich, de evolutiepsycholoog Stephen Kaplan en de ecologen Gordon Orians en Judith Heerwagen. In deze studies werd onderzocht hoe mensen uit verschillende culturen en van verschillende leeftijden reageren op bepaalde typen landschappen. De proefpersonen kregen dia's of foto's van verschillende soorten omgevingen te zien waarbij steeds naar hun voorkeur werd gevraagd. Uit de onderzoeken kwam naar voren dat mensen een natuurlijk landschap vrijwel altijd mooier vinden dan een stedelijk of agrarisch gebied, en van de natuurlijke omgevingen werd een savanneachtig landschap veruit geprefereerd boven het regenwoud (uitbundige vegetatie) of de woestijn (weinig of geen vegetatie). Zelfs kinderen van acht jaar oud die nooit met eigen ogen een savanne hadden gezien, spraken een duidelijke voorkeur uit voor deze omgeving. Er lijkt een universele voorkeur te bestaan voor een glooiend graslandschap met verspreide bosschages, rotspartijen en een meanderend riviertje. Proefpersonen waarden met name de aanwezigheid van water, halfopen vegetatie, hoogteverschil, en grote (acacia)bomen met stammen die dicht bij de grond vertakken. Het is een omgeving die doet denken aan de 'ideale', idyllische landschappen van de Franse barokschilder Claude Lorrain.

Hoe is deze universele, interculturele consensus te verklaren? Volgens de onderzoekers zit de preferentie in onze genen: een savanneachtig landschap bekoort ons omdat het een geëvolueerde en aangeboren respons op een bepaald type omgeving is. Het geprefereerde landschapstype komt sterk overeen met de omgeving waarin de eerste mensachtigen hun opwachting maakten en waar verreweg het grootste deel van de menselijke evolutie heeft plaatsgevonden: de Afrikaanse savanne. De preferentie van onze voorouders voor dit type landschap was functioneel en adaptief. Een savannelandschap biedt de belofte van voedsel, uitkijkpunten en schuilplaatsen. De savanne herbergt naar verhouding meer wild dan het regenwoud of de woestijn. In een geaccidenteerd terrein zijn mogelijk waterpoelen of beekjes te vinden en hoogteverschil maakt tevens een weidse oriëntatie mogelijk en nodigt uit tot exploratie en een nomadisch bestaan. Hierbij bieden de verspreide bomen bescherming tegen roofdieren en de equatoriale zon. Kortom, individuen die de savanne prefereerden, werden door natuurlijke selectie beloond. Zij waren veel beter af dan individuen die de voorkeur gaven aan het dichte regenwoud of

de woestijn. Wij zijn de nazaten van die individuen: hun esthetische preferentie zit er bij ons ingebakken. De voorkeur komt nog steeds, wellicht deels onbewust, tot uiting in de aanleg van onze parken en tuinen.

SCHOONHEID EN SYMMETRIE

Wat voor landschappen geldt, lijkt ook voor bepaalde lichamelijke eigenschappen op te gaan. In alle culturen worden sommige lichamelijke kenmerken als mooi ervaren, zoals volle lippen, een gladde huid, gave en witte tanden, heldere ogen en glanzend haar. Is deze voorkeur arbitrair? Allerminst, want de genoemde eigenschappen zijn fitnessindicatoren, fysiologische tekenen van jeugdigheid, gezondheid en vruchtbaarheid. We vinden jonge mensen over het algemeen mooier dan oude. Dit geldt met name voor de preferentie van mannen voor jonge vrouwen. Jonge vrouwen zijn namelijk welhaast zeker vruchtbaar.

De schoonheidservaring is een effectief middel om de genetische kwaliteiten en de fitness van een potentiële partner in te kunnen schatten. We kunnen immers niet rechtstreeks iemands genen, immuunsysteem of reproductiecapaciteiten beoordelen. In plaats daarvan laten we ons leiden door lichamelijke aantrekkelijkheid. De esthetiek is opnieuw adaptief. De evolutie heeft ons met esthetische modules uitgerust die ons ten dienste staan bij de partnerkeuze. Instinct en schoonheidszin gaan hier dus wederom prima samen. De aanblik van een mooi medemens, zo weet elke gevoelige estheet, kan immers heftige emotionele en fysiologische reacties oproepen. De hormonen gieren dan door het lijf.

Sommige esthetische preferenties komen al op zeer jeugdige leeftijd naar voren. Een studie van de psychologe Judith Langlois toonde bijvoorbeeld aan dat baby's van een half jaar oud al dezelfde reactie op bepaalde stimuli vertonen. De proefpersoonnetjes kregen foto's van vrouwengezichten te zien die van te voren expres op hun (on)aantrekkelijkheid waren geselecteerd. Baby's blijken aanzienlijk langer naar mooie vrouwengezichten te staren dan naar lelijke. Gelukkig blijkt uit de studies van Langlois dat het gemiddelde gezicht er ook mee door kan. Sterker nog, gemiddelden lijken ons juist op een bepaalde manier sterk aan te spreken. Dit blijkt onder meer uit

verschillende experimenten van onderzoekers als Karl Grammer, Randy Thornhill, David Perret en Steven Gangestad. In één van deze experimenten werden zesendertig compositiefoto's van menselijke gezichten op een computer gegenereerd. Deze gezichten werden vervolgens met behulp van digitale technieken één voor één samengevoegd waarbij proefpersonen moesten aangeven welke gezichten zij het mooist vonden. Alle proefpersonen bleken een grotere voorkeur te hebben voor samengevoegde dan voor 'enkelvoudige' gezichten. Een combinatie van vier samengevoegde gezichten werd bijvoorbeeld mooier gevonden dan een van twee, en een combinatie van zestien mooier dan acht of vier, enzovoort. De uiteindelijke compositie van alle zesendertig samengevoegde gezichten werd unaniem het allermooist gevonden.

De sterke preferentie voor gemiddelden kwam ook naar voren in een onderzoek van een groep psychologiestudenten van de universiteit van Regensburg. In een experiment lieten zij proefpersonen de gezichten van de tweeëntwintig vrouwen zien die aan de laatste ronde van de verkiezing van *Miss Germany* 2002 hadden deelgenomen. Op de foto's hadden de vrouwen een neutrale gezichtsuitdrukking, was het haar naar achteren gebonden en droegen ze geen make-up. Ook hier bleek dat proefpersonen de samengevoegde gezichten attractiever vonden dan de originele. De 'virtuele' *Miss Germany*, die bestond uit de combinatie van alle tweeëntwintig gezichten, werd zelfs unaniem verkozen boven de echte winnares (afb. 13.3).

De preferentie voor gemiddelden heeft waarschijnlijk te maken met symmetrie. Bij het samenvloeien van de foto's verliezen de gezichten immers hun onregelmatigheden waardoor ze steeds symmetrischer worden. Een symmetrisch gezicht wordt onbewust hoger gewaardeerd dan een onregelmatig gezicht. De verklaring hiervoor luidt dat symmetrie opnieuw een fitnessindicator is. Een onregelmatig, asymmetrisch gezicht (en lichaam) duidt vaak op verstoringen tijdens de zwangerschap, een gebrekkig immuunsysteem en de aanwezigheid van parasieten of chronische stress. Mensen met een onregelmatig lichaam schijnen over het algemeen vaker fysieke en psychische klachten te hebben dan mensen met een symmetrisch lichaam.

De preferenties van mannen en vrouwen voor bepaalde gezichten zijn echter niet geheel hetzelfde. De schoonheidservaring is niet



Afbeelding 13.3: De echte (l.) en de virtuele Miss Germany 2002 (r.).

alleen soortspecifiek maar ook seksegebonden. Zowel mannen als vrouwen waarderen symmetrie, maar daarnaast hebben mannen een onmiskenbare voorkeur voor neotene, kinderlijke vrouwengezichten. Neotenie behelst het aanwezig blijven van jeugdige kenmerken bij volwassenen. Een neoteen vrouwengezicht heeft bijvoorbeeld grote ogen, een kleine neus en volle lippen. De boodschap van zulke gezichten is in feite misleidend maar niet vreemd, want mannen hebben er belang bij om op signalen van jeugdigheid en vruchtbaarheid te letten. Een preferentie voor oudere, postmenopauzale vrouwen is zeker niet onmogelijk, maar evolutionair gezien is het geen verstandige strategie. Seksuele-selectiedruk bevoordeelt daarom vrouwen die er jonger uitzien dan ze in feite zijn. Voor vrouwen is de ouderdom van een potentiële partner veel minder belangrijk omdat mannen tot op hoge leeftijd vruchtbaar kunnen blijven. Vrouwen doen er daarom beter aan te letten op tekenen van gezondheid en kracht. Zij prefereren dan ook een mannengezicht met masculiene en door testosteron uitvergroete trekken zoals brede kaken, sterke jukbeenderen en een stevige kin.

Interessant hierbij is dat de voorkeuren van vrouwen tijdens de menstruele cyclus schijnen te fluctueren, zoals we reeds zagen in hoofdstuk 2. Uit een studie onder leiding van de psycholoog Ian Penton-Voak kwam naar voren dat vrouwen in de periode *voor* en na de ovulatie de voorkeur geven aan een ‘vrouwelijk’ en zachtaardig mannengezicht, terwijl ze gedurende de ovulatie een preferentie uitspreken voor de masculiene machokop. De fluctuatie wijst erop dat vrouwen een dubbele agenda kunnen hanteren: slimme vrouwen kiezen voor de sterke genen van de (onbetrouwbare) machoman en laten een zachtaardige sufferd hiervoor opdraaien.

Overigens is de voorkeur voor symmetrische partners ook bij dieren vastgesteld. Jaren voordat Thornhill de esthetische voorkeuren van de mens ging bestuderen, ontdekte hij al dat schorpioenvliegen bij de partnerkeuze op regelmaat letten. Individuen met symmetrische vleugels worden door soortgenoten aantrekkelijker gevonden dan individuen met asymmetrische vleugels. Anders Møller, ook een bioloog, vond dezelfde preferentie bij zwaluwen. Vrouwelijke zwaluwen blijken gevoelig voor mannetjes met een symmetrisch gevorkte staart. Door de lengte en de symmetrie van de staarten te manipuleren, ontdekte Møller dat regelmaat aantrekkelijk wordt gevonden en dat mannetjes met symmetrische staarten een groter reproductief succes hebben dan mannetjes met asymmetrische staarten.

VROUWELIJKE CURVEN EN ONGEWASSEN T-SHIRTS

Als de schoonheid van het menselijk gezicht als fitnessindicator kan fungeren, zal dit waarschijnlijk ook gelden voor de rest van het lichaam. Ook hier is interessant empirisch onderzoek naar verricht, met name naar wat mannen aantrekkelijk vinden aan een vrouwenlichaam. Op het eerste gezicht lijken de preferenties van cultuur tot cultuur te verschillen. In landen waar voedsel schaars is, hebben mannen een voorkeur voor mollige vrouwen. In westerse landen, met een overvloed aan voedsel, is de situatie juist omgekeerd: hier prefereren mannen slankere vrouwen. Westerse vrouwen lijken daarnaast vaak een slanker ideaal van de eigen sekse voor ogen te hebben dan mannen. Het ideaal van deze vrouwen, de superslanke mannequin, vinden veel mannen vaak weer veel te dun.

Men zou daarom denken dat zulke preferenties tijdgebonden zijn en geheel door de cultuur worden bepaald. Maar dat is waarschijnlijk niet altijd zo. Er lijkt namelijk een universele preferentie voor een bepaalde taille-heupverhouding (THV) te bestaan. Voor de puberteit is de THV bij jongens en meisjes gelijk, ongeveer 0,90. Dat wil zeggen: de omvang van de taille is negentig procent van die van de heupen. Tijdens de puberteit wordt bij meisjes het bekken echter breder en wordt er, onder invloed van oestrogeen, vetweefsel afgezet bij de heupen, billen en bovendijen. De taille wordt dus naar verhouding smaller waardoor het 'zandlopermodel', met een lagere THV , ontstaat. Uit onderzoek van de psycholoog Devendra Singh blijkt dat

de preferentie van volwassen mannen voor het zandlopermodel universeel is. Mannen uit verschillende culturen kregen plaatjes te zien van vrouwen met verschillende THV's die ze in volgorde van aantrekkelijkheid moesten rangschikken. Mannen blijken een voorkeur te hebben voor een vrouwenlichaam met een THV van ongeveer 0,70.

Anders dan men vaak denkt, blijkt deze voorkeur ook de tand des tijds te doorstaan. Ter controle heeft Singh namelijk ook enkele oude jaargangen van de *Playboy* doorgebladerd. De *centerfold* is in de laatste dertig jaar slanker geworden, maar haar THV bleef gelijk op 0,70. De THV drukt immers ook geen absolute maat uit, maar de *verhouding* tussen de omvang van de taille en die van de heupen. Naar het schijnt hadden de wulps Marilyn Monroe en de licht anorexische Audrey Hepburn dezelfde THV van 0,70. De tegenwerping dat mannen in vroegere tijden andere voorkeuren hadden, denk aan de welbekende Rubensvrouwen, gaat in dit geval dan ook misschien niet op. Rubens' deernen zijn weliswaar behoorlijk mollig, maar ze bezitten vaak wel degelijk de gewaardeerde vrouwelijke curven en rondingen.

De evolutiepsychologische verklaring voor deze preferentie laat zich makkelijk raden. Het zandlopermodel is een fitnessindicator, een indicatie voor jeugdigheid, gezondheid en vruchtbaarheid. Vrouwen met een lage THV (bij gezonde, jonge vrouwen ligt de THV tussen de 0,67 en 0,80) worden gemiddeld eerder en makkelijker zwanger dan vrouwen met een hogere THV, en ze zijn minder vatbaar voor diabetes, hoge bloeddruk en hart- en vaatziekten. Het is dus niet vreemd dat mannen op vrouwelijke curven kicken. Het zandlopermodel, geprononceerde billen en permanente borsten zijn het resultaat van mannelijke preferentie. De welvingen zijn door seksuele selectie ontstaan (zie p. 59).

Als we bij de partnerkeuze onbewust op visuele signalen letten, dan geldt dit wellicht ook voor andere soorten signalen, zoals geuren. De Zwitserse bioloog Claus Wedekind ontdekte bijvoorbeeld dat knaagdieren, zoals muizen, de lichaamsgeur gebruiken om genetisch geschikte partners te herkennen. Lichaamsgeur wordt namelijk voor een deel bepaald door genen van het zogenoemde *Major Histocompatibility Complex* (MHC). MHC-genen coderen voor de verschillende componenten van het immuunsysteem en zijn zodoende nauw betrokken bij de strijd tegen infecties. Maar daarnaast beïn-

vloeden de genen de concentraties van geurstoffen in lichaamsvloeistoffen zoals urine, bloed, moedermelk en zweet. Elk individu heeft een unieke set van MHC-genen. Wedekind ontdekte dat muizen kunnen ruiken of een potentiële partner een andere set MHC-genen heeft dan zichzelf. Dit is belangrijk omdat de nakomelingen van twee individuen met verschillende sets een grotere variatie aan MHC-genen bezitten en daarom beter bestand zijn tegen ziekteverwekkers. Hoe gevarieerder het MHC van een individu is, des te robuuster is zijn immuniteit.

Om te kunnen nagaan of lichaamsgeur ook bij de menselijke partnerkeuze een rol speelt, bedacht Wedekind het volgende experiment. Hij vroeg vierenveertig mannen om in twee opeenvolgende nachten hetzelfde T-shirt te dragen. Gedurende deze periode mochten zij geen aftershave of andere kunstmatige luchtjes gebruiken en zich enkel wassen met geurloze zeep. Vervolgens deed Wedekind de T-shirts in afzonderlijke kartonnen dozen met een snuffelgat in het deksel en liet hij negenenveertig vrouwelijke proefpersonen eraan ruiken. Elke vrouw kreeg zeven dozen voorgeschoteld, drie met T-shirts van mannen met een MHC die op die van haar leek, drie van mannen met een geheel andere MHC, en één doos met een ongebruikt, nieuw T-shirt ter controle. Het bleek dat de vrouwen stevast de geur van mannen met een MHC die verschilde van de hunne het lekkerst en meest sexy vonden. In vervolggexperimenten waarbij de rollen werden omgedraaid, kwam precies hetzelfde patroon naar voren. Mannelijke proefpersonen bleken de geur van T-shirts van vrouwen met een andere MHC dan zichzelf het meest aangenaam te vinden. Blijkbaar hebben we een neus voor goede genen.

Wedekind ontdekte echter ook een verrassende, en wellicht ietwat zorgelijke, uitzondering op deze trend. Vrouwelijke proefpersonen die de anticonceptiepil slikken, vertonen namelijk precies de omgekeerde preferentie: in plaats van aangetrokken te worden door de geur van 'ongelijke' mannen, verkozen zij het odeur van mannen wier genen voor immuniteit het meest overeenkwamen met die van henzelf. De pil lijkt de seksuele chemie dus danig te verstoren. Een mogelijke verklaring hiervoor luidt dat de pil de hormoonhuishouding van vrouwen zodanig verandert dat zij niet langer in staat zijn om geschikte, potentiële partners te herkennen. De pil simuleert in zekere zin zwangerschap, en tijdens de zwangerschap verandert de

geurpreferentie van vrouwen. Dit gebeurt ook bij muizen. Zwangere vrouwtjes prefereren dan de vertrouwde geur van mannetjes met een soortgelijke mhc. Wedekind vermoedt dat vrouwelijke zoogdieren gedurende de zwangerschap worden aangetrokken door de geur van mannelijke verwanten omdat deze er belang bij hebben dat het kroost gezond en wel ter wereld komt en omdat zij bescherming kunnen bieden tegen vreemde, moordzuchtige mannen.

VOORUITZICHTEN VAN EEN EVOLUTIONAIRE ESTHETICA

We hebben gezien dat onze esthetische preferenties niet zomaar uit de lucht zijn komen vallen. De schoonheidszin is een onlosmakelijk deel van onze menselijke natuur. De evolutie heeft onze psyche met esthetische modules en basale preferenties uitgerust omdat ze voordeel boden bij de overleving en de reproductie. Individuen met een bepaalde voorkeur waren beter af dan individuen zonder deze voorkeur, of dan individuen die geheel andere voorkeuren hadden. Sommige preferenties, zoals die voor een savanneachtig landschap, hebben hun oorspronkelijke functie misschien verloren, maar veel andere, zoals die die een rol spelen bij de partnerkeuze, zijn nog steeds adaptief.

We hebben tevens geconstateerd dat absolute schoonheid, in platoonse zin, niet bestaat. Esthetische preferenties zijn immers soortgebonden. Wat bij mensen weerzin oproept, kan voor een mestkever of een strontvlieg heel aantrekkelijk zijn, of omgekeerd. Esthetische voorkeuren zijn bovendien voor een deel seksegebonden. Waarom de ene sekse iets mooi vindt, is voor de andere soms lastig te doorgronden (denk aan een puntertje van Ronaldinho, of een handtas van Louis Vuitton). Ook leeftijd speelt een rol, want hetgeen ons tijdens de adolescentie in vervoering bracht, brengt ons nu wellicht het schaamrood op de kaken. Wat dat laatste betreft heeft O'Hear dus zeker gelijk: we kunnen onze smaak ontwikkelen en verfijnen.

Maar net zomin als schoonheid puur objectief is, is ze ook niet louter subjectief. Schoonheid is al evenmin een sociale constructie, zoals sommige denkers ons willen doen geloven. Zelfs niet in een tijdsgewricht waarin de 'Mona Lisa', een soepblik van Andy Warhol en Mickey Mouse voor gelijkwaardige iconen doorgaan. Schoonheid is een biologische realiteit. Ze bestaat bij de gratie van objectieve ei-

genschappen in de wereld en een geëvolueerde psyche die voor deze eigenschappen ontvankelijk is. Schoonheid is een relationele eigenschap, we zouden haar met de psycholoog James Gibson een ‘affordance’ kunnen noemen (er is geen goed Nederlands equivalent voor deze term). Een affordance is een eigenschap van de wereld die tot bepaald gedrag uitnodigt. Een rijpe vrucht nodigt uit om geplukt en gegeten te worden, een aantrekkelijk landschap om geëxploreerd te worden, een mooi lichaam om bemind te worden, enzovoort. Een affordance is niet afhankelijk van een waarnemend subject, want ze kan onopgemerkt blijven maar desondanks voortbestaan. De notie doorbreekt de dichotomie van subjectiviteit en objectiviteit omdat een affordance zowel bij de gratie van de wereld als van het organisme bestaat.

Toch kunnen we ook enkele kanttekeningen bij een evolutionaire esthetica plaatsen, want lang niet iedereen is van het bovenstaande overtuigd. Verklaarde tegenstanders van de sociobiologie en de evolutiepsychologie, zoals Hilary en Steven Rose menen zelfs dat het hele idee van een zogenaamde ‘universele menselijke natuur’ een verzinsel is. Volgens hen is de invloed van cultuur op ons gedrag vele malen belangrijker. Darwinisten moeten zich daarom niet met de sociale wetenschap bemoeien, want het leidt enkel tot pseudo-verklaringen. Volgens critici zuigen de evolutiepsychologen hun verhalen over adaptaties en evolutionaire scenario’s uit hun duim met het (al dan niet bewuste) doel de vermeende ‘aangeboren’ ongelijkheid tussen mensen, seksen en rassen te onderstrepen. Volgens Gould zijn het enkel *just so stories*: ongefundeerde hypothesen die allerlei bestaande vooroordelen over mensen bevestigen.

Misschien hebben deze critici tot op zekere hoogte gelijk. De rol van de cultuur kan immers niet zomaar worden genegeerd. De preferentie voor een savannelandschap zou bijvoorbeeld best voor een deel een verworven voorkeur kunnen zijn, en de wereldwijde voorliefde voor de Engelse tuin is misschien niet zozeer een biologische als wel een koloniale erfenis. Voor de preferentie van mannen voor het vrouwelijke zandlopermodel geldt wellicht hetzelfde. De ‘universele’ voorkeur is misschien te verklaren door de blootstelling aan westerse media (reclame, film en videoclip) die een preferentie voor bepaalde lichaamsvormen in de hand werkt. Volgens sommige onderzoekers zouden mannen in primitieve culturen die nog

niet met het Westen in aanraking zijn geweest een voorkeur hebben voor vrouwen met een veel hogere taille-heupverhouding. Een lage THV associëren zij juist met een slechte gezondheid, ondervoeding of maag- en darmstoornissen. En wat trouwens te denken van de Venus van Willendorf? Zij heeft niet bepaald een wespentaille. Of had men tijdens het Pleistoceen wellicht toch een ander schoonheidsideaal?

Het probleem bij al deze esthetische preferenties is dat de verschillende invloeden van natuur en cultuur bijzonder lastig van elkaar zijn te scheiden. Veel van onze preferenties zijn waarschijnlijk een complexe en moeilijk te ontwarren mengelmoes van biologische en culturele factoren. Het is daarom onverstandig om bij voorbaat uit te sluiten dat sommige esthetische voorkeuren, net zoals emoties, universeel kunnen zijn. Wellicht dat toekomstig onderzoek naar geïsoleerde culturen meer duidelijkheid kan scheppen in deze kwestie. Het enige werkelijke obstakel voor dit soort onderzoek is wellicht dat geïsoleerde culturen vrijwel nergens meer te vinden zijn. De critici mogen dus gerust bedenkingen hebben bij de conclusies van sommige onderzoeken. Gefundeerde kritiek op hun theorieën zal de evolutiepsychologen immers dwingen om *meer* en overtuigender bewijsmateriaal te verzamelen. De wetenschap vaart er wel bij. En zo ook de evolutiepsychologie, want het ziet ernaar uit dat haar opmars voorlopig niet is te stuiten.

We kunnen nog een tweede kanttekening plaatsen. Een darwinistisch georiënteerde schoonheidstheorie heeft namelijk haar beperkingen. Ze kan bijvoorbeeld lastig uit de voeten met de schone kunsten. Een evolutionaire esthetica kan ons misschien iets vertellen over algemene preferenties voor kleur, proportie en vorm, maar weinig of niets over de inhoud en betekenis van een kunstwerk. Een evolutionaire esthetica kan bijvoorbeeld niet verklaren waarom wij Bach meer waarderen dan zijn tijdgenoot Telemann, waarom W.F. Hermans een groter schrijver is dan Ronald Giphart, of waarom wij worden gegrepen door het abstract expressionisme van Willem de Kooning, enzovoort. Een kunstwerk heeft naast uiterlijke aspecten blijkbaar ook 'innerlijke' aspecten die niet door middel van een empirische en kwantitatieve benadering onderzocht kunnen worden. De betekenis van een kunstwerk is niet herleidbaar tot natuurwetenschappelijke termen. De menselijke schoonheidservaring kan daarom niet tot een evolutionaire verklaring worden ge-

reduceerd zonder dat er iets wezenlijks verloren gaat. De innerlijke aspecten van kunst kunnen wellicht enkel worden achterhaald door wat Max Weber en Wilhelm Dilthey de methode van *Verstehen* hebben genoemd. Bij deze zogeheten hermeneutische benadering gaat het vooral om empathie en inbeeldingsvermogen: we moeten door middel van introspectie proberen te achterhalen wat de kunstenaar met zijn schepping beoogde. Een evolutionaire esthetica kan deze rol niet vervullen. Maar dat pretendeert ze ook niet. De evolutiepsychologie kan verklaren waar onze schoonheidszin vandaan komt en waarom mensen vaak dezelfde preferenties hebben. Zij wijst daarbij terecht op de biologische en evolutionaire wortels van de schoonheidservaring.

De evolutiepsychologie zal de traditionele esthetica daarom niet vervangen, maar zij biedt wel een waardevolle aanvulling op onze gedachten over kunst. We dienen ons te realiseren dat de schone kunsten slechts een recente manifestatie zijn van een veel ouder instinct om versieringen en ornamenten te maken. Menselijke kunst is slechts het topje van de ijsberg. Denk aan het prieel van de satijnvogel en de verfijnde vuistbijl van *Homo erectus*. Misschien heeft Geoffrey Miller gelijk en is de oorspronkelijke, evolutionaire functie van alle versieringen hetzelfde. Kunst is ontstaan om partners te verleiden door hun zintuigen te bespelen en de fitness van de maker te demonstreren. Wellicht is kunst daarom in de eerste plaats een demonstratie van de vaardigheid en creativiteit van de kunstenaar, en niet zozeer een voertuig voor een hoger doel.

Darwiniaanse geneeskunde

MEMENTO MORI

Volgens de schrijver Vladimir Nabokov is het leven een lichtflits tussen twee eeuwigheden duisternis. Men hoeft geen wijsgeer te zijn om de beklemmende waarheid van deze gedachte te onderkennen, vroeg of laat raakt ieder mens doordrongen van zijn eigen sterfelijkheid. Niemand ontsnapt aan de onverbiddelijke agenda van magere Hein. Dit besef leidt tot existentiële vragen. Waarom worden we ziek en gaan we dood? Waarom is het leven zo kort en gaat het eind zo vaak gepaard met lichamelijk en geestelijk lijden? Want laten we eerlijk zijn: als de jaren gaan tellen, is het snel gedaan met de pret. De vooruitzichten zijn nimmer florissant. Het gezichtsvermogen en het gehoor worden minder, de botten breekbaarder en de spieren strammer. Op latere leeftijd laat het geheugen ons in de steek en takelt de geest langzaam af. Het hart raakt versleten en andere organen beginnen te haperen. De bloedvaten raken verkalkt en woercellen grijpen her en der hun kans. En alsof dit nog niet erg genoeg is, kwijnt ook het libido weg omdat we in toenemende mate worden geplaagd door erectieproblemen, neerslachtigheid of frigiditeit. Niemand kan daarom de wijze les van Prediker (11: 9-10) in de wind slaan: 'Geniet, jongeling, van uw jeugd. Uw hart zij vrolijk in uw jonge jaren; volg de lusten van uw hart en de begeerten van uw ogen, want vluchtig is de jeugd als de morgenstond.'

Is ouderdom wellicht een ziekte? En zo ja, waarom heeft de zeef van natuurlijke selectie deze sluipende ziekte dan niet geëlimineerd? Als de evolutie complexe organen als het oog, het hart en het brein kan bouwen, waarom heeft ze dan geen manieren gevonden om bij-

ziendheid, infarcten en dementie te voorkomen? Het antwoord dat ouderdom, ziekte en dood noodzakelijk zijn voor de instandhouding van de soort omdat versleten individuen moeten worden vervangen door jonge, gezonde individuen, is niet bevredigend. Natuurlijke selectie speelt zich immers niet af op het niveau van de soort maar op het niveau van het individu en zijn genen (zie p. 120). Het uitstellen of voorkomen van ouderdom zou dus een evolutionaire premie voor het individu zijn. Een individu dat niet of nauwelijks slijtage vertoont, zal immers een groot reproductief voordeel hebben boven individuen die *wel* gestaag aftakelen.

De verklaring dat het biochemisch gezien wellicht lastig is om een organisme op de lange duur voor slijtage te behoeden, is al evenmin bevredigend want de evolutie heeft wel meer huzarenstukjes geleverd. Neem bijvoorbeeld het proces van ontogenese: tijdens de embryonale ontwikkeling komt een compleet organisme voort uit één enkele bevruchte eicel! Men is geneigd te denken dat het veel gemakkelijker is om een organisme in stand te houden dan het is om er een te maken uit één cel. Maar misschien is dat helemaal niet zo. Ook het menselijk vernuft is niet in staat gebleken dit probleem te kraken. De afgelopen eeuwen is de *gemiddelde* leeftijd – de levensverwachting – weliswaar aanzienlijk gestegen, maar de *maximum*leeftijd is vrijwel onveranderd gebleven. De vele doorbraken in de geneeskunde noch de expertise van hedendaagse medische wetenschap hebben daar iets aan kunnen veranderen. Veel ouder dan een jaar of honderdtien kan een mens nog steeds niet worden. Als ouderdom een ziekte is, dan lijkt die vooralsnog ongeneeslijk.

Raadselachtig is ook dat de maximumleeftijd soortspecifiek blijkt te zijn. Sommige insecten leven maar één dag, een muis leeft wellicht twee of drie jaar, en een mens wordt hoogstens iets meer dan een eeuw oud. Waarom kan de evolutie geen eendagsvliegen bouwen die tien jaar meegaan, muizen die honderd worden, en mensen die de gezegende leeftijd van duizend jaar halen? Zoals gezegd, het lijkt er sterk op dat de ouderdomsgrens weinig met de stofwisseling of andere biochemische factoren te maken heeft. Waarschijnlijker is het dat de maximumleeftijd door de evolutie genetisch is voorgeprogrammeerd, net zoals een nieuwe gloeilamp die uit de fabriek komt fysisch gezien een beperkte levensduur heeft. Verschillende soorten lampen hebben verschillende ‘levensverwachtingen’, al naar gelang

de functie die ze moeten vervullen. Zo is het ook met eendagsvliegen, muizen en mensen. Evolutionair gezien is het niet verstandig om een organisme veel langer te laten leven dan strikt noodzakelijk is. Met andere woorden, we mogen aannemen dat de levensduur is verdisconteerd in het fitnessoptimum van de soort in kwestie. Het is welbeschouwd een kosten-batenanalyse: een organisme langer laten leven dan nodig is, is verspilde moeite. Een dergelijke investering is simpelweg niet lonend.

Wanneer we het leven bekijken vanuit het perspectief van het gen, het erfelijk materiaal, moeten we constateren dat organismen slechts overlevingsmachines zijn, tijdelijke vehikels of omhulsels van potentieel onsterfelijke genen. De verpakking hoeft dus niet zo lang mee te gaan, want het gaat erom dat de waardevolle inhoud, de genetische informatie, intact blijft en wordt doorgegeven aan volgende omhulsels. Gezondheid, vitaliteit en vruchtbaarheid zijn alleen belangrijk tijdens de reproductiefase, wanneer kopieën van de genen in een volgende generatie vehikels terechtkomen. Na deze fase heeft het omhulsel geen evolutionaire functie meer, zij het dat sommige soorten organismen nog enige zorg aan hun kroost moeten besteden. Maar daarna is de taak volbracht. Oude verpakkingen hebben dan geen functie meer en kunnen gerust bij het grof vuil worden weggezet.

Kortom, wanneer we het verschijnsel ouderdom in een evolutionair kader bezien, worden er enkele hardnekkige raadsels opgelost. In eerdere hoofdstukken van dit boek hebben we gezien dat de moderne evolutiebiologie, het darwiniaanse paradigma, de grondslagen van diverse andere wetenschapsgebieden danig heeft omgewoeld. Dit geldt in toenemende mate ook voor de medische wetenschap. Een evolutionair perspectief plaatst onze ideeën over ouderdom, ziekte en dood in een nieuw licht waardoor we beter inzicht krijgen in onze eigen vergankelijkheid en kwetsbaarheid. Maar onze lichamen vertonen niet alleen gebreken en ontwerpfouten. Onze lichamen zijn ook wonderen van vernuft die door natuurlijke selectie zijn gemodelleerd om wonden te genezen, infecties te bestrijden en ziekteverwekkers te slim af te zijn. Symptomen zoals pijn, koorts, hoesten, diarree en overgeven beschouwen we vaak als nare ziekteverschijnselen die zo vlug mogelijk onderdrukt en bestreden moeten worden. We realiseren ons niet dat ons lichaam deze verschijnselen

juist activeert om ons weer beter te maken. Ziek zijn is vaak nuttig. De evolutie heeft ons lichaam uitgerust met talrijke alarmsignalen en verdedigingstechnieken die ons soms tijdelijk ongemak bezorgen, maar daarnaast uiterst functioneel zijn omdat ze de oorzaak van de ziekte bestrijden.

EVOLUTIONAIRE COMPROMISSEN

Het is pas sinds kort dat de verschijnselen van ouderdom en ziekte in een evolutionaire context worden bestudeerd. Met name het baanbrekende boek *Why we get sick: the new science of Darwinian medicine* van Randolph M. Nesse en George C. Williams uit 1994 heeft de darwiniaanse geneeskunde voorgoed op de kaart gezet. Bij verschijnen kreeg *Why we get sick* jubelende recensies van onder meer Edward O. Wilson en Richard Dawkins. De laatste schreef bijvoorbeeld: 'Koop twee exemplaren en geef er één aan uw huisarts.' In hun boek betogen Nesse en Williams dat het darwiniaanse paradigma ons niet alleen nieuwe en verrassende inzichten biedt in de menselijke conditie, maar daarnaast de mogelijkheid geeft om de medische wetenschap van nieuwe impulsen te voorzien. Beter inzicht in de menselijke conditie leidt wellicht tot betere geneeskunde.

Om terug te komen op de ongemakken van de oude dag: volgens Nesse (hoogleraar psychiatrie) en Williams (wereldvermaard evolutiebioloog) is ouderdom op zichzelf geen pathologisch verschijnsel maar het resultaat van een evolutionair compromis waardoor we op latere leeftijd steeds kwetsbaarder worden voor 'echte' ziektes zoals infecties, diabetes, kanker, dementie, vasculaire problemen, en dergelijke. Lichamelijke en geestelijke aftakeling is de prijs die we betalen voor de kracht en vitaliteit in onze jeugd. In de jaren veertig van de vorige eeuw toonden de biologen J.B.S. Haldane en Peter Medawar al aan dat natuurlijke selectie genen kan selecteren die ouderdom en ziekte veroorzaken. Preciezer, natuurlijke selectie laat genen die schadelijke effecten met zich meebrengen ongemoeid zolang deze effecten pas *na* de laatste reproductiefase optreden. Zo bestaat er nog steeds een gen voor ziekte van Huntington, een dodelijke aandoening van het centraal zenuwstelsel. Het gen is niet door natuurlijke selectie geëlimineerd omdat de ziekte zich pas na het veertigste levensjaar manifesteert. De evolutie krijgt geen vat op

dergelijke ziekten omdat de getroffen en al kinderen hebben gekregen voordat de eerste ziekteverschijnselen zich openbaren.

In de jaren vijftig heeft Williams dit inzicht verder uitgewerkt met betrekking tot pleiotropie, het verschijnsel dat één gen meerdere effecten kan veroorzaken. Denk bijvoorbeeld aan een gen dat de hoeveelheid calcium in het lichaam verhoogt waardoor botten bij beschadiging eerder genezen, maar dat tevens het geleidelijk dichtslibben van de bloedvaten veroorzaakt. Een dergelijk gen zal door natuurlijke selectie worden beloond omdat veel individuen in hun jeugd van de voordelen zullen profiteren, terwijl er maar weinig individuen lang genoeg zullen leven om tijdens hun oude dag de nadelen ervan te kunnen ondervinden. De voordelen wegen in dit geval dus ruimschoots op tegen de nadelen. Pas als de gemiddelde levensverwachting dramatisch stijgt, zullen de nadelige effecten van het gen, in dit geval aderverkalking, gaandeweg zwaarder gaan wegen.

Overigens hoeven niet alle genen die ouderdomskwalen veroorzaken per se vroege voordelen te hebben. Sommige van zulke genen werden in het verleden nooit aan selectie blootgesteld omdat de individuen opnieuw gewoon niet lang genoeg leefden. Hedendaagse ‘ouderdomsziekten’ zoals kanker, dementie en hartfalen zijn wijdverbreid omdat de gemiddelde levensduur de afgelopen eeuwen is gestegen. In het verleden kwamen deze ziekten veel minder voor omdat de individuen al eerder doodgingen aan de pest, pokken, cholera of difterie, ziekten die in de moderne, westerse wereld vrijwel niet meer voorkomen. De mechanismen die ouderdomsziekten veroorzaken zijn vaak geen ontwerpfouten, maar veeleer compromissen die zorgvuldig door natuurlijke selectie zijn afgewogen.

HETEROZYGOOT VOORDEEL

De darwiniaanse geneeskunde heeft als doel evolutionaire verklaringen te zoeken voor onze kwetsbaarheid voor bepaalde ziekten. Nesse en Williams maken daarbij het belangrijke onderscheid tussen zogeheten proximate en ultimate (of evolutionaire) verklaringen. De proximate verklaring zoekt naar de onmiddellijke, ‘directstbijzijnde’ oorzaken. Anders gezegd, de proximate verklaring kijkt naar hoe het lichaam functioneert en stelt de vraag waarom sommige mensen ziek worden en anderen niet. Hartfalen kan men bijvoorbeeld

verklaren door een cholesterolrijk dieet, een genetische dispositie voor aderverkalking, enzovoort. De ultimate verklaring daarentegen zoekt naar oorzaken die verder terug liggen in de tijd en die verklaren waarom wij op een bepaalde manier zijn ontworpen. In het onderzoek naar hartfalen wil de evolutionist bijvoorbeeld weten waarom natuurlijke selectie bepaalde genen niet heeft geëlimineerd, in dit geval genen die vetzucht of een dispositie voor aderverkalking met zich mee brengen. De evolutionaire, ultimate verklaring toont aan waarom mensen in het *algemeen* ontvankelijk zijn voor bepaalde ziekten en niet voor andere. Waarom zijn sommige delen van het menselijk lichaam zo vatbaar voor falen, en waarom krijgen we bepaalde ziekten terwijl andere ziekten ons bespaard blijven? De darwiniaanse geneeskunde is vooral geïnteresseerd in dit laatste type vragen. Nesse en Williams passen de inzichten van de evolutiebiologie toe op de geneeskunde door een antwoord te zoeken op de vraag waarom ons lichaam vatbaar is voor bepaalde ziekten. Zo hebben we reeds geconstateerd dat ouderdomsziekten vaak het resultaat zijn van een compromis, een evolutionaire *trade-off* tussen voordelen in de jeugd en nadelen op latere leeftijd.

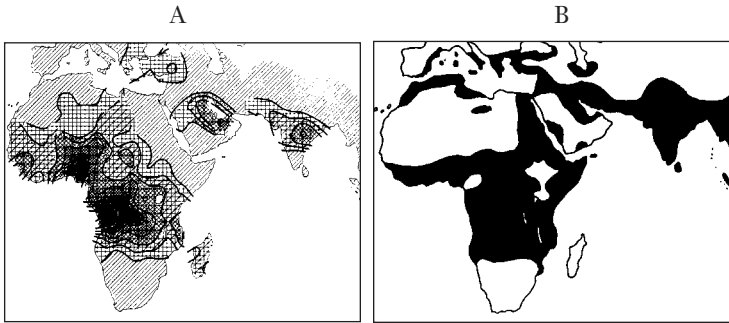
Een ander klassiek voorbeeld van een evolutionair compromis is sikkelcelanemie. Mensen die aan deze erfelijke ziekte lijden, bezitten rode bloedcellen met een afwijkende, sikkelachtige vorm die ernstige bloedarmoede (anemie) veroorzaakt. De vervorming van de bloedcellen wordt veroorzaakt door een afwijkend hemoglobine in de cellen (hemoglobine, of bloedpigment, is een ijzer bevattend eiwit in bloedcellen dat zuurstof transporteert en verantwoordelijk is voor de rode kleur van het bloed). Dergelijke sikkelvormige bloedcellen kunnen niet goed door de bloedvaten circuleren, met als resultaat dat patiënten last krijgen van bloedingen, kortademigheid, pijn in botten en spieren, en beschadigingen aan organen zoals de nieren. Lijders aan sikkelcelanemie bereiken tot voor kort zelden de geslachtsrijpe leeftijd, maar toch is het gen dat verantwoordelijk is voor deze ziekte niet verdwenen. Sterker nog, in equatoriaal Afrika kan de frequentie van het gen dat sikkelcelanemie veroorzaakt maar liefst oplopen tot veertig procent van de bevolking. Hoe is dat te verklaren?

Het antwoord luidt dat het gen dat de ziekte veroorzaakt in sommige gevallen ook nuttig is. In bepaalde gevallen biedt het sikkel-

celgen namelijk bescherming tegen de gevaarlijke tropische ziekte malaria. Deze bacteriële infectieziekte wordt door bloedzuigende (vrouwelijke) muggen van het geslacht *Anopheles* verspreid. Malaria-parasieten (*Plasmodium falciparum*) vermeerderen zich bij voorkeur in rode bloedcellen met de normale, ronde vorm. Bloedcellen met de afwijkende sikkelvorm zijn daarom geen goed milieu voor de parasiet. Mensen die het sikkelcelgen van de ene ouder erven en een normaal gen van de andere ouder (heterozygotie) krijgen geen sikkelcelanemie, maar ze hebben wel aanzienlijk minder kans om malaria te krijgen. Het gen verandert namelijk de structuur van de hemoglobine zodat de door malaria geïnfecteerde cellen uit het systeem worden verwijderd. Alleen wanneer men het sikkelcelgen van beide ouders erft (homozygotie), zal de drager sikkelcelanemie ontwikkelen.

Het sikkelcelgen illustreert zo het verschijnsel van heterozygoot voordeel: omdat ze geen sikkelcelanemie krijgen *en* beschermd zijn tegen malaria worden heterozygoten begunstigd boven beide vormen van homozygotie. Homozygoten voor het sikkelcelgen zijn in het nadeel omdat ze sikkelcelanemie krijgen, terwijl homozygoten voor het normale gen in het nadeel zijn omdat ze de weerstand tegen malaria missen. Het gevolg is dat het sikkelcelgen niet zal verdwijnen, maar zich evenmin door de gehele populatie zal verspreiden. De frequentie van het gen zal veeleer worden uitgebalanceerd, waarbij het voordeel van de bescherming tegen malaria ruimschoots opweegt tegen het nadeel van ernstige bloedarmoede in de kinderjaren. Wanneer zo'n welbepaalde verhouding tussen de verschillende genetische vormen gedurende vele generaties blijft bestaan, zoals het geval is met het sikkelcelgen in sommige delen van Afrika, spreekt men over 'polymorfie in balans'. Polymorfie in balans ontstaat met name wanneer de heterozygoot in het voordeel is ten opzichte van de homozygoot.

De evolutietheorie voorspelt echter dat de frequentie van het sikkelcelgen geleidelijk zal afnemen in gebieden waar malaria zeldzaam is. En dit is precies wat we ook daadwerkelijk zien. In de Verenigde Staten komt het gen onder Afro-Amerikanen bijvoorbeeld aanzienlijk minder voor dan bij Afrikanen uit de gebieden waar de Afro-Amerikanen – zo'n tien generaties geleden – oorspronkelijk vandaan kwamen. De daling is te verklaren door het feit dat de selectiedruk



Afbeelding 14.1: Frequentie van het sikkelcelgen in Afrika en Zuid-Azië (A). In de donker gekleurde gebieden is de frequentie het hoogst. Verspreiding van malaria in Afrika en Zuid-Azië (B). Merk op hoe het verspreidingsgebied van het sikkelcelgen overeenkomt met de door malaria geplaagde delen van de wereld.

die heterozygoten voor sikkelcelanemie begunstigde is weggefallen. In Noord-Amerika komt malaria immers niet voor. Een mooi voorbeeld van natuurlijke selectie in actie.

EEN EEUWIGE WAPENWEDLOOP

Behalve compromissen onderscheiden Nesse en Williams nog een aantal andere evolutionaire verklaringen voor het feit dat we gevoelig zijn, en waarschijnlijk blijven, voor bepaalde ziekten. Neem bijvoorbeeld infectieziekten. Infecties ontstaan doordat ziekteverwekkers zoals virussen, bacteriën en andere micro-organismen ons lichaam binnendringen en zich vervolgens exponentieel vermenigvuldigen. Wij zijn flink in het nadeel omdat de organismen die de infectie veroorzaken veel sneller evolueren dan wij. Bacteriën evolueren in één dag evenzeer als wij in duizend jaar. Door de relatief lange generatietijd kan onze eigen genetische evolutie het mutatietempo van deze indringers niet bijbenen. We lopen steeds vele passen achter. Gedurende de evolutie hebben mensen en andere gewervelde dieren daarom een geavanceerd en aanpasbaar afweermechanisme ontwikkeld dat net zo snel kan reageren als bacteriën en virussen evolueren: het immuunsysteem. Het immuunsysteem, zo hebben we reeds in hoofdstuk 10 gezien, kan als een Darwin-machine worden beschouwd omdat het niet alleen door middel van darwiniaanse princi-

pes tot stand is gebracht, maar daarnaast ook een eigen darwiniaans algoritme van variatie, selectie en replicatie in zich draagt. Dit ingebouwde selectiemechanisme werkt echter veel sneller dan dat van de genetische evolutie zodat nieuwe soorten indringers doorgaans effectief bestreden kunnen worden. Het immuunsysteem is zo in een voortdurend escalerende wapenwedloop verwickeld met allerlei ziekteverwekkers.

Sommige indringers hebben listige manieren gevonden om het immuunsysteem te omzeilen, zoals trypanosomen. Dit zijn eencellige parasieten die zich in de bloedbaan verschansen en dodelijke aandoeningen kunnen veroorzaken zoals slaapziekte (Afrikaanse trypanosomiasis). De trypanosoom die slaapziekte veroorzaakt, is het immuunsysteem te slim af door zich telkens in een nieuwe vermomming te hullen. Het menselijk lichaam doet er ongeveer tien dagen over om genoeg antilichamen aan te maken om de indringer te bestrijden. Dit gegeven buit de trypanosoom uit door op de negende dag plotseling van gedaante te verwisselen waardoor het immuunsysteem hem niet meer herkent. Volgens Nesse en Williams kan een trypanosoom meer dan duizend verschillende gedaantes aannemen, ruim voldoende om het jaren in een gastheer vol te houden, steeds net één stapje voor op het immuunsysteem.

Als het immuunsysteem om de een of andere reden hapert, neemt de farmaceutische industrie de rol van ziektebestrijder over. Geneesmiddelenproducenten zijn net zozeer in een evolutionaire wapenwedloop met ziekteverwekkers verwickeld als het immuunsysteem zelf. Omdat virussen en bacteriën zo snel evolueren, worden ze snel resistent tegen bestaande medicijnen, zodat de geneesmiddelenindustrie weer een nieuwe list moet verzinnen. Het ziet er niet uit dat deze wapenwedloop ooit in ons voordeel zal worden beslist. Integendeel zelfs, als we niet zorgvuldig omgaan met de verstrekking van bepaalde medicijnen kan het onze ondergang worden. Een illustratief voorbeeld is de ondoordachte toepassing van antibiotica.

Toen Alexander Fleming in 1929 door toeval ontdekte dat bacteriën gevoelig zijn voor de penseelschimmel *Penicillium* lagen we plotseling jaren voor op allerlei ziekteverwekkers die ons constant bedreigen. Penicilline en andere antibiotica leken een wondermiddel. Menig arts sprak het vermoeden uit dat infectieziekten zoals tuberculose snel tot het verleden zouden behoren. In 1969 stelde de

directeur van de Amerikaanse Nationale Gezondheidsdienst nog dat 'het boek over infectieziekten kan worden gesloten'. Inmiddels wordt hier heel anders over gedacht want de ziekteverwekkers hebben ons weer ruimschoots ingehaald. We zijn de voorsprong kwijtgeraakt omdat we te onzorgvuldig zijn geweest met het toedienen van antibiotica. De meeste bacteriën zijn inmiddels resistent geworden tegen de medicijnen omdat we ze te vaak en te lang hebben gebruikt. Onze tegenstrevers kregen zo volop de gelegenheid om te experimenteren met nieuwe invasietechnieken. Het kost bacteriën maar enkele weken om een significante mate van resistentie tegen antibiotica te ontwikkelen. De geslachtsziekte gonorroe (druiper) was tot enkele decennia geleden goed te behandelen met penicilline, maar in sommige delen van de wereld, in Zuidoost-Azië bijvoorbeeld, is tegenwoordig maar liefst negentig procent van de gonorroe bacteriën resistent tegen het antibioticum.

Nog verontrustender is de situatie met betrekking tot tuberculose. In Russische gevangenissen is de toestand ronduit alarmerend. De overvolle en vervuilde gevangenissen, waar tot voor kort ondoordacht antibiotica werden toegediend, blijken een broedplaats voor nieuwe stammen tuberculosebacteriën die resistent zijn tegen één of meerdere soorten antibiotica. Vanuit Oost-Europa hebben deze nieuwe stammen zich alras over de wereld verspreid. In New York is inmiddels eenderde van alle bacteriën die tuberculose veroorzaken resistent tegen een antibioticum, en het percentage dat ongevoelig is voor twee of meer soorten antibiotica groeit gestaag. De wereldwijd groeiende resistentie van bacteriën is overigens ook te wijten aan dubieuze praktijken in de agrarische sector en de voedingsmiddelenindustrie. Kippen, koeien en kalveren krijgen vaak 'uit voorzorg' routineus en op grote schaal antibiotica toegediend. Door de consumptie van melk, eieren of vlees van deze dieren komt het middel vervolgens langdurig in onze eigen lichamen terecht en dit biedt bacteriën weer ruimschoots de gelegenheid om er afweermechanismen tegen te ontwikkelen.

Voor infecties die worden veroorzaakt door virussen geldt een soortgelijk verhaal, zij het dat zulke infecties niet met antibiotica kunnen worden bestreden. Virussen zijn stukjes DNA of RNA omgeven door een mantel van eiwitten. Virussen missen de meer complexe stofwisseling van bacteriën waardoor ze ongevoelig zijn voor

antibiotica. Er zijn gelukkig andere geneesmiddelen die virale infecties kunnen verhelpen, maar de wapenwedloop is er niet minder om. Een bekend voorbeeld is aids. Deze ziekte wordt veroorzaakt door het virus HIV (*Human Immunodeficiency Virus*) dat het immuunsysteem aantast. Aids-patiënten worden hierdoor gevoelig voor tal van (soms bizarre en zeldzame) ziekten die een gezond immuunsysteem gemakkelijk kan onderdrukken.

Het HIV-virus is het immuunsysteem te slim af door, net als bacteriën, razendsnel te evolueren. In de gastheer verandert het virus voortdurend van gedaante zodat er steeds mutanten aanwezig zijn die niet door het immuunsysteem worden herkend. Medicijnen als AZT leken aanvankelijk enig soelaas te bieden omdat ze de vermenigvuldiging van het virus konden vertragen. Maar binnen enkele jaren bleek het HIV-virus al resistentie tegen het medicijn te hebben ontwikkeld. De voortdurende mutaties die in staat zijn het immuunsysteem te misleiden, blijken net zo effectief als het erom gaat nieuwe geneesmiddelen te slim af te zijn. Tegenwoordig krijgen patiënten daarom een cocktail van aids-remmers toegediend in de hoop dat er misschien één effectief is.

Virussen die het immuunsysteem aantasten, vinden we niet alleen bij mensen maar ook bij (mens)apen, katten en koeien. Onderzoekers vermoeden dat HIV oorspronkelijk ergens in equatoriaal West-Afrika via bloedcontact van apen op mensen is overgedragen. Het virus dat in West-Afrikaanse mensapen voorkomt, een variant van het *Simian Immunodeficiency Virus* (SIV), lijkt namelijk veel op het HIV-virus. Bovendien is de diversiteit van HIV in West-Afrika groter dan in de rest van de wereld, hetgeen er op wijst dat het virus daar het langst voorkomt. Opmerkelijk is echter dat (mens)apen doorgaans niet ziek worden wanneer ze drager van het SIV-virus zijn. Mogelijk was SIV ooit net zo dodelijk voor hen als HIV nu voor mensen is, maar natuurlijke selectie heeft de populatie steeds uitgedund waardoor alleen de resistente primaten overbleven. Epidemieën kunnen dus nuttig zijn omdat ze resistente individuen opleveren. Zo zijn er sterke aanwijzingen dat sommige mensen minder kwetsbaar zijn voor HIV omdat ze afstammen van populaties die in het verleden andere pandemieën hebben overleefd. Blanken van West-Europese afkomst lijken bijvoorbeeld beter beschermd tegen HIV dan Afrikanen en Aziaten. Dit komt omdat zij een mutatie in hun eiwit CCR5 bezitten, een mutatie

die elders in de wereld niet voorkomt. Het eiwit ccr5 speelt een rol bij de afweer tegen infecties en het wordt door het aids-virus gebruikt om cellen binnen te dringen. Mensen met de speciale mutatie in het eiwit, ongeveer tien procent van de Europese bevolking, zijn ongevoelig voor hiv.

Aanvankelijk dacht men dat de mutatie bij Europeanen zoveel vaker voorkomt omdat die mutatie ook tegen de pestbacterie (*Yersinia pestis*) bescherming biedt. In de Middeleeuwen zouden mensen *zonder* deze mutatie aan de zwarte dood ten onder zijn gegaan. In 2003 meldden onderzoekers van de universiteit van Californië echter dat de aids-immuniteit waarschijnlijk eerder aan de pokken is 'te danken'. De pest heeft weliswaar in korte tijd meer slachtoffers gemaakt dan enige andere ziekte, maar het *totale* aantal pokkendoden in Europa is veel groter dan het aantal pestslachtoffers. De pokken werden namelijk pas in de jaren zeventig van de vorige eeuw uitgeroeid. Anders dan de pest trof de pokken vooral jonge mensen die nog nooit aan het virus waren blootgesteld. De ziekte had daarom een aanzienlijk grotere impact op het reproductievermogen van de Europese bevolking dan de pest. Het onderzoek loopt nog, maar als de hypothese correct is, betekent het eens te meer dat grondige kennis van de evolutie onontbeerlijk is voor de medische wetenschap. Parasieten en hun gastheren delen een ingewikkelde co-evolutionaire geschiedenis. Pas als we deze eeuwige wapenwedloop beter leren begrijpen, is er kans op effectievere medicijnen.

ADAPTIEVE VERDEDIGINGSTECHNIKEN

Een andere evolutionaire reden waarom we ziek worden, is dat ziek zijn vaak nuttig is. Sommige pijnlijke dingen maken ons beter. Sterker nog, volgens Nesse en Williams is pijn uiterst nuttig. Een pijnloos bestaan mag misschien aantrekkelijk lijken, maar dat is het niet. Mensen die geen pijn kunnen voelen, merken niets als hun lichaam beschadigd raakt. Ze worden dan ook zelden ouder dan dertig jaar. Pijn en andere kwalen zoals koorts en neerslachtigheid zijn adaptaties: het zijn alarmbellen, waarschuwingen dat er iets mis is met het lichaam, of de geest. Een gevoel van algehele malaise maakt ons bijvoorbeeld inactief. We blijven thuis en kruipen het liefst diep onder de wol. De inactiviteit is adaptief omdat het onze immunolo-

gische weerbaarheid vergroot en omdat beschadigde weefsels eerder herstellen. Dit inzicht heeft consequenties voor de medicatie. Een medicijn dat alleen het gevoel van malaise bij een zieke wegneemt, schakelt immers de biologische functie van het gevoel uit. Jezelf beter voelen dan je bent, gaat ten koste van het herstel omdat het lichaam niet voldoende rust krijgt om weerstand op te bouwen of om weefsels te repareren.

Het is dus belangrijk om onderscheid te maken tussen een fysiologisch *defect* en een fysiologisch *verdedigingsmechanisme*. Hoesten is bijvoorbeeld een vervelend en soms pijnlijk verschijnsel, maar het heeft ook een belangrijke functie: de hoestreflex verwijdt namelijk schadelijke stoffen en organismen uit de luchtwegen. Hetzelfde geldt voor de loopneus. Als onze luchtwegen geïrriteerd raken door een bacteriële of virale infectie treedt een verdedigingsmechanisme in werking en worden er grote hoeveelheden slijm en snot aangemaakt om de indringers te verdrijven. Medicijnen die hoesten en snotteren onderdrukken zonder daarbij de oorzaak te bestrijden, doen daarom meer kwaad dan goed.

Overigens kunnen we hoesten, niezen en snotteren ook bezien vanuit het perspectief van de parasiet. De gecoördineerde afweerreacties van het lichaam zijn namelijk niet alleen nuttig voor de gastheer maar ook voor de indringer. Door de fysiologie van zijn gastheer listig te manipuleren, kan de ziekteverwekker zich immers verspreiden. Een rinovirus dat zijn gastheer niet van een snotneus en niesbuien voorziet, is ten dode opgeschreven. Niet alleen bij onschuldige aandoeningen als verkoudheid en griep, maar ook bij potentieel dodelijke ziekten als tuberculose, is één minuscuul druppeltje rondvliegend slijm (sputum) voldoende om andere individuen te besmetten. De indringers hebben er dus belang bij om ons – de dragers – niet te snel *te* ziek te maken, in elk geval niet voordat ze de nieuwe dragers hebben geïnfecteerd. De verspreiding van een verkoudheidsvirus is afhankelijk van onze mobiliteit. Maar er zijn ook indringers die er juist belang bij hebben om ons inactief en weerloos te maken, zoals de malariaparasiet. Iemand die door een malaria-aanval is getroffen, heeft namelijk geen fut meer om rondzoemende muggen van zich af te slaan, waardoor de insecten ongestoord hun verdere zendingswerk kunnen verrichten.

Eén van de oudste en meest effectieve verdedigingstechnieken van

ons lichaam is koorts. Koorts is vervelend maar wederom ook uiterst nuttig. Het is een aanpassing die door natuurlijke selectie is gemodelleerd, speciaal om infecties te bestrijden. Koorts bestaat mogelijk al enkele honderden miljoenen jaren in het dierenrijk. De medische wetenschap besteedde tot voor kort echter weinig aandacht aan deze complexe adaptatie. Net als hoest werd koorts lange tijd gezien als een naar en nutteloos bijverschijnsel van infecties, een verschijnsel dat gerust kon worden onderdrukt door medicijnen. Nog steeds krijgen mensen met verkoudheid of griep vaak het advies om een paar aspirines te slikken. Het is echter zeer de vraag of dit raadzaam is. Koorts is immers geen 'foutje' in de temperatuurregulering van het lichaam, maar een zorgvuldig gecoördineerd verdedigingsmechanisme. Door de thermostaat van het lichaam twee graden hoger te zetten, worden ziekteverwekkers effectief bestreden.

Nesse en Williams noemen verschillende onderzoeken die overtuigend hebben aangetoond dat koorts heilzaam is. Eén studie betrof kinderen met waterpokken waarbij sommige patiëntjes een koortsonderdrukkend geneesmiddel kregen toegediend en anderen een placebo. De eerste groep bleek er gemiddeld een dag langer over te doen om te herstellen dan de tweede. In een ander onderzoek werden zesenvijftig vrijwilligers moedwillig verkouden gemaakt met een besmettelijke neusspray. Ook deze groep werd in tweeën gesplitst: de ene groep kreeg een placebo, de andere aspirine. De studie wees uit dat de immuunsystemen van de placebogroep beter functioneerden dan die van de groep die aspirine had geslikt. De individuen van de eerste groep hadden niet alleen een minder verstopte neus maar ook aanzienlijk meer antilichamen in hun lichaam dan de tweede groep.

Wellicht het beroemdste onderzoek dat de functie van koorts aantoonde, dateert al van het begin van de twintigste eeuw, een tijd waarin het nut van koorts waarschijnlijk hoger werd aangeslagen dan tegenwoordig. De Oostenrijkse arts Julius Wagner-Jauregg was het opgevallen dat sommige syfilispatiënten flink vooruit gingen nadat ze malaria hadden gehad. Bovendien constateerde hij dat syfilis zeldzaam is in streken waar malaria veel voorkomt. Wagner-Jauregg vermoedde dat de hevige koorts die met malaria gepaard gaat wellicht de syfilisbacterie (*Treponema pallidum*) had gedood. Om zijn hypothese te testen, infecteerde hij bewust duizenden syfilispatiën-

ten met malaria. De ‘behandeling’ had een spectaculair resultaat want bij maar liefst dertig procent van de patiënten waren de syfilis-symptomen naderhand verdwenen of sterk verminderd. In een tijd waarin slechts één op de honderd syfilispatiënten genas, was dat een enorme vooruitgang. Het leverde Wagner-Jauregg in 1927 dan ook de Nobelprijs voor geneeskunde op.

Natuurlijk zijn medicijnen die koorts onderdrukken soms zeer nuttig. Koorts heeft namelijk niet alleen voordelen maar ook nadelen. Als er geen nadelen aan koorts zouden kleven, zou ons lichaam de thermostaat voortdurend op veertig graden of hoger kunnen zetten om te voorkomen dat infecties ook maar een kans zouden krijgen. Zo werkt het echter niet. Net als zoveel andere complexe aanpassingen heeft koorts een prijs. Bij een lichaamstemperatuur van veertig graden worden lichaamsreserves veel sneller opgebruikt dan normaal en daarnaast veroorzaakt de hoge temperatuur (tijdelijke) onvruchtbaarheid bij mannen. Als de lichaamstemperatuur *boven* de veertig graden stijgt, begint de patiënt te ijlen, vertoont hij stuipen en kunnen zijn lichaamsweefsels blijvend worden beschadigd. Bij de bestrijding van koorts dient men daarom altijd zorgvuldig af te wegen wat de voordelen en wat de nadelen van de medicatie zijn.

Wat voor koorts geldt, gaat ook op ook voor andere ziekteverschijnselen zoals braken en diarree. Overgeven en buikloop zijn uiterst vervelend, maar ook adaptief. Als ons lichaam merkt dat er giftige of anderszins schadelijke stoffen in de maag terecht zijn gekomen, reageert het door ons misselijk te maken en door ons te laten braken. Als de ongewenste stoffen de maag al zijn gepasseerd, reageert het lichaam met darmkrampen en diarree. Deze verschijnselen zouden we het liefst onmiddellijk willen onderdrukken, maar dat is lang niet altijd verstandig. Nesse en Williams verwijzen opnieuw naar verschillende studies waaruit blijkt dat het bestrijden van de genoemde symptomen het ziekteproces vaak juist verlengt in plaats van verkort. Door de verdedigingsmechanismen uit te schakelen, ontnemt men het lichaam de kans de oorzaak van de symptomen aan te pakken.

Ook mentale aandoeningen zoals neerslachtigheid en depressie kunnen verdedigingsmechanismen zijn. In oktober 2005 was Nesse in Nederland als een van de sprekers op het Europees Congres voor Neuropsychofarmacologie. Naast zijn aanstelling als hoogleraar

psychiatrie aan de universiteit van Michigan heeft Nesse ook nog steeds een praktijk waar hij patiënten behandelt. Volgens Nesse geldt voor psychische klachten vaak hetzelfde als voor fysiologische aandoeningen zoals koorts: het is lang niet altijd raadzaam om deze symptomen te onderdrukken omdat ze functioneel en adaptief zijn. Neerslachtigheid helpt ons bijvoorbeeld om te stoppen met het najagen van onbereikbare doelen. Wij zijn namelijk voortdurend bezig om complexe lange-termijndoelen te verwezenlijken, met name doelen die met sociale status hebben te maken. Als zo'n doel om de een of andere reden te hoog blijkt te zijn gegrepen, worden we neerslachtig. Het nut van die neerslachtigheid is dat we het doel loslaten, aldus Nesse. Mensen die goed zijn in het tijdig loslaten van onbereikbare doelen hebben namelijk het minst last van stress en depressie.

Negatieve emoties zoals verdriet, angst en jaloezie zijn in principe allemaal nuttig. Verdrietig zijn en huilen zijn nuttig omdat we steun bij andere mensen zoeken en zo onze sociale banden versterken, angst is functioneel omdat het voorkomt dat we roekeloze dingen doen, en jaloezie is nuttig omdat het de band met een partner verstevigt. Maar helaas verliezen we soms de controle over deze emoties waardoor ze kunnen ontsporen. Functionele neerslachtigheid kan bijvoorbeeld ontaarden in een chronische depressie, gezonde jaloezie kan ziekelijke vormen aannemen, gerechtvaardigde angst kan omslaan in disfunctionele paniekaanvallen, enzovoort. In dergelijke gevallen is de oorspronkelijke functie extreem uitvergroot waardoor de adaptatie zich *tegen* ons keert. We doen er dan goed aan om een arts of therapeut te raadplegen zodat onze emoties weer hun heilzame werk kunnen doen.

DE OPMARS VAN BESCHAVINGSZIEKTEN

Een laatste evolutionaire reden waarom we ziek worden, betreft het feit dat we niet langer in de omgeving leven waarvoor we zijn ontworpen. We bezitten namelijk niet alleen een psyche maar ook een lichaam uit het stenen tijdperk (zie p. 55). Het menselijk lichaam heeft zich gedurende de evolutie aangepast aan de eisen van een betrekkelijk klein geografisch gebied: de Afrikaanse savanne. Zo'n afgebakende habitat wordt door antropologen ook wel een 'Omgeving van Evolutionaire Aangepastheid' (OEA) genoemd. Vrijwel alle

soorten organismen hebben zo'n OEA, een omgeving waarin ze zijn geëvolueerd en waarop hun ontwerp is afgestemd. Dit geldt ook voor de mens. In hoofdstuk 4 hebben we gezien dat de hominiden oorspronkelijk uit Zuidoost-Afrika komen waar meer dan negentig procent van onze evolutionaire geschiedenis zich heeft afgespeeld. Onze voorouders waren jagers-verzamelaars die in kleine, nomadische groepen van verwante individuen over de Afrikaanse vlakten trokken. Dit bestaan was verre van idyllisch want het sterftecijfer was hoog, voedsel en drinkwater waren schaars en grote roofdieren en andere gevaren lagen overal op de loer. Veel nieuwgeboren individuen gingen dood voordat ze de geslachtsrijpe leeftijd hadden bereikt en de gemiddelde levensverwachting zal daarom hoogstens dertig of veertig jaar zijn geweest.

Deze betrekkelijk stabiele periode begon te veranderen toen *Homo sapiens* ongeveer honderdduizend jaar geleden – in navolging van *Homo erectus* – vanuit Afrika de wijde wereld in trok. Anders dan *H. erectus* is de moderne mens echter niet alleen vanuit zijn oorspronkelijke OEA over de planeet uitgezwermd, maar heeft hij deze wereld ook nog eens ingrijpend veranderd. Dit laatste is echter pas zeer recentelijk gebeurd. Het is pas sinds enkele duizenden jaren dat de mens akkerbouw en veeteelt bedrijft, waardoor hij zich aan zijn nomadische bestaan kon onttrekken. Met andere woorden, het ontwerp van ons lichaam dateert eigenlijk nog uit het Pleistoceen, de periode van twee miljoen jaar geleden tot ongeveer tienduizend jaar geleden, terwijl alle ingrijpende culturele en technologische veranderingen uit het late Holoceen stammen, dat wil zeggen: uit de afgelopen paar duizend jaar. De opkomst van stedelijke, industriële agglomeraties is van nog veel recentere datum. Op een evolutionaire tijdschaal is enkele duizenden jaren (laat staan enkele eeuwen) echter veel te kort om een beproefd ontwerp te veranderen. Het gevolg is dat het lichaamsontwerp en de nieuwe omgeving niet meer op elkaar zijn afgestemd. Natuurlijke selectie heeft niet de tijd gehad om ons lichaam te wijzigen waardoor we niet zijn opgewassen tegen de gevaren en verleidingen van de moderne tijd. De adaptaties die op de Afrikaanse savanne functioneel waren, werken nu vaak in ons nadeel.

Volgens Nesse en Williams is deze 'mismatch' tussen lichaam en omgeving verantwoordelijk voor veel, en wellicht zelfs voor de

meeste, hedendaagse ziekten. Vergeleken met onze verre voorouders leven de meeste moderne mensen in een wereld van ongekende voorspoed en veiligheid. De prijs die we hiervoor betalen, bestaat uit de gestage opmars van beschavingsziekten als suikerziekte, zwaarlijvigheid, kanker en hartfalen. Het probleem begint vaak bij het voedsel. Onze verre voorouders in Afrika hadden misschien niet veel calorieën tot hun beschikking, maar ze hadden waarschijnlijk wel een gevarieerd menu, dat behalve uit wild en aas ook uit knollen en vruchten bestond. Met de overgang naar een agrarisch bestaan werd het menu aanzienlijk eenzijdiger. In traditionele agrarische gemeenschappen leveren tarwe of rijst de meeste calorieën en proteïnen. Ook wanneer deze dagelijkse kost wordt aangevuld met zuivel en vlees blijft het gevaar van vitaminetekort bestaan, met name een gebrek aan vitamine C, hetgeen een verminderde weerstand en allerlei aandoeningen zoals scheurbuik kan veroorzaken.

Behalve de eenzijdigheid is ook de overvloed aan sommige soorten voedsel een modern fenomeen dat tot allerlei klachten leidt. Met name in de westerse wereld neemt zwaarlijvigheid, en alle ziekteverschijnselen die daarmee samenhangen, epidemische vormen aan. Veel mensen zijn te dik maar blijven desondanks vrolijk doorgaan met het consumeren van calorierijk voedsel. Deze hunkering naar suiker, vet en zout komt niet uit de lucht vallen want het is een aangeboren dispositie die ooit functioneel was. Onze voorouders in Afrika waren nooit verzekerd van een dagelijkse maaltijd en bovendien was voedsel dat aanzienlijke hoeveelheden zouten, vetten en suikers bevatte betrekkelijk schaars. Onze voorouders zouden ongetwijfeld beter af zijn geweest met grotere hoeveelheden van deze substanties en het was dan ook adaptief om *meer* van dit voedsel te willen en om te proberen het te pakken te krijgen. Bij ons, moderne stedelingen, is deze adaptatie omgeslagen in een dispositie die zich *tegen* ons keert. Nu er op elke straathoek vet, zoet en zout voedsel te krijgen is, eten we ons vaak letterlijk dood. Een zout- en vetrijk dieet leidt op termijn tot allerlei – in principe te voorkomen – ziekten zoals hoge bloeddruk, beroerte, kanker en hartfalen. Hetzelfde geldt voor zoetigheden. Een voorliefde voor suiker is adaptief in een omgeving waar de stof alleen in zoete vruchten is te vinden. Maar in een omgeving waar overal snoep verkrijgbaar is, leidt de voorliefde tot tandbederf, zwaarlijvigheid en suikerziekte.

Ook de ingrijpende verandering van levensstijl heeft tot een dramatische opmars van beschavingsziekten geleid. Nesse en Williams noemen borst-, eierstok- en baarmoederhalskanker als voorbeeld, ziekten die tegenwoordig veel meer voorkomen dan vroeger. Het heeft er alle schijn van dat deze kankers te maken hebben met het sterk veranderde reproductiepatroon van veel vrouwen in welvarende, geïndustrialiseerde landen. Deze vrouwen stellen hun eerste zwangerschap steeds meer uit, ze krijgen ook minder kinderen dan hun moeders en grootmoeders, of ze besluiten zelfs geheel kinderloos te blijven. Dit veranderde gedragpatroon heeft onvoorziene gevolgen, want de kans dat een oudere vrouw één van de genoemde soorten kanker krijgt, correleert nauw met het aantal menstruele cycli dat ze tijdens haar leven heeft gehad. Vrouwen wier vruchtbaarheidscycli nooit zijn onderbroken door zwangerschap en zoogperiodes zijn het kwetsbaarst. Dit heeft waarschijnlijk te maken met de sterk wisselende hormoonconcentraties die zich tijdens de menstruele cyclus voordoen en die veranderingen in de weefsels van borsten, eierstokken en baarmoeder veroorzaken. Deze weefselreacties zijn op zichzelf adaptief, maar net als veel andere aanpassingen hebben ze ook een prijs: in dit geval een verhoogde kwetsbaarheid voor sommige vormen van kanker. Dit risico wordt normaliter geminimaliseerd door compenserende processen die plaatsvinden in de perioden wanneer de cycli door zwangerschap en zogen worden onderbroken. Maar als deze onderbrekingen zich niet voordoen, zal ook het compenserende herstel achterwege blijven.

Vrouwen in nog bestaande populaties van jagers-verzamelaars hebben dit probleem niet. Meestal worden deze vrouwen veel vroeger (in de regel al tijdens de tienerjaren) en vaker zwanger dan hun moderne tegenvoeters. Bovendien geven deze vrouwen hun kinderen veel langer de borst dan 'moderne' vrouwen, soms wel oplopend van twee tot vier jaar per kind. Een gemiddelde vrouw in een populatie van jagers-verzamelaars besteedt zo ongeveer de helft van haar vruchtbare leven aan het zogen van kinderen. Het aantal menstruele cycli van deze vrouwen is daarom ook veel lager dan bij moderne vrouwen, met alle voordelen van dien. Nesse en Williams menen dat de opmars van borst-, eierstok- en baarmoederhalskanker wellicht kan worden teruggebracht door de omstandigheden van het stenen tijdperk kunstmatig na te bootsen, bijvoorbeeld door hormo-

nale manipulatie. De anticonceptiepil vervult deze rol eigenlijk al. Het gebruik van de pil heeft namelijk als bijeffect dat het de kans op het krijgen van eierstok- en baarmoederkanker reduceert. Nesse en Williams verwachten dat er spoedig ook effectieve hormoonbehandelingen ontwikkeld zullen worden die de kans op het krijgen van borstkanker verkleinen. Ook bij de speurtocht naar de oorzaken en de bestrijding van kanker is inzicht in onze eigen evolutionaire geschiedenis onontbeerlijk.

DREIGENDE DOEMSCENARIO'S

Eerder in dit hoofdstuk werd gesteld dat kennis van de evolutie en de genetica steeds belangrijker wordt, met name wanneer we het dreigende gevaar van nieuwe pandemieën het hoofd willen bieden. Ziekteverwekkende virussen en bacteriën hebben het immers nog nooit zo gemakkelijk gehad als nu. Grote stedelijke agglomeraties en massatransport over alle continenten verzekeren hen van een voorspoedige verspreiding. In vroeger eeuwen bleven infectiehaarden vaak beperkt omdat een ziekte in afgelegen gebieden voorkwam en de parasieten niet genoeg nieuwe gastheren konden vinden. Helaas is de kans dat besmettelijke ziekten op deze wijze geografisch geïsoleerd blijven tegenwoordig veel kleiner. Eén individu met open tuberculose op een internationale luchthaven kan gemakkelijk een wereldwijde plaag ontketenen. Het is niet voor niets dat de Wereldgezondheidsorganisatie (who) een groeiende bezorgdheid toont over het potentieel verwoestende effect van besmettelijke infectieziekten.

Eén van de meest gevreesde boosdoeners is de griep. In de twintigste eeuw werd de wereldbevolking driemaal geteisterd door grootschalige griep epidemieën. In 1918 doodde het Spaanse griepvirus wereldwijd zo'n veertig miljoen mensen, en dit werd nog eens dunnetjes overgedaan door de Aziatische griep van 1957 en de Hongkonggriep van 1968. De terechte vrees bestaat dat we spoedig met een nieuwe, virulente griepvariant te maken krijgen, een variant die misschien nog een veel grotere ravage zal aanrichten dan de eerdere drie epidemieën bij elkaar. De versgedrukte draaiboeken voor hoe men dient op te treden bij een dergelijk doemscenario liggen al klaar, maar of de schade hierdoor ook inderdaad beperkt zal blijven, is zeer de vraag.

De virussen die griep (of beter: influenza) veroorzaken, hebben net als andere virussen twee eigenschappen waardoor ze lastig zijn te bestrijden: ze evolueren razendsnel en ze wisselen voortdurend onderling genen uit. Omdat influenzavirussen elk seizoen weer ietsje anders zijn kan het immuunsysteem een nieuwe variant moeilijk herkennen, een reden waarom de griepvaccinatie elk jaar moet plaatsvinden. Men onderscheidt drie typen influenzavirus die worden aangeduid met de letters A, B en C. Het A-type, dat voor ons relevant is, wordt als enige verder opgesplitst in twee subtypen: H en N. De letters verwijzen naar de twee soorten eiwitten (Hemagglutinine en Neuraminidase) waaruit de mantel van een virus is opgebouwd. Deze eiwitten bepalen in hoge mate of het menselijk afweersysteem het virus herkent en kan bestrijden. Er zijn zestien H-subtypes en negen N-subtypes bekend en deze kunnen weer in allerlei combinaties voorkomen. Zo verwijst 'H₇N₂' bijvoorbeeld naar een influenza A-virus met een H₇-eiwit en een N₂-eiwit. Omdat elk subtype weer uit verschillende stammen bestaat die voortdurend muteren en evolueren, is ons immuunsysteem niet goed tegen ze opgewassen en kunnen we elk jaar opnieuw worden besmet. Ten minste drie subtypes komen algemeen bij mensen voor: H₁N₁, H₁N₂ en H₃N₂. Een infectie met één van deze virussen veroorzaakt een stevige malaise met koorts en pijn, maar is onder normale condities zelden dodelijk. Oudere en verzwakte mensen zijn echter kwetsbaar. In Nederland sterven jaarlijks ongeveer drieduizend mensen aan deze 'gewone' griep.

Potentieel veel gevaarlijker zijn de subtypes van het influenza A-virus die van een andere diersoort overspringen naar de mens, zoals de vogelgriep (H₅N₁) en de vogelpest (H₇N₇). In het wild levende vogels zijn de natuurlijke gastheren van alle bekende influenza A-type virussen. Deze vogels worden doorgaans niet ziek, maar hun gedomesticeerde soortgenoten zijn vaak wel kwetsbaar. Deze zieke vogels kunnen op hun beurt mensen besmetten. Dit gebeurt met name wanneer mensen intensief contact hebben met kippen, duiven, eenden, ganzen, en dergelijke. Echt gevaarlijk wordt het echter pas wanneer zulke virussen vervolgens van mens op mens kunnen overspringen. Hier is niet veel voor nodig want slechts één mutatie in het eiwit kan van een vogelgriepvirus een dodelijk mensenvirus maken. Recent onderzoek heeft bijvoorbeeld aangetoond dat het virus dat in

1918 de Spaanse griep veroorzaakte ooit een vogelgriepvirus is geweest. Een minimale verandering in de eiwitmantel van dit virus was voldoende om een pandemie te ontketenen. De reden waarom deze virussen zo gevaarlijk zijn, ligt in het feit dat ze volkomen vreemd zijn voor het menselijk afweersysteem. Ons immuunsysteem is nooit eerder met zulke nieuwe varianten in aanraking gekomen, waardoor we geen weerstand tegen ze hebben opgebouwd. De variant van de vogelgriep (H₅N₁) die momenteel (voorjaar 2006) over de wereld rondwaart en geregeld op mensen overslaat, zou dus binnen afzienbare tijd net zo'n, of zelfs een veel grotere pandemie kunnen veroorzaken als de Spaanse griep in 1918.

Zo gaat het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), in het ergste geval, uit van minstens veertigduizend doden in Nederland. Eén op de drie Nederlanders zal sowieso ziek worden. Bij zo'n pandemie zal er al snel een tekort aan intensivacarebedden ontstaan, en gezonde burgers zullen hun risico proberen te minimaliseren door zo min mogelijk buiten de deur te komen. Ouders zullen hun kinderen thuishouden van de crèche of de school, uitgaansgelegenheden en het openbaar vervoer zullen worden gemeden, en mensen zullen niet meer naar hun werk gaan. Er zal op een gegeven moment paniek uitbreken, volop worden gehamsterd, en het maatschappelijk leven zal vrijwel tot stilstand komen. Een pandemie zal dus niet alleen zijn tol eisen in termen van mensenlevens, maar ook de economie zal er ernstige schade van ondervinden. Maar de gevolgen van een pandemie blijven natuurlijk niet beperkt tot Nederland alleen. Het Internationaal Monetair Fonds (IMF) waarschuwde onlangs voor de wereldwijde infrastructurele chaos die zal uitbreken wanneer een virulent influenzavirus om zich heen grijpt. Een griep pandemie zal ernstige economische gevolgen hebben en grote risico's opleveren voor het mondiale financiële systeem. Het IMF voorziet onder meer verstoringen van de elektriciteitsproductie en van de transport- en telecommunicatiesystemen. Zulke verstoringen kunnen zich zelfs uitbreiden tot noodhulpdiensten zoals politie, brandweer en spoedeisende medische zorg. De beurzen zullen wereldwijd kelderen, financiële instituties zullen mogelijk niet langer naar behoren kunnen functioneren, enzovoort.

De kans dat een toekomstige griep pandemie de drie eerdere in omvang zal overtreffen, is aanzienlijk omdat mensen in de tussentijd

veel mobieler zijn geworden. Een Europese of Amerikaanse toerist die een pluimveemarkt in Bangkok heeft bezocht, kan een virus binnen een etmaal naar de andere kant van de wereld transporteren, met alle gevolgen van dien. Er is vooralsnog weinig of geen bescherming tegen zulke massale uitbraken van een nieuw influenzavirus. De draaiboeken vermelden stevast het uitdelen van grieponderdrukkende medicijnen zoals Tamiflu en het isoleren van wijken, steden of hele provincies. Evenementen waar veel mensen op af komen, zoals voetbalwedstrijden en popconcerten, worden afgelast en scholen worden gesloten. Niemand kan echter voorspellen of dit werkelijk afdoende zal zijn. Grootschalige vaccinatie is in principe mogelijk, maar in de praktijk zal het waarschijnlijk niet lukken. Een effectief vaccin kan namelijk pas worden gemaakt als de aard van het pandemievirus bekend is en dan duurt het minstens nog een half jaar voordat zo'n vaccin op grote schaal voorradig is. Op die manier blijven we steeds achter de feiten aan lopen. Misschien is genetische analyse op de lange termijn een beter wapen. Als we de evolutie van virussen beter begrijpen, kan de schijnbaar eindeloze 'biologische oorlogvoering' wellicht ooit in ons voordeel worden beslist.

De gesjeesde medicijnenstudent Charles Darwin, die in 1827 de collegebanken (en vooral de snijzaal) in Edinburgh na twee jaar voor gezien hield en vervolgens naar Cambridge trok voor een studie theologie, had destijds zelfs in zijn stoutste dromen niet kunnen vermoeden dat er ooit een nieuwe wetenschappelijke discipline met de naam 'darwiniaanse geneeskunde' het licht zou zien. Darwin zal ook onmogelijk hebben kunnen bevroeden dat deze discipline onze redding kan betekenen. Als we de evolutionaire trukendoos van virussen en bacteriën kunnen doorgronden, kunnen we de ziekteverwekkers wellicht ook onschadelijk maken. Haast is geboden, want de pandemieën zijn in aantocht. Het is namelijk niet de vraag *of* ze komen, maar *wanneer*.

Sociaal-darwinisme en eugenetica

GEVAREN VAN EVOLUTIONAIR DENKEN

In de voorgaande hoofdstukken hebben we gezien dat het evolutionaire gedachtegoed zich gestaag naar andere disciplines uitbreidt. Er is tegenwoordig vrijwel geen wetenschapsgebied meer aan te wijzen dat *niet* door het darwiniaanse paradigma is beïnvloed. De evolutietheorie blijkt een zeer krachtig idee dat talloze gevestigde en diepgekoesterde overtuigingen onderuit haalt. Onze kijk op onszelf en de wereld is er voorgoed door veranderd. Honderdvijftig jaar na de publicatie van het *Ontstaan van soorten* lijkt Darwin nog steeds aan een opmars bezig die door niets of niemand kan worden gestuit. De kolossale erfenis die Darwin ons heeft nagelaten, vraagt echter om zorgvuldig beheer want het evolutionaire paradigma brengt niet alleen grote beloftes maar ook gevaren met zich mee. Sommige van deze gevaren zijn we al tegengekomen. In hoofdstuk 12 werd reeds aangestipt dat evolutiebiologie en ethiek gemakkelijk een explosieve mix op kunnen leveren. Een evolutionaire benadering van de moraal kan nieuwe, interessante gezichtspunten opleveren, maar ze kan ook ontaarden in gevaarlijke pseudo-wetenschap. In het verleden hebben *would-be* wetenschappers, ideologen en andere fantasten Darwin immers wel vaker te pas en te onpas voor hun karretje gespannen, soms met afschrikwekkend resultaat.

De twee bekendste voorbeelden van ideologieën die door de evolutietheorie werden geïnspireerd, zijn het sociaal-darwinisme en de eugenetica. Het sociaal-darwinisme was vooral in de tweede helft van de negentiende eeuw populair met de gedachte dat het principe van *survival of the fittest* niet alleen voor de natuur maar ook

voor de maatschappij opgaat. De eugenetica kennen we met name door de verschrikkingen die in nazi-Duitsland werden aangericht met een beroep op de ‘veredeling’ van de menselijke soort. Hoewel beide doctrines in menig opzicht van elkaar verschillen, hebben ze ook iets gemeen: ze verkondigen allebei dat we de inzichten uit de evolutiebiologie kunnen, en moeten, gebruiken om de samenleving te saneren. Dit kan bijvoorbeeld gebeuren door actief in te grijpen in de evolutie, of door de evolutie juist haar gang te laten gaan, al naar gelang de wensen van de elite die het voor het zeggen heeft. In de praktijk kwamen beide doctrines namelijk vaak neer op grootheidswaan van de heersende klasse, een naïef vooruitgangsgeloof en een pseudo-wetenschappelijke rechtvaardiging voor zaken als kolonialisme, racisme en ongebreideld kapitalisme. In de ontspoorde gevallen leidde het ‘recht van de sterkste’ tot uitsluiting en mishandeling van inferieur geachte individuen, soms uitmondend in moord en genocide. De radicale versies van het sociaal-darwinisme en de eugenetica behoren weliswaar tot het verleden, maar sommige elementen ervan zien we tegenwoordig terug in een andere gedaante. Juist in het huidige tijdsgewricht doemen de overblijfselen van beide doctrines weer op.

HERBERT SPENCER EN DE WETTEN VAN DE EVOLUTIE

Het sociaal-darwinisme in haar oorspronkelijke, radicale vorm behelst de gedachte dat het principe van *survival of the fittest* niet alleen voor biologische evolutie opgaat, maar ook voor de sociale, maatschappelijke en culturele ontwikkeling. Het is daarom zaak om de mensenmaatschappij zoveel mogelijk in overeenstemming te brengen met de wetten van de evolutie. Net als de natuur wordt de maatschappij gekenmerkt door competitie en concurrentie waarbij de individuen die het best aan de omstandigheden zijn aangepast aan het langste eind zullen trekken. Dit betekent dat de overheid de minder bedeelde mensen in de samenleving vooral niet moet steunen. Bij ‘minder bedeelde’ mensen moet men onder anderen denken aan armen, zieken, werklozen, zwakbegaafden. Zwakheid, luiheid en domheid mogen nooit worden beloond, want dat zou de gang van de evolutie alleen maar verstoren. Het is veel beter om de ongeschikte individuen aan hun lot over te laten waardoor ze worden gedwongen

zichzelf alsnog te verbeteren en te ontplooien, of ten onder te gaan. Meer in het algemeen stelt het sociaal-darwinisme dat de vermeende 'superieure' individuen hun wil kunnen opleggen aan de 'inferieur' geachte individuen in de samenleving.

Het sociaal-darwinisme wordt vooral geassocieerd met de negentiende-eeuwse Engelse socioloog en filosoof Herbert Spencer die de doctrine populair maakte (zie p. 17). Spencer is de bedenker van de onsterfelijke slogan '*survival of the fittest*', een slogan die Darwin en vele anderen spoedig zouden overnemen. Spencer was al een overtuigd evolutionist voordat Darwin in 1859 zijn *Ontstaan van soorten* publiceerde. Dat is niet vreemd want in de eerste helft van de negentiende eeuw hing het idee van evolutie al welhaast tastbaar in de lucht. Dit idee betrof echter niet het principe van natuurlijke selectie dat Darwin ontdekte, maar een meer algemeen idee van groei, ontwikkeling en vooruitgang. Alles gehoorzaamt in feite aan de wetten van de evolutie. Men moet bedenken dat Groot-Brittannië in de negentiende eeuw een machtig wereldrijk was waar de Industriële Revolutie zich als eerste voltrok. De welvaartsgroei en de Britse overheersing gaven zo volop aanleiding tot een victoriaans optimisme waarin evolutie werd gelijkgesteld aan progressieve ontwikkeling.

In deze context moeten we ook Spencers evolutionisme begrijpen. Spencer gaf geen biologische verklaring voor het ontstaan en de veranderlijkheid van soorten, maar een brede, overkoepelende kijk op de geschiedenis en het bestaan: alles is deel van een overkoepelend evolutionair proces. In een essay uit 1857 met de titel *Progress: its law and cause* stelt hij: 'Al wat existeert, bevindt zich in een staat van wording of ontwikkeling.' We horen hier een verre echo van de Griekse wijsgeer Heraclitus die tweeëneenhalfduizend jaar geleden in feite al hetzelfde uitdrukte met de beroemde woorden: *panta rhei* (alles stroomt). Evolutie stond voor Spencer gelijk aan vooruitgang: overal zien we een ontwikkeling van het primitieve naar het complexe, van het enkelvoudige naar het veelvoudige, van het gelijksoortige naar het ongelijksoortige. Volgens Spencer vertoont niet alleen de levende natuur vooruitgang, maar zelfs het gehele fysische universum. En als alles aan evolutie onderhevig is, dan moet dit natuurlijk ook gelden voor de samenleving als geheel.

Spencer was dus een evolutionist, maar eigenlijk geen darwinist. Spencer was vooral gecharmeerd van de ideeën van de achttiende-

eeuwse Franse natuurvorser Lamarck. Anders dan darwiniaanse evolutie is lamarckiaanse evolutie een zeer efficiënt en doelgericht proces omdat elke nieuwe generatie rechtstreeks voortbouwt op de prestaties en verworvenheden van de voorgaande generaties. Spencer meende daarom goede redenen te hebben om optimistisch te zijn. Na de publicatie van het *Ontstaan van soorten* zou Spencer ook door Darwin worden beïnvloed, maar de ideeën van Lamarck bleven een prominente plaats in zijn filosofie innemen. Volgens Spencer wordt vooruitgang mogelijk gemaakt door competitie. In zijn ogen was het keiharde negentiende-eeuwse *laissez-faire*-kapitalisme (ieder voor zich en God voor ons allen) in wezen een natuurlijk proces dat resulteert in het overleven van de sterkste en meest geschikte individuen. Overigens is ook de invloed van Malthus hier onmiskenbaar. Volgens Malthus leidt de bevolkingsgroei immers tot een heuse strijd om het bestaan (*struggle for existence*) waarin de zwakste individuen onvermijdelijk het onderspit zullen delven (zie p. 28).

Competitie en concurrentie vormen de sleutel tot maatschappelijke vooruitgang. Deze competitie speelt zich volgens Spencer niet alleen af tussen verschillende individuen, maar ook tussen verschillende bedrijven en ondernemingen. De economie en de welvaart worden voortgestuwd door de nietsontziende concurrentie tussen zakenlui en ondernemers. Ondernemingen die niet zijn aangepast aan de harde eisen van de kapitalistische vrije markt sterven uit. De economie en maatschappij als geheel varen er wel bij. Volgens Spencer leidt de economische competitie uiteindelijk tot een monopolie van één of meerdere superieure ondernemers die de maatschappij zullen domineren en richting zullen geven. Zulke ideeën sloegen aan in de Verenigde Staten waar zakentycoons als Andrew Carnegie en John D. Rockefeller zich al snel op Spencers gedachtegoed beriepen. Het feit dat deze tycoons zich tevens als gulle mecenasen ontpopten, doet weinig af aan hun hardvochtigheid. De staalmagnaat Carnegie stelde bijvoorbeeld dat de concentratie van macht en rijkdom in de handen van enkele individuen essentieel was voor de vooruitgang van de natie.

Enkele decennia later deed ook William Graham Sumner, de belangrijke Amerikaanse sociaal-darwinist en hoogleraar politieke economie aan de universiteit van Yale, een duit in het zakje. Hij verkondigde dat miljonairs het resultaat zijn van natuurlijke

selectie. Sumner vatte zijn sociaal-darwinisme samen met de weinig elegante doch kernachtige leus *root, hog, or die*. De uitdrukking is afkomstig van varkensboeren op het Amerikaanse platteland en betekent zoveel als: zorg voor jezelf, of niet, en sterf. Tegenwoordig is het Amerikaanse kapitalisme iets minder hardvochtig, maar de kern is ongewijzigd gebleven. In de strijd om het bestaan zullen succesvolle individuen zich gestaag omhoogwerken en dankzij hun ondernemingsdrift gaat de hele samenleving erop vooruit. Wat goed is voor General Motors is immers ook goed voor het land. De armlastigen moeten de miljonairs dus eigenlijk dankbaar zijn, want dankzij de rijken krijgen de armen tenminste nog de kans een graantje mee te pikken. De gedachte dat het najagen van persoonlijk, financieel gewin de samenleving als geheel ten goede komt, werd meesterlijk gepersifleerd in de film *Wall Street* van Oliver Stone uit 1987. *Greed is good!* declameert de megalomane aandelenmagnaat en poenschepper Gordon Gekko (gespeeld door Michael Douglas) in de film. 'Hebzucht is goed! Hebzucht werkt! Hebzucht is het wezen van de evolutionaire geest!' De evolutie als rechtvaardiging voor graaikapitalisme.

Voor Spencer en zijn geestverwanten was socialisme vanzelfsprekend uit den boze. Niet alleen omdat overheidssteun de slecht aangepaste individuen en bedrijven in staat stelt om te overleven, maar vooral omdat het socialisme de zelfvoorzienigheid vernietigt die noodzakelijk is voor maatschappelijke ontwikkeling. Mensen die door de overheid worden ondersteund, hoeven immers zelf geen initiatieven meer te nemen. Controle over werkgelegenheid, onderwijs en gezondheidszorg is ongewenst, de staat heeft slechts de taak de veiligheid van de burgers te waarborgen. De vrije markt doet de rest. Spencers sociaal-darwinisme wil de 'onaangepasten' niet per se elimineren, maar juist aanmoedigen hun lot in eigen handen te nemen en hun maatschappelijke positie te verbeteren. Luiheid is veel kwalijker dan domheid en mag nimmer van overheidswege worden beloond. De natuurlijke straf voor luiheid is armoede. Sociale uitkeringen werken daarom averechts, want zonder de voortdurende dreiging van armoede zullen individuen geen initiatieven nemen. Medelijden is hier niet op zijn plaats omdat elke poging om het lijden te verzachten de zwakheid juist zal verspreiden. We moeten de natuur daarom gewoon haar gang laten gaan.

DE WORTELS VAN HET SOCIAAL-DARWINISME

Zoals gezegd, in Spencers evolutionaire universum kunnen we zowel de invloed van Darwin als die van Lamarck bespeuren. Spencers optimisme ten aanzien van maatschappelijke vooruitgang was vooral gebaseerd op Lamarcks idee dat verworven eigenschappen overerfbaar zijn. Lamarckiaanse evolutie verloopt vlotjes en gesmeerd omdat elke generatie rechtstreeks voortbouwt op de prestaties van de vorige generaties. Anders dan bij Darwin is er bij Lamarck geen sprake van een omslachtig selectieproces. Bij Lamarck is selectie helemaal niet nodig omdat de evolutie uit zichzelf naar vooruitgang streeft. Het proces heeft een duidelijke richting omdat de informatie in het erfelijk materiaal kan worden gewijzigd en de eigenschappen die tijdens het leven zijn verworven biologisch overerfbaar zijn (zie p. 17). In tegenstelling tot darwiniaanse evolutie waar variatie altijd *random* (willekeurig) is, zijn de variaties in lamarckiaanse evolutie dus *gericht*. Een dergelijk mechanisme biedt perspectief op snelle vooruitgang.

Spencer meende dan ook dat sociale evolutie cumulatief is en binnen één of enkele generaties kan plaatsvinden. Het feit dat verworven eigenschappen erfelijk zijn, betekent dat de mens de controle heeft over zijn eigen evolutie. Volgens Spencer is maatschappelijk succes welbeschouwd een *biologische* eigenschap die overerfbaar is. Een luie, werkloze sloeber die op een goede dag besluit met zijn verleden te breken, de handen uit de mouwen te steken en zich op de maatschappelijke ladder omhoog te werken, zal zijn erfelijk materiaal gunstig beïnvloeden waardoor zijn nakomelingen met soortgelijke aspiraties ter wereld komen. Het nageslacht heeft zo een aangeboren predispositie voor daadkracht en succes. Omdat Spencers doctrine sterk leunt op het idee dat verworven eigenschappen overerfbaar zijn, is het dus correcter om van sociaal-*lamarckisme* te spreken dan van sociaal-darwinisme.

Tegenwoordig is het eenvoudig in te zien welke redeneerfout Spencer maakte. De vergissing die Spencer beging, was dat hij de invloeden van *nature* en *nurture*, aanleg en omgeving, door elkaar haalde. Hoewel ze elkaar kunnen beïnvloeden, zijn biologische eigenschappen (*nature*) immers van een andere orde dan sociaal-culturele eigenschappen (*nurture*). Beide soorten eigenschappen heb-

ben ook gescheiden transmissiekanalen. Natuurlijk is het zo dat we dingen die we tijdens ons leven hebben geleerd door kunnen geven aan onze kinderen. Dat is immers de crux van culturele evolutie. Maar zulke tijdens het leven verworven eigenschappen zijn niet *biologisch* overerfbaar. De verworven eigenschappen komen niet op één of andere wijze gecodeerd in de geslachtscellen terecht. Verworven kennis wordt niet doorgegeven via een *genetisch*, maar via een *cultureel* medium, namelijk door traditie, opvoeding en onderwijs. Maatschappelijk succes is dus niet noodzakelijk een biologische, erfelijke eigenschap, en een maatschappelijk geslaagd individu hoeft ook niet automatisch 'goede' genen te hebben. Het succes kan te wijten zijn aan het onderwijs dat hij heeft genoten of aan het milieu waarin hij is opgegroeid. Omgekeerd hoeft een maatschappelijk mislukt individu geen 'slechte' genen te hebben. Hij kan gewoon de pech hebben gehad in het verkeerde milieu te zijn opgegroeid. Overigens werd dit gaandeweg ook door de sociaal-darwinisten erkend. Men gaf stilaan toe dat omgevingsfactoren een rol spelen, maar men hield vol dat de belangrijkste verschillen in competentie al bij de geboorte vastliggen. Als iedereen gelijke kansen krijgt, zal er daarom vanzelf een permanente onderklasse en een permanente, elitaire bovenklasse ontstaan.

Lamarcks erfelijkheidstheorie was in de negentiende eeuw gemeengoed en ook Darwin werd erdoor gecharmeerd. De theorie raakte pas in diskrediet toen de Duitse bioloog Weismann aan het einde van de negentiende eeuw aantoonde dat overerving van verworven eigenschappen onmogelijk is (zie p. 34). Weismann liet zien dat de informatie in het erfelijk materiaal (het 'kiemplasma') niet tijdens het leven kan worden aangevuld of bijgewerkt. Er lopen namelijk wel causale lijnen van het genotype naar het fenotype, maar niet andersom. Pas met de herontdekking van Mendels erfelijkheidstheorie in 1900 kwam er een volwaardig alternatief voor Lamarcks theorie. Genetische veranderingen komen niet tot stand door de inspanningen die organismen plegen, maar door recombinitie en mutaties. Een populatie kan dus slechts afwachten totdat er een keer een gunstige genetische variatie opduikt. Nadat Lamarcks erfelijkheidstheorie door Weismann was weerlegd, was er dus geen reden meer voor optimisme. Aan het kiemplasma kan niets worden veranderd, tenzij door herschikking of willekeurige kopieerfouten. Het nageslacht van inferieure mensen blijft dus in principe inferieur.

Maar behalve de invloed van Lamarck zien we bij de latere Spencer ook sporen van Darwin, met name het principe van natuurlijke selectie. Competitie en concurrentie leiden immers tot een selectieproces waarbij de meest geschikte en best aangepaste individuen zullen triomferen. Spencers verdediging van het *laissez-faire*-kapitalisme komt rechtstreeks voort uit het principe van *survival of the fittest*, het idee dat harde concurrentie het beste in de mens naar boven haalt. Darwin zelf koesterde ook zulke ideeën, zij het wat minder radicaal. Hij was ervan overtuigd dat de concurrentiestrijd tussen individuen op den duur een heilzaam effect sorteert en dat de verzachting van dit selectieproces, door toedoen van de voortschrijdende beschaving, schadelijk kan zijn. Tegelijkertijd was Darwin echter geen voorstander van *laissez-faire*-kapitalisme omdat hij meende dat de hulpelozen niet aan hun lot mogen worden overgelaten. Volgens Darwin zit de beschaafde mens met een 'sympathie-instinct' opgescheept dat hem belet om al te hardvochtig te zijn. Het natuurlijke eliminatieproces wordt zo weliswaar verstoord, maar dat is nu eenmaal de prijs die we betalen voor beschaving. Door harteloos op te treden, zouden we volgens Darwin het 'edelste deel van onze aard' verloochenen (*Afstamming van de mens*, i.168).

DE CONTROVERSE OVER RASSEN

Het grootse evolutionaire schema dat Spencer schetst, beperkt zich niet alleen tot individuen en bedrijven: het is ook toepasbaar op verschillende culturen en rassen. Evolutie bestaat uit een voortdurende competitie tussen mensengroepen waarbij de sterke, superieure rassen en culturen de zwakke, inferieure rassen en culturen zullen domineren. De onderwerping van lagere rassen en culturen door de hogere, meer beschaafde rassen en culturen is een onderdeel van de overkoepelende wet van vooruitgang. Het zal geen verrassing zijn dat Spencer de Europese cultuur en het blanke ras superieur achtte aan alle andere culturen en rassen. In de negentiende eeuw bood het sociaal-darwinisme zo een rechtvaardiging voor (Brits) imperialisme, kolonialisme en slavernij. De mens is dan misschien niet door God geschapen, maar de Britse, blanke, protestantse man is wel de kroon op de evolutie. De blanke Europeaan heeft daarom terecht zeggenschap over de wereld gekregen.

Overigens stond Spencer bepaald niet alleen met deze opvatting, want veel van zijn (blanke, Europese) tijdgenoten hadden dezelfde onvervalste racistische en seksistische ideeën. In de negentiende eeuw was het in Europa en Amerika gemeengoed om van ‘superieure’ en ‘inferieure’ rassen en seksen te spreken. Ook Darwin meende dat de Europese blanke man het hoogtepunt van de evolutie was. Hij had zijn *Ontstaan van soorten* immers niet voor niets de ondertitel ‘Het behoud van bevoordeelde rassen in de strijd om het leven’ meegegeven. Extinctie is uiteindelijk het gevolg van raciale inferioriteit. In de *Afstamming van de mens* doet Darwin hier een boekje over open. Hij stelt bijvoorbeeld onomwonden dat er een hiërarchie van mensenrassen bestaat en dat de neger en de aboriginal (Papoea) ergens tussen de blanke man en de mensaap in staan. ‘In een toekomstig tijdperk’, schrijft Darwin, ‘zullen de beschaafde mensenrassen bijna zeker de wilde rassen over de gehele wereld hebben uitgeroeid en verdrongen.’ (i.201.) Naast deze raciale inferioriteit is er volgens Darwin ook nog sprake van *seksuele* inferioriteit, want vrouwen zijn beduidend mindere wezens dan mannen. Volgens Darwin bereikt de man bij alles wat hij onderneemt een hoger niveau dan de vrouw, of dit nu diep nadenken, rede of fantasie vereist, of louter het gebruik van zintuigen en handen. Typisch vrouwelijke vermogens, zoals intuïtie en imitatie, zijn volgens Darwin kenmerkend voor de ‘lagere rassen en een lagere staat van beschaving’. (ii.327.)

In hoofdstuk 6 hebben we gezien dat er in de negentiende-eeuwse antropologie een verhit debat ontstond tussen de polygenisten en de monogenisten. De polygenisten meenden dat de verschillende rassen geen gemeenschappelijke oorsprong hebben: de rassen zijn ofwel afzonderlijk geschapen, ofwel vertegenwoordigen ze verschillende stadia van de evolutie. In het laatste geval zouden de Afrikaanse en Australische rassen een tussenstadium zijn tussen mensapen en Europeanen. De ‘lagere’ rassen werden als ‘bevroren overblijfselen’ van de progressieve evolutie van aap naar mens beschouwd en deze zienswijze bood opnieuw een rechtvaardiging voor kolonialisme en slavernij. De monogenisten daarentegen meenden dat de mens één enkele soort was, ondanks de vele raciale verschillen. In de *Afstamming van de mens* (i.228 en verder) onderschrijft Darwin deze visie. Volgens hem hebben alle rassen dezelfde, gemeenschappelijke oorsprong. Wat bijvoorbeeld voor deze zienswijze pleitte, was het feit dat de verschil-

lende rassen zich kunnen kruisen, waarbij vruchtbare nakomelingen ontstaan. Maar ondanks het feit dat Darwin aan de zijde van de monogenisten stond, hield hij er uitgesproken racistische denkbeelden op na die niet of nauwelijks onderdeden voor die van de polygenisten. De verschillende rassen behoren volgens Darwin weliswaar tot één en dezelfde soort, maar dat neemt niet weg dat er duidelijke mentale en intellectuele verschillen tussen mensengroepen bestaan.

Hiervoor hebben we al geconstateerd dat de moderne mens, *Homo sapiens*, in een aantal verschillende rassen kan worden onderverdeeld, te weten: Afrikanen (negroiden), Europeanen (kaukasiërs), Aziaten en oorspronkelijke Amerikanen (mongloïden), en Papoea's (australoiden) (zie p. 69-70). Een ras is een populatie van individuen die door hun gemeenschappelijke afstamming op elkaar lijken en nauwer met elkaar verwant zijn dan met andere populaties. Deze visie staat echter al een paar decennia onder druk. Sommige wetenschappers, met name sociale wetenschappers, verkondigen namelijk dat rassen helemaal niet bestaan. Preciezer, men is van mening dat de notie van 'ras' – net als gender – niet naar een *biologische* maar naar een *sociale* categorie verwijst. Niet de natuur, maar *wij* verdelen mensen onder in verschillende subgroepen. Genetisch gezien zou er namelijk geen enkele aanleiding zijn om de mensheid in verschillende populaties op te splitsen, want de genetische variatie binnen één zogenaamd 'ras' zou soms groter zijn dan de gemiddelde verschillen tussen twee willekeurige 'rassen'.

De wetenschappelijke houding jegens het fenomeen 'ras' is echter voortdurend aan verandering onderhevig. De Tweede Wereldoorlog, en de ondergang van nazi-Duitsland, vormen hierbij een belangrijk keerpunt. De in 1945 opgerichte UNESCO stelde in de jaren vijftig bijvoorbeeld dat rassen weliswaar bestaan, maar dat iedereen gelijk is en dat er dus geen enkele aanleiding bestaat om mensen op grond van etniciteit te discrimineren. In de jaren zestig en zeventig werd deze politiek correcte visie vervolgens omgesmeed tot de gedachte dat 'ras' louter een sociale constructie is. We zijn niet alleen allemaal gelijk, maar rassen bestaan ook helemaal niet! Iemand die het tegendeel beweerde, werd verblind door een perfide sociaal-economische ideologie, of hij was gewoon een racist. Dit politiek correcte standpunt is tegenwoordig vooral in de vs nog steeds erg populair in bepaalde wetenschapskringen.

Bij het idee dat de notie van 'ras' welbeschouwd een biologische fictie is, worden recentelijk echter steeds vaker vraagtekens geplaatst. Er blijken namelijk wel degelijk goede redenen te zijn om de mensheid in verschillende biologische subgroepen in te delen. Eén van die redenen vloeit voort uit de voortschrijdende medische wetenschap. Uit onderzoek blijkt bijvoorbeeld dat Afro-Amerikanen een veel grotere kans op hartfalen hebben dan Amerikanen van Europese afkomst. Aanvankelijk meende men dat deze verschillen aan sociaal-economische factoren waren te wijten. Gemiddeld genomen zijn zwarte Amerikanen bijvoorbeeld immers armer dan blanken, en hebben ze een ander voedingspatroon en beperktere toegang tot de gezondheidszorg. In 2002 meldde een groep onderzoekers echter dat de verschillen ook een genetische grondslag hebben. De grotere kans op hartfalen blijkt voor een aanzienlijk deel in de biologische constitutie te zijn verankerd. De medische consequenties konden dan ook niet lang uitblijven. In juni 2005 bracht het Amerikaanse farmaciebedrijf NitroMed een door de *Food and Drug Administration* (FDA) goedgekeurd geneesmiddel op de markt dat speciaal voor zwarte hartpatiënten was ontwikkeld. Het middel, BiDil genaamd, werd door de gelijkheidslobby al snel een 'racistische pil' genoemd, maar de gebruikers hoort men niet klagen.

Behalve hartfalen hebben ook andere aandoeningen soms een raciale of etnische achtergrond. Sommige ziekten zijn bijvoorbeeld duidelijk aan huidskleur gerelateerd. Mensen met een zwarte of donkere huid die in gematigde streken leven, hebben een grotere kans op vitamine D-gebrek, hetgeen onder meer rachitis (Engelse ziekte) kan veroorzaken. Vitamine D wordt gewoonlijk door het menselijk lichaam zelf aangemaakt als de huid aan voldoende zonlicht wordt blootgesteld. In de tropen hebben zwarte mensen door het overvloedige zonlicht nooit last van een gebrek aan vitamine D, maar in meer gematigdere streken kan een tekort ontstaan, dat overigens eenvoudig door een gevarieerd dieet kan worden gecompenseerd. Blanke mensen hebben dit probleem niet omdat hun huid ook voor geringere hoeveelheden zonlicht gevoelig is. Maar omgekeerd hebben blanken wel weer een verhoogde kans op huidkanker als zij van gematigde streken naar de tropen verhuizen. Fel zonlicht en een blanke huid verdragen elkaar slecht. Kortom, is de gedachte dat rassen niet bestaan misschien iets te voorbarig?

DE BELL CURVE

Een – vooral plagerig bedoeld – cliché uit de Amerikaanse basketbalwereld luidt dat witte mannen niet kunnen springen (*white men can't jump*). De grote sterren uit het Amerikaanse basketball zijn immers voornamelijk zwart. Blanke mannen zijn misschien soms goede spelverdelers, maar ze kunnen niet echt *dunk*en, zo luidt de algemene opinie. Een 'dunk', voor wie het niet weet, verwijst naar een manier van scoren waarbij de speler hoog opspringt en de bal van bovenaf in de basket dump. De grootste dunker aller tijden is de zwarte speler Michael Jordan, die niet voor niets de tweede voornaam 'Air' kreeg toebedeeld. Jordan hing ogenschijnlijk moeiteloos secondelang hoog in de lucht alvorens de bal met één of beide handen door de basket te gooien. Geen blanke deed het hem na (de meeste zwarten trouwens ook niet).

Het is een algemene volkswijsheid dat zwarte mensen niet alleen hoger en verder kunnen springen dan blanken, maar ook sneller kunnen rennen. Kijk bijvoorbeeld naar de finale van de honderd meter sprint bij de Olympische Spelen: de finalisten hebben meestal allemaal een donkere huidskleur. Ook bij de lange afstanden, zoals de tien kilometer en de marathon, maken zwarte atleten de dienst uit. Met name Oost-Afrikaanse atleten zijn goede langeafstandlopers, zie bijvoorbeeld het indrukwekkende succes van de Kenianen en de Ethiopiërs op de genoemde afstanden. Volgens kenners zouden deze atleten 'trage spiervezels' hebben en een slanke lichaamsbouw met lange benen, een lichaamstype dat bij inspanning relatief weinig brandstof verbruikt. West-Afrikanen daarentegen zijn juist goede sprinters. Zij beschikken over 'snelle spiervezels' en een stevige lichaamsbouw die uitermate geschikt is voor kortdurende krachtexplosies.

Is deze zwarte dominantie in veel takken van sport inderdaad te wijten aan aangeboren, biologische verschillen tussen de rassen, of liggen er misschien toch eerder sociaal-economische factoren aan ten grondslag? Sommige onderzoekers zoeken de verklaring vooral in de laatstgenoemde factoren. Voor veel zwarte jongeren is sport immers de enige manier om zich uit het getto te bevrijden. Het is dus niet vreemd dat zij massaal deze uitweg zoeken. Bovendien zijn de beroemde zwarte atleten weer een rolmodel voor nieuwe genera-

ties kansarme jongeren die er alles voor over hebben om in de voetsporen van hun helden te treden. Het is dus niet het ras dat nieuwe generaties zwarte sporters kweekt, maar de sociaal-economische achterstelling en de voorbeeldfunctie. Andere onderzoekers menen echter dat de verklaring voor de zwarte dominantie wel degelijk in biologische oorzaken moet worden gezocht. Donkere mensen zijn nu eenmaal anders gebouwd dan blanke mensen, en het zou van weinig realiteitszin getuigen als we deze fysiologische verschillen domweg ontkennen.

Deze laatste visie heeft echter implicaties, want als atletisch vermogen inderdaad voor een deel met raciale kenmerken samenhangt, dan zou dit natuurlijk ook voor andere vermogens kunnen gelden, zoals muzikaliteit en intelligentie. Met andere woorden, als er aangeboren *lichamelijke* verschillen tussen de rassen bestaan, waarom dan ook niet *psychologische* verschillen? Hier begeven we ons op gevaarlijk terrein. Het is tegenwoordig al op het randje van het betaamelijke te zeggen dat sommige rassen een beter (want aangeboren) ritmegevoel hebben dan andere rassen. Als men zegt dat sommige rassen intelligenter (of juist dommer) zijn dan andere rassen, wordt de grens volgens velen overschreden. Maar niet volgens iedereen.

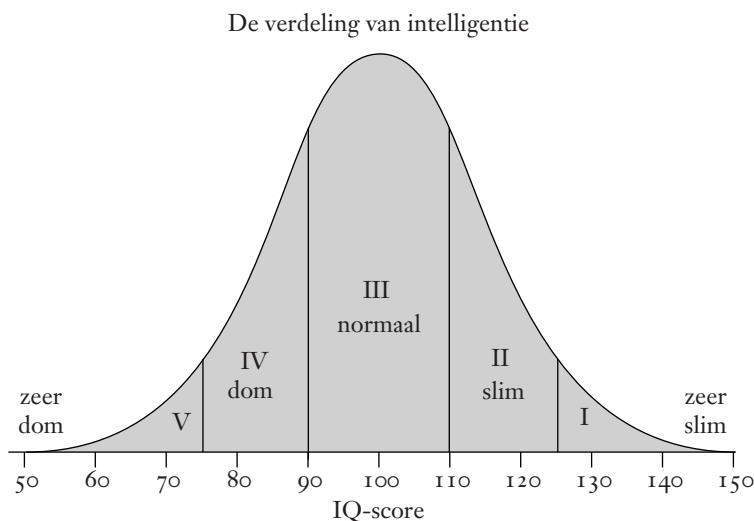
In 1994 verscheen een spraakmakend boek van de psycholoog Richard J. Herrnstein en de politicoloog Charles Murray met de titel *The bell curve: intelligence and class structure in American life*. De vlam sloeg in de pan want in het boek werd beweerd dat intelligentie ongelijk is verdeeld onder de verschillende 'etnische groepen' (lees: rassen) in de vs. De ongelijke distributie zou genetisch zijn bepaald. Het zogeheten IQ-debat, dat inmiddels in het voordeel van de machtige, politiek correcte gelijkheidslobby leek te zijn beslist, laaide weer in alle hevigheid op en bracht een tweedeling in het politieke en wetenschappelijke landschap teweeg. De beschuldigingen vlogen over en weer, maar de argumenten waren niet nieuw. Het IQ-debat was immers al vaker gevoerd. De kwestie komt steeds hierop neer: is intelligentie een kwestie van *nature* of *nurture*, van aanleg of van omgeving? Het feit dat deze discussie in de vs regelmatig opnieuw opblaait, kan ten dele worden verklaard door de nationale obsessie met intelligentietests: Amerikanen trekken al sinds jaar en dag voor elk wisselwasje een IQ-test uit de kast. Een bijkomend gevolg is dat men over een indrukwekkende databank aan statistische informatie

beschikt die zowat de periode van een eeuw bestrijkt. Uit deze statistiek komt een duidelijk, en zich herhalend, patroon naar voren. Afro-Amerikanen blijken stevast het laagst te scoren in de tests. Iets beter scoren de latino's, de individuen van Latijns-Amerikaanse afkomst, gevolgd door blanken van Mediterrane en Slavische origine. Het hoogst scoren de blanken van Noord- en West-Europese afkomst en de Zuid- en Oost-Aziaten. De geconstateerde verschillen in intelligentie tussen de etnische groepen zijn al tientallen jaren constant. Over deze uitkomst is ook vrijwel iedereen het eens, maar men verschilt hevig van mening hoe de verschillen verklaard moeten worden.

Aanhangers van de omgevingstheorie menen dat de verschillen in intelligentie een sociaal-economische achtergrond hebben. Als iemand in een verarmd milieu wordt geboren waar weinig boeken en andere intellectuele uitdagingen voorhanden zijn, en hij vervolgens ook nog eens belabberd (of helemaal geen) onderwijs geniet, zal hij vanzelf een achterstand oplopen. Door de overheid gesubsidieerde inhaalprogramma's zijn daarom zeer wenselijk, aldus de omgevings-theoretici, want het IQ kan gedeeltelijk worden opgekrikt. Als we de omstandigheden verbeteren, zullen de minder bedeelden zich maatschappelijk op kunnen werken. Daarnaast menen de omgevings-theoretici dat de IQ-tests een sociaal-economische en culturele *bias* vertonen waardoor sommige groepen nu eenmaal beter scoren dan andere. De tests registreren namelijk geen 'intelligentie', maar het onderwijsniveau, de vertrouwdheid met de Amerikaanse taal en cultuur, en het milieu waaruit iemand afkomstig is. Aanhangers van de aanlegtheorie stellen daarentegen dat de tests wel degelijk intelligentie meten en dat de verschillen in IQ een raciale en genetische achtergrond hebben. Voorts betogen zij dat het geen zin heeft om Afro-Amerikanen en latino's dure inhaalprogramma's aan te bieden, want de verschillen liggen al bij de geboorte vast. Intelligentie is immers erfelijk en aangeboren, en dit betekent dat het IQ naderhand niet of nauwelijks meer kan worden beïnvloed. Mensen zijn nu eenmaal van nature ongelijk en we kunnen deze verschillen niet wegpoetsen. De overheid moet zich daarom niet met deze zaak bemoeien, want het subsidiëren van inhaalprogramma's is weggegooid belastinggeld.

Ook de auteurs van *The bell curve* verkondigen deze politiek incorrecte, tegendraadse mening. Verschillen in intelligentie hebben

een raciale, genetische achtergrond en volgens de auteurs moeten we deze conclusie ter harte nemen, want intelligentie, en alle vaardigheden die ermee samenhangen, bepalen immers op hun beurt voor een groot deel het maatschappelijk welslagen van een individu. Genetische verschillen hebben dus een enorme invloed op de structuur van de maatschappij. Volgens de auteurs kan een populatie in vijf 'cognitieve klassen' worden onderverdeeld, te weten: zeer slim, slim, normaal, dom en zeer dom. In een grote, gevarieerde populatie zal de distributie van intelligentie, weergegeven in een grafiek, doorgaans de vorm en curve van een klok (*bell*) aannemen, zie de onderstaande figuur. Een normaal IQ (100) komt immers veel meer voor dan een zeer laag IQ (minder dan 75) of zeer hoog IQ (meer dan 125). Een *bell curve* is de Engelse naam voor een zogeheten 'normale distributie', een term uit de statistiek.



Afbeelding 15.1: Normale distributie (*bell curve*) van intelligentie.

Herrnstein en Murray stellen verontrust vast dat het gemiddelde IQ in de VS langzaam daalt doordat de Afro-Amerikanen aanzienlijk meer nageslacht produceren dan andere etnische groepen. Voeg daarbij de groeiende toestroom van latino's uit Zuid- en Midden-Amerika en het recept voor een sociale catastrofe dient zich aan. We

zien een 'neerwaartse druk' op de distributie van intelligentie in de vs en dit geeft alle reden tot zorg, aldus de auteurs. Het bezit van een laag iq correleert immers met allerlei maatschappelijk ongewenste zaken. Mensen met een laag iq zijn over het algemeen minder goede opvoeders dan mensen met een hoog iq, en een lage intelligentie gaat vaak samen met werkloosheid, verslaving en criminaliteit. Om een verdere daling van het nationale iq te voorkomen, moet de toestroom van latino's daarom drastisch worden ingeperkt, en daarnaast moet de overheid arme, zwakbegaafde zwarten ontmoedigen zich ongelimiteerd voort te planten. De neerwaartse druk op de distributie van intelligentie kan dan worden gekeerd, met alle voordelen van dien. Immers, 'een slimmere populatie zal eerder, en gemakkelijker, tot een beschaafde burgerij kunnen worden omgevormd', aldus Herrnstein en Murray.

Zoals gezegd, het iq-debat in de vs heeft ook scherpe politieke kanten. Aanhangers van de aanlegtheorie zijn doorgaans aan de (neo)conservatieve rechterzijde van het politieke spectrum te vinden, de aanhangers van de omgevingstheorie onder de *liberals* aan de linkerkant. De verdedigers van de aanlegtheorie stellen dat hun opponenten onverantwoordelijke utopisten zijn die de naakte waarheid niet onder ogen durven te zien. De verdedigers van de omgevingstheorie maken hun tegenstanders uit voor racisten en, niet geheel verrassend, sociaal-darwinisten. In een nieuwe editie van zijn boek *The mismeasure of man* haalde Stephen Jay Gould destijds flink uit naar Herrnstein en Murray. Gould spreekt over een 'anachronistisch sociaal-darwinisme' dat niet op feiten maar op drijfzand is gebouwd. Het succes van *The bell curve* is volgens Gould te wijten aan een 'deprimerende tijdsgeest' en een 'historische periode van hardvochtigheid zonder weerga'. Van Gould hadden we natuurlijk niet anders verwacht, gezien zijn linkse, marxistische engagement en zijn afkeer van alles wat naar biologisch determinisme zweemt.

Gould en andere critici hebben in zoverre gelijk dat Herrnstein en Murray er soms een statistisch rommeltje van maken. De patronen in de data kunnen immers op meerdere manieren worden uitgelegd. Bovendien doen de auteurs van *The bell curve* net of witteboorden-criminaliteit niet bestaat. Een hoger geplaatst individu met een bovengemiddeld iq is namelijk niet per definitie een lieverdje. Slimme

mensen vertonen misschien net zo vaak misdadig gedrag als domme mensen, alleen springt het niet zo snel in het oog. Maar gelukkig wordt de beerput van de 'beschaafde burgerij' zo nu en dan flink opengetrokken. Een paar jaar nadat *The bell curve* was verschenen, kwamen de grote fraudeschandalen in de Amerikaanse zakenwereld aan het licht. Denk aan de affaire rond het energiebedrijf Enron, de gevallen van exorbitante zelfverrijking en andere malversaties die zelfs de regering van president George W. Bush in het nauw brachten.

Andere recensenten, zij het een minderheid, menen echter dat Herrnstein en Murray belangrijke thema's aansnijden en dat het onverstandig is om binnen het kader van de politieke correctheid bepaalde sociale taboes in stand te houden. Hoe dan ook, de controverse rond *The bell curve* toont aan dat het sociaal-darwinisme nog altijd voortleeft, zij het misschien in een mildere vorm. In de hedendaagse context gaat het vooral om de vraag of de mens door zijn aanleg of door zijn omgeving wordt bepaald. Het debat over de invloeden van *nature* en *nurture* kan niettemin grote gevolgen hebben voor het toekomstige beleid ten aanzien van immigratie, werkloosheid- en armoedebestrijding, gezondheidszorg en criminaliteit. Het is daarom betreurenswaardig dat de discussie in de vs zo gepopulariseerd is en de tegenstanders zich steeds dieper in hun loopgraven hebben teruggetrokken. Hierdoor is de middenweg, het inzicht dat de mens *zowel* door zijn aanleg *als* door zijn omgeving wordt bepaald, ondergesneeuwd geraakt. De twee invloeden sluiten elkaar immers helemaal niet uit.

DE TOEKOMST VAN DE BESCHAVING

Het pleidooi van Herrnstein en Murray om het geboortecijfer onder arme, kansloze zwarten in te dammen, vertoont behalve sociaal-darwinistische kenmerken ook duidelijke sporen van de eugenetica. De term *eugenics*, hetgeen 'goede afstamming' betekent, werd in 1883 gelanceerd door de invloedrijke Engelse psycholoog en natuurwetenschapper Francis Galton, een jongere neef van Darwin. De eugenetica wil de mensensoort, of één mensenras, verbeteren door selectieve voortplanting, net zoals kwekers en fokkers door kunstmatige selectie een planten- of dierenras 'veredelen' door con-

sequent alleen de individuen met de gewenste eigenschappen voor verdere voortplanting te bestemmen. Bij de eugenetica wordt deze teeltkeus toegespitst op de mens. De elite dient de kwaliteit van het ras te bewaken door de gezinsgrootte af te stemmen op de erfelijke eigenschappen van de ouders: individuen met goede eigenschappen mogen zich vrijelijk reproduceren, individuen met slechte eigenschappen liever niet.

Binnen de doctrine worden gewoonlijk twee vormen van eugenetica onderscheiden: de positieve en de negatieve variant. Positieve eugenetica bestaat uit het *aanmoedigen* van 'superieure' individuen om zich voort te planten, bijvoorbeeld door middel van een financiële beloning. Negatieve eugenetica tracht te *verhinderen* dat 'inferieure' individuen zich kunnen voortplanten, bijvoorbeeld door gedwongen sterilisatie. Een consequent doorgevoerde rassenscheiding (segregatie) en een verbod op gemengde huwelijken moeten daarnaast verhinderen dat het superieure ras door lagere bloedlijnen wordt aangetast.

Het sociaal-darwinisme was vooral populair in de tweede helft van de negentiende eeuw, de eugenetica in de eerste helft van de twintigste eeuw. Het sociaal-darwinisme, zo hebben we gezien, wil de evolutie haar gang laten gaan door niet in te grijpen in het proces van natuurlijke selectie. De eugenetica wil juist *wel* actief in de evolutie ingrijpen door middel van kunstmatige selectie. De verspreiding van erfelijk belaste individuen dient te worden tegengegaan. In zijn boek *Evolution, the history of an idea* uit 1989 verklaart Peter Bowler, hoogleraar wetenschapsgeschiedenis aan de universiteit van Belfast, deze omslag als volgt. In de negentiende eeuw zag de blanke Europeaan zichzelf nog als de gerechtvaardigde veroveraar van de wereld die de 'wilde rassen' spoedig tot uitsterven zou dwingen. In de twintigste eeuw was dit racisme echter een stuk pessimistischer geworden: het delicate en beschaafde blanke ras bleek juist erg kwetsbaar en moest tegen de oprukkende lagere rassen in bescherming worden genomen. Het doel was niet langer om te expanderen, maar om te consolideren. Op die plekken waar de Europeaan vaste voet aan grond had gekregen, moest het terrein tegen de 'biologisch meer actieve rassen' worden verdedigd. In 1924 werd in de vs bijvoorbeeld de *Immigration Restriction Act* ingevoerd die de toestroom van inferieure individuen moest tegengaan. Australië voerde nog tot

de jaren zestig een dergelijk 'wit beleid': alleen blanke, Europese immigranten waren welkom *down under*.

Net als Darwin en Spencer meende Galton dat de blanke man de kroon op de evolutie was en dat de Europeaan terecht zeggenschap over de wereld had gekregen. Maar Galton meende dat ook het blanke ras nog volop viel te veredelen. In zijn belangrijkste werk *Hereditary genius* uit 1869 stelt hij dat de verschillen in verstandelijke capaciteiten aangeboren en erfelijk zijn, en dat er weinig aan valt te veranderen. Een goede opleiding kan een verstand weliswaar tot volle wasdom brengen, maar een individu kan nooit boven zijn aangeboren geestelijke vermogens uitstijgen, aldus Galton. Weismanns ontdekking dat het kiemplasma, het erfelijk materiaal, ongewijzigd aan volgende generaties wordt doorgegeven, verklaarde volgens Galton waarom de arme onderklasse in elke generatie weer opnieuw aan het kortste eind trok. Galton constateerde verder dat de lagere klassen gemiddeld *meer* nakomelingen produceren dan de hogere klassen, hetgeen op den duur de kwaliteit van het ras zou aantasten. De lagere klassen met inferieur kiemplasma moesten daarom worden ontmoedigd om zich vrijelijk voort te planten, terwijl de elite met de gunstige erfelijke eigenschappen juist daartoe moest worden aangespoord. De toekomst van de beschaving stond immers op het spel. De ironie wil dat de veelzijdig begaafde Galton zelf kinderloos bleef: zijn vrouw Louise had een zwak gestel en was onvruchtbaar.

De grondbeginselen van de eugenetica vinden we opnieuw ook bij Darwin zelf. Rond het jaar 1855 begon Darwin zich uitvoerig in het verschijnsel van kunstmatige selectie te verdiepen, met name in de selectieve kweek van duiven- en hondenrassen. Deze voorbeelden van artificiële teeltkeus zouden vier jaar later in het *Ontstaan van soorten* als bewijsstukken dienen voor de evolutietheorie. Net zoals kwekers en fokkers binnen enkele eeuwen nieuwe planten- en dierenrassen kunnen voortbrengen, kan het proces van natuurlijke selectie in de loop van miljoenen jaren nieuwe soorten doen ontstaan. Door zijn kennis van de veredeling van gedomesticeerde planten en dieren kreeg Darwin echter ook een scherper oog voor de menselijke conditie. In de *Afstamming van de mens* (i.168-169) stelt hij dat bij de 'wilde' volken de zwakken van lichaam of geest spoedig worden geëlimineerd, terwijl wij, beschaafde mensen, juist ons uiterste best doen om dit eliminatieproces tegen te gaan. 'Wij bouwen gestichten

voor de imbecielen, de verminkten en de zieken; wij voeren armen-wetten in, en onze medische mensen zetten al hun vakkundigheid in om van iedereen het leven te redden. Op die wijze planten de zwakke leden van de beschaafde samenlevingen hun aard voort. Niemand die zich bezig heeft gehouden met het fokken van gedomesticeerde dieren zal betwijfelen dat dit zeer schadelijk moet zijn voor het menselijk ras.'

Evenals Galton constateert Darwin dat de armen en ontaarden zich in een hoger tempo vermenigvuldigen dan de superieure individuen en dit vormt een ernstige bedreiging voor de beschaving. Het feit dat de 'slechtste' individuen zich onbekommerd kunnen voortplanten, leidt immers onherroepelijk tot degeneratie. Maar anders dan zijn neef voelde Darwin er niets voor om de zwakken aan hun lot over te laten, laat staan hen het recht op reproductie te ontnemen. Zoals we al eerder hebben gezien, meent Darwin dat sympathie en medelijden ons ervan weerhouden om al te hardvochtig te zijn. Tegen dit gevoel ingaan, zou moreel verwerpelijk zijn: 'Als wij opzettelijk de zwakken en hulpelozen zouden verwaarlozen, zou dat alleen kunnen als dit mogelijk baat zou hebben bij een zeker en groot aanwezig kwaad. Daarom moeten wij zonder klagen de ongetwijfeld slechte gevolgen dulden van het feit dat de zwakken overleven en hun aard voortplanten.'

De eugenetica werd, net als het sociaal-darwinisme, het eerst populair in Groot-Brittannië. In 1904 richtte Galton in Engeland het Nationaal Eugenetica Laboratorium op en al gauw volgde er ook een tijdschrift: *Eugenics Review*. In het begin van de twintigste eeuw werd de eugenetica een internationale stroming: in Europa, Rusland en de vs ontstonden overal centra voor eugenetisch onderzoek. Het eerste Internationale Eugenetica Congres werd in 1912 gehouden. Het doel van dit alles was de kwaliteit van het (blanke) ras te bewaken, voornamelijk door de vruchtbaarheid van de laagste sociale klassen in te dammen en door mentaal zwakken, criminelen en sociaal onaangepasten op te sporen voordat zij zich konden vermenigvuldigen. Om inferieure en superieure mensen te kunnen onderscheiden, werden de eerste IQ-tests ontwikkeld. Zij die het laagste op zo'n test scoorden, de 'gedegeneerden', moesten gescheiden naar sekse worden opgesloten en eventueel worden gesteriliseerd.

Vanaf de jaren dertig stonden verschillende staten in de vs wet-

telijk toe dat genetisch 'inferieure' individuen gedwongen gesteriliseerd werden. Het betrof vooral psychiatrische patiënten. Naar een voorzichtige schatting werden minstens zeventigduizend Amerikanen hier het slachtoffer van. Zulke praktijken vonden overigens ook in Europa plaats, met name in Scandinavië. Zo werd pas vrij recentelijk onthuld dat tussen 1935 en 1996 minstens tweehonderdduizend individuen met vermeend inferieure kenmerken op bevel van de Zweedse overheid zijn gesteriliseerd. Nazi-Duitsland heeft de eugenetica echter het verst doorgedreven. Volgens de nazi-ideologie moest 'inferieure' individuen en rassen niet alleen de mogelijkheid tot voortplanting worden ontnomen, zij moesten ook ondergeschikt worden gemaakt aan het arische *Herrenvolk*, of simpelweg worden vernietigd. Behalve de doelbewuste genocide op joden, zigeuners en homoseksuelen werden tijdens het nazi-regime talloze mensen gesteriliseerd, voornamelijk gehandicapten en psychiatrische patiënten. Ook startte Heinrich Himmler, de leider van de ss, een fokprogramma om het arische ras te veredelen: het project *Lebensborn* (levensbron). In de tehuizen van het project werden jonge, raszuivere vrouwen aangemoedigd om zich door ss-officieren te laten bevruchten. Overigens vond Himmler dat elke ss'er ten minste vier zonen moest voortbrengen: twee om voor het vaderland te sterven, en twee om het voortbestaan van het Germaanse ras veilig te stellen.

RASHYGIËNE IN DE POLDER

In Nederland hebben geen extreme eugenetische uitwassen plaatsgevonden, waarschijnlijk omdat de beweging hier nooit echt verweven is geraakt met de obscure, deels mythische, rassenantropologie van de nazi's. Het is echter een misvatting te denken dat het eugenetische gedachtegoed hier ten lande niet op instemming kon rekenen. Integendeel zelfs, want in bepaalde kringen was de doctrine uiterst populair. In zijn onthullende studie *Om de kwaliteit van het nageslacht* uit 1990 heeft de historicus Jan Noordman de geschiedenis van de eugenetica in Nederland uitvoerig uit de doeken gedaan. Het overzicht brengt de lezer soms het schaamrood op de kaken. In ons land zijn weliswaar nooit eugeneticawetten uitgevaardigd, maar er werden wel tal van andere maatregelen genomen die de 'rashygiëne' moesten bevorderen. De aanbevelingen kwamen vooral uit

universitaire kring. Zo pleitte de bioloog C.J. Wijnaendts Francken al aan het eind van de negentiende eeuw voor een huwelijksverbod voor criminelen, armoedzaaiers, alcoholisten en doofstommen. In diezelfde periode poneerde de jurist en socioloog S.R. Steinmetz de stelling dat de verpauperde onderklasse aan haar lot moest worden overgelaten. De troosteloze situatie was immers geheel aan de inferieure individuen zelf te danken. In 1910 schreef Steinmetz een berucht artikel voor *De Gids* met de titel 'De toekomst van ons ras' waarin hij onder meer de hoge kindersterfte onder de armste bevolkingsgroepen besprak. Dat er in de laagste sociale klassen relatief veel kinderen stierven, was volgens Steinmetz alleen maar toe te juichen, want 'die kindersterfte is de wieding der menschheid door de natuur.' Steinmetz' collega aan de Universiteit van Amsterdam, de verloskundige Hector Treub, stelde dat een medisch onderzoek een voorwaarde moest zijn voor elke huwelijksluiting. In zijn artikel 'Huwelijk en ziekte' uit 1900 pleitte Treub voor een strikte voortplantingshygiëne, want waarom zouden de regels van de dierenfokkerij niet gelden voor de mens, 'het enige dier dat deze regels goed kent?' En dan was er nog de psycholoog Jacob Prak die meende dat de toplaag van de samenleving, de individuen met een iq van boven de 110, het in Nederland voor het zeggen moest krijgen. De onderlaag van de samenleving, het 'sociaal bezinksel', kon volgens hem maar het beste naar een waddeneiland worden gedeporteerd.

Een bekendere naam uit de Nederlandse eugenetische beweging is Jan Rutgers. Rutgers was in 1881 medeoprichter, en vervolgens jarenlang leider, van de Neo-Malthusiaanse Bond (NMB), die later in de Nederlandse Vereniging voor Seksuele Hervorming (NVSH) werd omgedoopt. Ook de hieraan verwante Rutgersstichting is naar hem genoemd. De NMB adviseerde haar leden onder meer over gezinsplanning en voorbehoedsmiddelen. Maar behalve voor seksuele hervorming en algemene geboortebeperving pleitte Rutgers ook voor de zuivering van het Nederlandse volk. In zijn boek *Rasverbetering en bewuste aantalsbeperking* uit 1905 stelde Rutgers voor om 'erfelijk belasten' te laten steriliseren. Degenen die dit weigerden, dienden met een 'baringsverbod' te worden bestraft. Net als Galton koesterde Rutgers de droom van een superieur ras.

Met de drooglegging en de daaropvolgende kolonisatie van de Zuiderzeepolders in de jaren dertig kreeg de Nederlandse overheid

de kans om enkele van de aanbevelingen in de praktijk te brengen. Noordman besteedt in zijn studie een klein intermezzo aan deze vergeten geschiedenis. De kolonisatie van de polders bood de overheid een unieke gelegenheid om op kunstmatige wijze een ‘modelbevolking’ te creëren. Men kon de kolonisten namelijk selecteren, want het aanbod was veel groter dan de vraag. Eerder gemaakte fouten, zoals bij de kolonisatie van de Haarlemmermeer, konden zo worden vermeden. De Haarlemmermeer was halverwege de negentiende eeuw drooggelegd en bij de daaropvolgende kolonisatie had de overheid verzuimd om regulerend op te treden. Het gevolg was dat de polder al snel door lieden van laag allooi werd bevolkt. Bij de kolonisatie van de Wieringermeer pakte de overheid het dan ook anders aan: de vrije toestroom van kolonisten moest worden tegengegaan. Werklozen kwamen bijvoorbeeld niet in aanmerking voor kolonisatie, want zij beloofden weinig kans op succes. Behalve op werkervaring en bankgaranties lette men ook op andere aspecten. De nieuwe immigranten werden namelijk niet alleen economisch, maar ook ‘sociaal-biologisch’ gekeurd. Onder de selectieprocedure viel daarom een medisch onderzoek dat het kaf van het koren moest scheiden. Men zocht vooral naar gezonde en krachtige landbouwers die uit een ‘goed nest’ kwamen en hun ‘erfelijke kwaliteiten’ al hadden bewezen.

REGELS VOOR HET MENSENPARK

Het idee dat de samenleving door selectieve voortplanting kan worden verbeterd, is ouder dan de weg naar Rome. De Spartanen in het oude Griekenland hadden bijvoorbeeld al de gewoonte om zwakke baby's te doden opdat de bevolking gezond en sterk zou blijven. Eugenetische ideeën vinden we ook bij de filosoof Plato. In zijn dialoog *De staat* (459-460) stelt de wijsgeer dat het vrije huwelijk moet worden afgeschaft en inferieure borelingen ‘stil en in het geheim’ uit de weg moeten worden geruimd. Om de kwaliteit van het ras te waarborgen, dienen de heersers er volgens Plato zorgvuldig op toe te zien dat enkel de mannen en vrouwen met ‘goede eigenschappen’ zich voortplanten. Soortgelijke ideeën doemen in latere eeuwen telkens opnieuw op. Aldous Huxley's roman *Brave new world* uit 1932 is een briljante en afschrikwekkende satire op dit vooruitzicht van de

maakbare mens. Huxley, evenals de bioloog Julian Huxley een kleinzoon van Thomas 'Darwins bulldog' Huxley, beschrijft een toekomstige 'heilstaat' waarin de overheid kunstmatig mensen kweekt en in verschillende klassen onderverdeelt. Alleen de eliteklassen mogen hun eigen persoonlijkheid behouden: zij zijn voorbestemd om het totalitaire systeem te leiden. De lagere klassen zijn geprogrammeerde arbeiders zonder individualiteit, initiatief en emotie.

Na de Tweede Wereldoorlog verloor de eugenetica echter haar glans, mede doordat in haar naam gruwelijke misdaden waren begaan. Maar daarnaast werd ook gaandeweg duidelijk dat de doctrine gewoon op naïeve en onjuiste overtuigingen was gebaseerd. Net als de sociaal-darwinisten maakten de eugenetici de fout de invloeden van *nature* en *nurture* door elkaar te halen. We hebben immers gezien dat de mens zowel door zijn erfelijke aanleg als door zijn sociaal-culturele omgeving wordt bepaald. De eerste IQ-tests, die bedoeld waren om het kaf van het koren te scheiden en te voorkomen dat inferieur kiemplasma zich zou verspreiden, hielden geen rekening met verschillen in milieu en genoten onderwijs. De tests maten geen intelligentie maar sociaal-economische afkomst. Op deze manier kon men moeilijk vaststellen of bepaalde gewenste of ongewenste eigenschappen ook werkelijk erfelijk zijn. Is iemand met een matige IQ-score erfelijk belast, of loopt hij achter omdat hij in een verarmd milieu is opgegroeid? Is het aanleg, omgeving, of beide? Nog een andere misvatting was dat een lichamelijke of verstandelijke eigenschap het product is van één enkel gen. Dat is niet zo. Veel eigenschappen blijken het resultaat van het samenspel van verschillende genen, die op hun beurt weer in wisselwerking met de omgeving staan.

Vanaf de jaren vijftig kwam de eugenetica daarom terecht in het verdomhoekje terecht. Deze conceptuele omslag voltrok zich gedurende de jaren zestig en zeventig ook in de sociale wetenschappen. Het biologisch determinisme was voortaan taboe en het credo luidde voortaan dat mensen geheel door hun omgeving worden bepaald. Pas in de laatste decennia van de twintigste eeuw werd erkend dat men te veel in het andere uiterste was vervallen. In plaats van een biologisch determinisme had men kritiekloos en dogmatisch een cultureel determinisme omarmd. Sindsdien geeft men, soms nog schoorvoetend, toe dat de waarheid ergens in het midden moet lig-

gen. Hoe een mens zich ontwikkelt, hangt niet alleen af van sociaal-economische factoren, maar ook van zijn biologische en genetische opmaak. Deze erkenning van de invloed van biologische factoren heeft zeker te maken met het spectaculaire succes van de moleculaire genetica, een succes dat enkele jaren geleden culmineerde in de ontrafeling van het menselijk genoom. We leren steeds meer over de erfelijke grondslagen van menselijk gedrag en de oorzaak van ziekten en andere aandoeningen.

En zo is ook de eugenetica weer onder ons, al hebben we haar nu een andere naam gegeven. Tegenwoordig spreken we over prenatale diagnostiek, over het screenen van genen, enzovoort. Het motief is echter voor een deel hetzelfde als dat van Galton en consorten, namelijk de kwaliteitsbewaking van het nageslacht. Met behulp van een vruchtwaterpunctie of vlokkentest wordt immers voorkomen dat ‘ongewenste’ individuen worden geboren en dat hun genen zich verder verspreiden. De tegenwerping dat de vergelijking met de eugenetica niet opgaat omdat ouders hier *zelf* vrijelijk over kunnen beslissen, gaat slechts ten dele op. De keuze is immers niet geheel vrij omdat de samenleving een toenemende druk op ouders uitoefent om ‘gezonde’ kinderen voort te brengen. Er komen steeds meer redenen – en een daaraan gekoppelde sociale druk – om een zwangerschap voortijdig af te breken, bijvoorbeeld als blijkt dat het ongeboren kind een levensbedreigende aandoening heeft of ernstig gehandicapt ter wereld zal komen. Door de voortschrijdende wetenschap komen deze eisen steeds hoger te liggen. Ook het veelgehoorde argument dat het hier niet om een eugenetische zuivering gaat, maar om het tegengaan van onnodig lijden, is niet geheel valide, want door de zwangerschap te beëindigen, wordt tevens voorkomen dat de samenleving met ‘inferieure’ individuen wordt opgezaaid. In de Middeleeuwen wemelde het nog van de gebochelden en andere mismaakten. Tegenwoordig ziet men zulke mensen nauwelijks meer. Zo zullen wellicht ook mensen met het Downsyndroom (‘mongooltjes’) over enkele decennia uit het straatbeeld zijn verdwenen. De Australische filosoof Peter Singer heeft er in elk geval herhaaldelijk op aangedrongen om baby’s met het Downsyndroom een dodelijke injectie te geven. Volgens Singer zullen zulke ‘non-personen’ immers nooit een volwaardig leven kunnen leiden.

Een kwestie die aan het voorgaande is gerelateerd, is de vraag of

zwakzinnigen en verstandelijk gehandicapten het recht op voortplanting mag worden ontzegd. In de praktijk, in Nederland, mogen zulke mensen seksuele betrekkingen met elkaar aangaan, maar ze krijgen dan wel het uitdrukkelijke advies om voorbehoedsmiddelen te gebruiken. Als een kinderwens ontstaat, wordt dit door de bevoegde instanties dringend afgeraden en krijgen de betrokkenen alternatieven aangereikt, zoals een huisdier of een pop. In sommige gevallen blijft de kinderwens echter bestaan en kan niemand meer ingrijpen. Dit leidt menigmaal tot schrijnende situaties waarin zwakzinnige ouders niet bij machte zijn hun eveneens geretardeerde kinderen te verzorgen, soms meerdere generaties lang. Begin 2004 opperde staatssecretaris Clémence Ross van Volksgezondheid, Welzijn en Sport (vws) dan ook het plan om verstandelijk gehandicapten voortaan strenger te ontmoedigen om kinderen te krijgen, desnoods in de vorm van gedwongen sterilisatie. Een probleem is echter welk criterium hierbij moet worden gehanteerd. Moeten alle individuen die onder een bepaalde IQ-grenswaarde vallen uit voorzorg onvruchtbaar worden gemaakt? Of dienen er aanvullende criteria worden opgesteld? Ook talloze 'normale' ouders blijken immers niet in staat om voor hun kinderen te zorgen. En hoe zit het trouwens met psychopaten en notoire zedendelinquenten? Moeten ook deze mensen preventief worden gesteriliseerd of gecastreerd? Kortom, wat weegt zwaarder: het recht op seksualiteit en voortplanting, of het voorkomen van leed en het tegengaan van de mogelijke verspreiding van ongewenste genen?

In de nabije toekomst kunnen ouders wellicht kiezen uit een hele reeks van reageerbuisembryo's. Mag er dan bijvoorbeeld op sekse worden gescreend? In landen zoals India en China hebben ouders immers doorgaans een sterke voorkeur voor mannelijke nakomelingen. Mag een vrucht worden afgedreven omdat het een meisje is? Het morele probleem van abortus is dan nog niet eens aangeroerd. Wellicht hebben we binnen afzienbare tijd ook allemaal een genenpaspoort dat gezondheidsinstanties en verzekeraars precies vertelt hoe groot de kans is dat we bepaalde ziekten krijgen. Door de ontrafeling van het menselijk genoom en andere klinkende successen van de moleculaire biologie hebben we onze eigen evolutie in handen gekregen. Genetische manipulatie en modificatie, biotechnologie en klonen bieden de mogelijkheid tot hypereugenetica. Geen won-

der dat er weer overal zieners opstaan die menen te weten welke kant de mensheid op moet gaan.

In de zomer van 1999 hield de Duitse filosoof Peter Sloterdijk in het Beierse slot Elmau een voordracht met de titel: 'Regels voor het mensenpark'. De erudiete lezing was eigenlijk voor collegafilosofen bedoeld, maar een paar uitspraken kwamen al snel in het nieuws. Het gevolg was dat er, met name in Duitsland, een fel debat losbarstte over het vermeende 'fascistoïde' karakter van Sloterdijks uitspraken. In zijn voordracht betoogde Sloterdijk dat het humanisme, dat sinds de Verlichting het westerse denken heeft gedomineerd, op een dood spoor is geraakt. Omdat het humanistische beschavingsproject is mislukt, zijn ook de traditionele middelen om de bestiale mens te 'temmen' uitgeput. Volgens Sloterdijk biedt de moderne wetenschap echter een hoopvol alternatief: de 'disciplinerende' van de mens met behulp van biotechnologie. De nieuwe mens is misschien te 'telen'. Nietzsche, volgens sommigen een ordinaire sociaal-darwinist met literair talent, zou er van hebben gesmuld. De *Übermensch* kan eindelijk worden gekweekt door middel van prenatale selectie, antropogenetica en biopolitiek!

De publieke verontwaardiging in Duitsland was echter overtrokken, want Sloterdijks lezing was lang niet zo explosief als sommige commentatoren wilden doen geloven. Zijn betoog staat, zoals gewoonlijk, bol van vage en abstracte bespiegelingen en nergens worden concrete aanbevelingen gedaan ten aanzien van bio-ethiek of gentechnologie. Sloterdijk ziet de snelle ontwikkelingen in de biotechnologie in het algemeen als een ingrijpend proces dat op de lange termijn enorme, en onvoorziene, consequenties kan hebben. De mens is een zichzelf domesticerende soort die in leeft in een zelf-ontworpen mensenpark. Het is verstandig om over de toekomstige regels van dit park na te denken voor het te laat is en we ongemerkt in Plato's Staat of Huxley's *Brave new world* zijn aangeland.

Evolutie en vooruitgang

Evolutionary hymn

Lead us evolution, lead us
 Up the future's endless stair;
 Chop us, change us, prod us, weed us.
 For stagnation is despair:
 Groping, guessing, yet progressing,
 Lead us nobody knows where.

– C.S. Lewis

TWIJFELS OVER PROGRESSIE

‘Gebruik nooit de woorden hoger en lager.’ Rond het jaar 1846 krabbelde Darwin dit zinnetje in de marge van zijn exemplaar van *Vestiges of the natural history of creation*, een populair boek over de evolutie geschreven in de geest van Lamarck. Darwin was niet de enige die zich in *Vestiges* (de titel verwijst naar de fossiele overblijfselen van uitgestorven dieren en planten) had verdiept. Het boek, dat in oktober 1844 was verschenen, bleek namelijk een heuse bestseller, die door het Britse lezerspubliek werd verslonden. De drukken volgden elkaar in rap tempo op. Maar behalve aan de populaire inhoud was het succes van *Vestiges* waarschijnlijk vooral te danken aan het feit dat het boek anoniem was gepubliceerd, waardoor het in Groot-Britannië gonsde van de geruchten over wie de auteur zou kunnen zijn. Sommigen meenden in de stijl en inhoud van het boek het intellect van een vrouw te herkennen, anderen wezen – ten onrechte – in de

richting van Darwin die al enkele publicaties over natuurhistorie op zijn naam had staan. Deze artikelen gingen echter niet specifiek over evolutie. Het zou nog tot 1859 duren eer Darwin, gedwongen door de brief van Alfred Russel Wallace, zijn ideeën hierover openbaar zou maken (zie p. 30 e.v.).

Toch kwam het tumult dat rond *Vestiges* was losgebarsten Darwins gemoedsrust bepaald niet ten goede. Hij worstelde in die jaren immers al flink met het probleem hoe hij zijn ontdekking van het principe van natuurlijke selectie aan een conservatief en godvrezend victoriaans publiek moest presenteren. De ophef rond *Vestiges* bood wat dat betreft een wijze les, want hoewel het boek door het lekenpubliek enthousiast werd ontvangen, was de wetenschappelijke wereld uitermate kritisch. Zo schreef de geoloog Adam Sedgwick, Darwins vriend en leermeester, een vernietigende recensie waarin hij de anonieme auteur hekelde vanwege zijn schrijnend gebrek aan wetenschappelijke kennis. De controverse toonde eens te meer aan dat evolutie ('transmutatie') een heikel onderwerp was en dat iedereen die er over wenste te publiceren goed beslagen ten ijs moest komen. Darwin was dus gewaarschuwd, temeer omdat hij er in die periode soortgelijke ideeën op na hield als de mysterieuze auteur, en dit verklaart wellicht waarom hij de kleine notitie in het boek aanbracht. De naïviteit van *Vestiges* moest hoe dan ook worden vermeden.

De geheimzinnige auteur van het veelbesproken boek, zo bleek pas jaren later, was de Schotse uitgever en amateur-evolutionist Robert Chambers. Chambers ideeën over evolutie hadden niets van doen met het principe van natuurlijke selectie dat de kern vormt van Darwins theorie. In *Vestiges* wordt meer een overkoepelend en positief beeld van de evolutie geschetst waar het algemene publiek weinig aanstoet aan kon nemen. Evolutie stond volgens Chambers gelijk aan vooruitgang. Evolutie betekent groei, ontwikkeling, ontvouwing en progressie. In *Vestiges* beschrijft Chambers de evolutie van de kosmos, van de vorming van planeten en het zonnestelsel, het spontane ontstaan van het leven op aarde, tot en met de opkomst van de moderne mens. De kernthema's in deze evolutie zijn steeds: ontwikkeling en vooruitgang. De eerdere en lagere stadia in de kosmische ontwikkeling waren in zekere zin bedoeld om de latere en hogere stadia mogelijk te maken. Net als Lamarck verkondigde Chambers het idee van lineaire, progressieve evolutie, waarbij latere

fasen steevast hoger, en dus beter, zijn dan eerdere fasen.

Het contrast met Darwin is ontegenzeggelijk groot. Zo koesterde Darwin bepaald niet de ambitie om de evolutie van de gehele kosmos te beschrijven: zijn – vooralsnog geheime – theorie beperkte zich tot de ontwikkeling van het leven op aarde. Maar in tegenstelling tot Chambers beschikte Darwin wel over een empirisch onderbouwde hypothese die deze evolutie kon verklaren: het principe van natuurlijke selectie. Bovendien staat bij Darwin de *gemeenschappelijke* oorsprong van het leven centraal, terwijl Chambers meent dat het leven uit parallelle reeksen van niet aan elkaar gerelateerde afstammingslijnen bestaat, die ieder voortkomen uit een spontaan gegenereerde basis. En waar Chambers ten slotte de nadruk legt op transformatie door middel van lineaire evolutie, vinden we bij Darwin het idee van diversificatie, het voortdurend vertakken van afstammingslijnen.

Maar ondanks deze verschillen waren er ook overeenkomsten, en dit was voor Darwin voldoende reden om zich zorgen te maken, zeker nadat *Vestiges* door vooraanstaande wetenschappers werd afgekraakt. Net als Darwin voert Chambers namelijk het bewijsstuk van de embryologie aan om zijn theorie te onderbouwen. Volgens Chambers is de wet waaraan de ontwikkeling van het embryo gehoorzaamt, dezelfde wet als die waaraan de evolutie van de soort is onderworpen. De embryogenese is immers een proces waarin de evolutie van de soort in zekere zin wordt ‘gerecapituleerd’: de verschillende progressieve stadia passeren allemaal nog eens de revue (zie p. 24). Ook Darwin was deze mening toegedaan: de embryonale recapitulatie toonde volgens hem aan dat evolutie vooruitgang behelst. Maar de zekerheid die Chambers hierover tentoonspreidt, ontbreekt bij Darwin: hij behield altijd een zekere ambivalentie over de notie van ‘vooruitgang’. In zijn geheime notitieschriften stelt Darwin bijvoorbeeld dat het begrip slechts iets verraadt over hoe *wij* naar de natuur kijken. Het zou volgens hem dan ook ‘absurd’ zijn het ene dier hoger in te schatten dan het andere. Het ogenschijnlijke patroon van vooruitgang is welbeschouwd niets meer dan een subjectieve projectie onzerzijds.

Maar in de notitieschriften vinden we tegelijkertijd aantekeningen die regelrecht met deze zienswijze in strijd lijken. Zo stelt Darwin dat als de mens onverhoopt zou uitsterven, er hoogstwaarschijnlijk opnieuw een slimme mensachtige uit de apen zou evolue-

ren. Het ontstaan van de mens is volgens Darwin eigenlijk onontkoombaar. Bovendien, zo hebben we in vorige hoofdstukken gezien, liet hij er geen misverstand over bestaan dat de mens, met name de blanke, mannelijke Europeaan, als het summum van evolutie moest worden beschouwd. Ondanks de theoretische bedenkingen bleef Darwin dus flirten met het idee van progressieve evolutie. In het *Ontstaan van soorten* vinden we dan ook verschillende passages die duidelijk aantonen dat Darwin wel degelijk in evolutionaire vooruitgang geloofde. Zo eindigt de voorlaatste alinea van het boek met de woorden: ‘En aangezien natuurlijke selectie uitsluitend werkt door en voor het goed van elk wezen, zullen alle lichamelijke en mentale gaven tenderen om vooruit te gaan in de richting van perfectie.’

Darwin zocht de verklaring voor deze vooruitgang in competitie. Door de strijd tussen levende wezens onderling (biotische competitie) en de strijd tussen organismen en hun fysische omgeving (abiotische competitie) wordt elke verbetering in het ontwerp door natuurlijke selectie beloond, bijvoorbeeld de eigenschap harder te kunnen rennen, het bezit van een groter uithoudingsvermogen, of een betere weerstand tegen ziekten, enzovoort. Door de onophoudelijke strijd om het bestaan zal de evolutie op den duur onmiskenbaar progressie vertonen. Aan het slot van hoofdstuk 10 van het *Ontstaan van soorten*, dat handelt over de geologische opeenvolging van organische wezens, schrijft Darwin:

De bewoners van iedere opeenvolgende periode in de geschiedenis van de wereld hebben hun voorgangers verslagen in de competitie voor het leven en staan, in zoverre, hoger op de ladder der natuur; en dit kan een verklaring zijn voor het vage en slecht gedefinieerde gevoel van veel paleontologen, dat de organisatie over het geheel genomen vooruit is gegaan. (p. 345.)

De kwestie of evolutie iets met vooruitgang te maken heeft, is nog altijd een heet hangijzer onder evolutiebiologen. De ambivalentie die Darwin over dit onderwerp tentoonspreidde, vinden we dan ook terug in de hedendaagse discussie over het onderwerp. Sommige biologen menen dat Darwin nog te veel gevangen zat in het negentiende-eeuwse, victoriaanse vooruitgangdenken om de laatste stap te kunnen zetten. Darwin had aanvankelijk groot gelijk toen hij stelde

dat de notie van 'vooruitgang' slechts een subjectief waardeoordeel is dat wij op de natuur projecteren. Dat hij zich later weer bedacht, is verklaarbaar vanuit het feit dat het vooruitgangdenken in de negentiende eeuw zo alomtegenwoordig was dat niemand hieraan durfde te twijfelen. Tegenwoordig, zo stellen deze biologen, weten we immers dat evolutie niets met vooruitgang te maken heeft. De notie van 'vooruitgang' is onwetenschappelijk en kan op geen enkele manier hard worden gemaakt. We doen er daarom het beste aan om het begrip onmiddellijk uit de evolutiebiologie te verbannen. Maar er zijn ook biologen, zeer vooraanstaande biologen zelfs, die menen dat een dergelijke maatregel te overhaast zou zijn. Zij wijzen er op dat de notie van 'vooruitgang' wellicht kan worden gehandhaafd, zij het niet in de ouderwetse, antropocentrische betekenis als zou de hele evolutie erop zijn gericht om de mens voort te brengen, maar wel in de zin dat de geschiedenis van leven in het algemeen progressie vertoont. Dat er op een bepaalde manier 'vooruitgang' heeft plaatsgevonden, kan eenvoudigweg niet worden gelooid.

DE GROTE KETEN VAN HET BESTAAN

Het feit dat evolutie lange tijd werd vereenzelvigd met vooruitgang vindt zijn oorsprong in het veel oudere idee dat de wereld hiërarchisch is geordend. In het bovenstaande citaat uit het *Ontstaan van soorten* gebruikt Darwin de metafoor van de 'ladder der natuur' om dit idee te illustreren: de organische wereld kent een rangschikking van laag tot hoog, van de eencellige tot de mens. Het idee van de ladder der natuur, oftewel de *scala naturae*, is echter al minstens tweeëneenhalfduizend jaar oud en kan al bij Aristoteles worden aangetroffen. Reeds in de Oudheid meende men dat de natuur hiërarchisch is geordend volgens een goddelijk of kosmisch plan. De natuur is gerangschikt in een verticale lijn of ladder van opklimmende complexiteit, waarbij elke hogere trede superieur is aan de treden die eraan voorafgaan. Zo beschrijft Aristoteles in zijn *De generatione* een rangorde die begint met insecten, en die via vissen en vogels uiteindelijk uitmondt in levendbarende zoogdieren en de mens. In de Middeleeuwen werd de *scala naturae* verder uitgewerkt en trachtte men niet alleen de levende natuur maar de gehele schepping in een hiërarchische ordening te plaatsen. Helemaal onderaan de ladder

vinden we levenloze, onbezielde objecten en verschijnselen zoals stenen en vuur. Zij hebben louter de eigenschap dat ze bestaan. Een trede hoger vinden we planten die niet alleen bestaan maar ook leven. Weer een trapje hoger komen we dieren tegen die niet alleen bestaan en leven, maar tevens een wil hebben en zich kunnen voortbewegen. In de sfeer van het ondermaanse is de mens het hoogste wezen: hij bezit naast de reeds genoemde kwaliteiten ook nog een verstand. In de hemelse sfeer (*Caelum*) vinden we vervolgens verschillende orden van engelen en helemaal aan de top van de ladder bevindt zich God (*Deus*) die de eeuwige en onveranderlijke rangorde heeft geschapen (afb. 16.1).

Het idee van de ladder der natuur, of *Great chain of being* zoals de Amerikaanse filosoof Arthur O. Lovejoy deze in zijn gelijknamige historische studie uit 1936 heeft genoemd, is een steeds terugkerend thema in de geschiedenis van het westerse denken. Niet alleen de filosofie en de theologie, maar ook andere wetenschapsgebieden zijn ervan doordrenkt. Zoals we hebben gezien, doemt de geest van de 'grote keten van het bestaan' ook bij Darwin weer op. Het is daarom een misverstand te denken dat de evolutietheorie een resoluut einde heeft gemaakt aan het concept van de *scala naturae*. De verdienste van Darwin is dat hij heeft laten zien dat er geen Schepper nodig is om de ontwikkeling van het leven te verklaren. De ideeën over de hiërarchische ordening van de organische wereld bleven echter goeddeels onaangetast. Dat wil zeggen, Darwin plaatste de ladder in een evolutionaire context: de natuur is niet op bovennatuurlijke wijze in zes dagen geschapen, maar heeft zich via natuurlijke wetten geleidelijk ontwikkeld. Darwin maakte zo een einde aan de goddelijke voorzienigheid, maar niet aan de ideeën omtrent evolutionaire vooruitgang en de voorbestemming van de mens. De mens was niet geschapen door God, maar hij bleef wel het culminatiepunt en de voorlopige eindbestemming van de evolutie.

Ook na Darwins dood in 1882 bleven de ideeën omtrent vooruitgang en voorbestemming een grote rol spelen. De algemene gedachte was dat evolutie wel een keer met de hoogste levensvorm op de proppen had *moeten* komen, en er bestond geen enkel misverstand over wat die hoogste levensvorm zou kunnen zijn. Dat er daarom ook vooruitgang heeft plaatsgevonden, was boven elke twijfel verheven, want anders zouden wij er immers niet zijn geweest! De Duitse



Afbeelding 16.1: Een middeleeuwse voorstelling van de *scala naturae*.

bioloog Ernst Haeckel, een bewonderaar van Darwin en een van de belangrijkste voorvechters van de embryonale recapitulatietheorie, publiceerde aan het eind van de negentiende eeuw een boek over de evolutie waarin een tekening van de stamboom van het dierenrijk is opgenomen. De classificatie herinnert aan de ordening die Aristoteles reeds voorstelde. Helemaal onderaan de stam van de boom vinden we bacteriën (Monera) en primitieve wormen, ergens in het midden staan de insecten gevolgd door vissen, amfibieën, reptielen en vogels. De kroon van de boom is geheel voorbehouden aan de zoogdieren, en helemaal bovenaan het topje prijkt, hoe kan het ook anders, de mens. Er is weliswaar niet langer sprake van een vlotte en

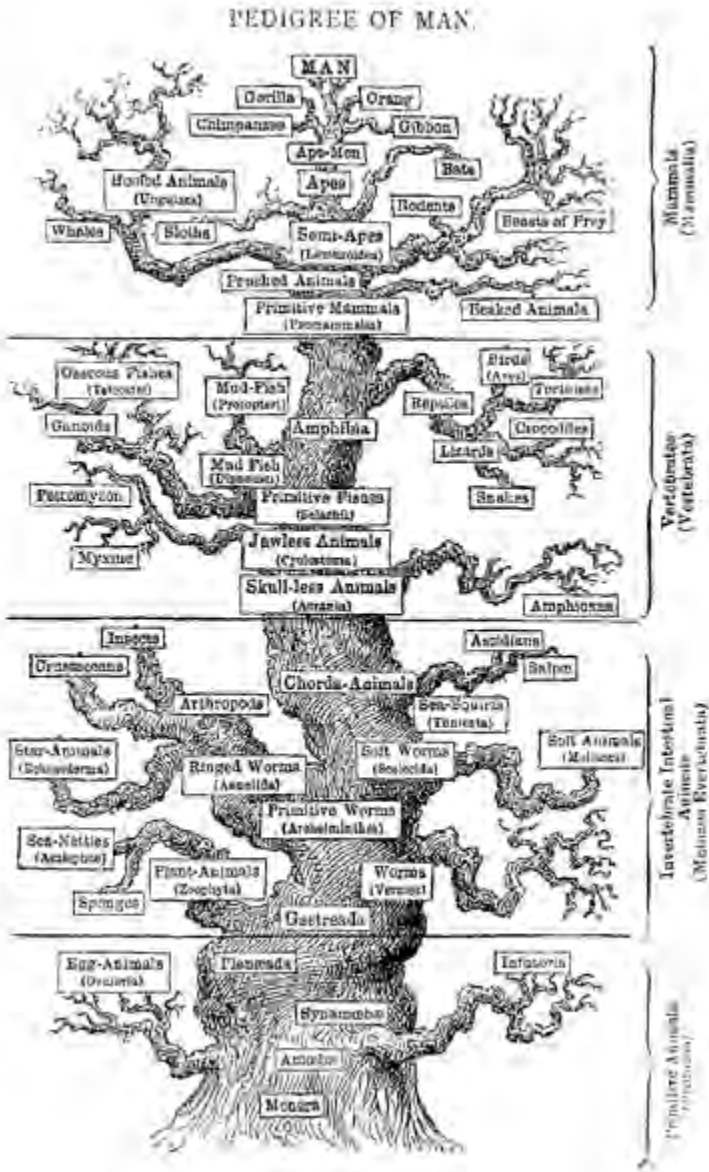
lineaire progressie zoals bij Lamarck en Chambers, maar alle grillige vertakkingen ten spijt wordt de mens toch weer als hoogst geëvolueerde levensvorm opgevoerd (afb. 16.2).

Ook in moderne handboeken over biologie en evolutie wordt nog dikwijls impliciet gesuggereerd dat de mens de kroon en eindbestemming van de evolutie is. In plaats van een ladder of een boom zien we tegenwoordig vaak een klok waarop de evolutie van het leven op aarde wordt weergegeven. Wanneer de geschiedenis van de aarde wordt teruggebracht tot een etmaal van vierentwintig uur, verschijnen rond zes uur 's ochtends de eerste prokaryoten (primitieve eencelligen) in de oceanen, om twaalf uur 's middags de eerste fotosynthetiserende bacteriën en algen, en vier uur later de eerste eukaryoten (eencelligen met celkern en organellen). Rond een uur of acht 's avonds ontstaan de eerste meercellige organismen in de oceanen, gevolgd door de invasie van het land door planten en dieren. Slechts luttele seconden voor middernacht verschijnt de moderne mens ten tonele, maar ondanks zijn recente verschijningsdatum en evolutionaire onbeduidendheid wordt hij opnieuw het meest prominent afgebeeld, alsof de hele evolutie er op was gericht om *Homo sapiens* voort te brengen (afb. 16.3).

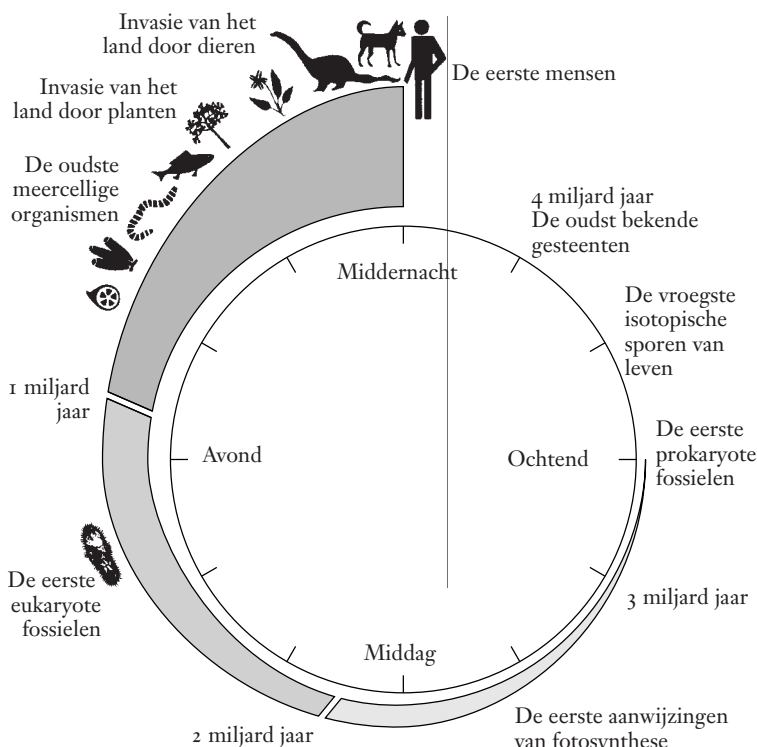
De mens komt niet voort uit het plan van God, en hij is al evenmin naar het evenbeeld van een opperwezen geschapen. Sinds Darwin is de voorzienigheid dus geschrapt, maar het geloof in evolutionaire vooruitgang en voorbestemming is onuitroeibaar. Het denken in termen van hiërarchische ordeningen zit er blijkbaar bij ons ingebakken: de *scala naturae* zit wellicht in onze genen. Het is dan ook niet vreemd dat deze geneigdheid regelmatig aanleiding geeft tot antropocentrische oprispingen en andere vormen van biologisch chauvinisme, want degene die de ordening aanbrengt, heeft natuurlijk ook automatisch de neiging om zichzelf op het hoogste plan te zetten. In plaats van de sturing Gods hebben we nu de sturing van natuurlijke selectie: de evolutie leidt vroeger of later, maar hoe dan ook onherroepelijk, tot het ontstaan van de mens.

CRITERIA VOOR VOORUITGANG

Het idee dat de mens het sluitstuk van de evolutie is, en de maat van alle dingen, is echter niet verenigbaar met de inzichten uit de



Afbeelding 16.2: De stamboom van de mens, volgens Ernst Haeckel (1896).



Afbeelding 16.3: De klok van de biologische tijd, uit het handboek *Understanding biology* uit 1991.

moderne evolutiebiologie. Immers, de evolutietheorie heeft de mens juist *uit* het centrum van de wereld gehaald. Op een geologische tijdschaal is *Homo sapiens* niet meer dan een jong en nietig twijgje aan een stokoude en wijdvertakte evolutionaire boom. Het getuigt dan ook van weinig realiteitszin wanneer we dat onbeduidende twijgje tot de kroon van de evolutie zouden uitroepen. Een dergelijke conclusie zegt meer over onze eigen vooroordelen dan over de werkelijke status van de mens.

De gedachte dat alles in de evolutie om de mens zou draaien en dat natuurlijke selectie altijd tot vooruitgang leidt, is om verschillende redenen niet langer vol te houden. Allereerst is natuurlijke selectie geen toverformule, maar een blind, doelloos en opportunistisch

proces. Natuurlijke selectie betekent slechts dat er niet-willekeurige verschillen in voortplantingssucces bestaan. Het gaat er uiteindelijk om wie de meeste genen doorgeeft aan volgende generaties. Daarnaast leidt natuurlijke selectie zelden of nooit tot een optimaal ontwerp omdat de evolutie slechts kan voortborduren op reeds bestaande blauwdrukken en aanpassingen. Grote evolutionaire sprongen zijn hierdoor zo goed als onmogelijk, want macromutaties zijn doorgaans fataal (zie p. 79). Nog een andere reden waarom natuurlijke selectie zelden tot de vervolmaking van een ontwerp zal leiden, is dat er altijd sprake is van een 'kosten-batenanalyse'. Zolang iets naar behoren functioneert, is het goed genoeg. Een ontwerp nog verder optimaliseren, zou simpelweg te veel onnodige energie en kosten met zich mee brengen.

Bovendien is het ook moeilijk voorstelbaar dat de evolutie op een bepaalde manier is voorbestemd. Er zijn immers te veel toevalsfactoren die het proces kunnen verstoren. Een lineaire progressie van de eencellige tot de mens wordt hierdoor eigenlijk al bij voorbaat uitgesloten. Er zijn geen aanwijzingen voor een voorbestemd pad, want het grote patroon van de evolutie hangt van allerlei onvoorzienbare gebeurtenissen aan elkaar. Denk bijvoorbeeld aan massaeextincties. Als er vijftien miljoen jaar geleden geen asteroïde op aarde was neergeploft, zouden de dinosauriërs misschien nog steeds over de aarde heersen en waren de zoogdieren nooit tot hun huidige dominantie gekomen. Het verschijnen van de mens is daarom alderminst onvermijdelijk, zelfs *met* de meteorietinslag die de dinosauriërs de das omdeed. Genetische analyses tonen bijvoorbeeld aan dat de mensheid waarschijnlijk zo'n honderdduizend jaar geleden, door nog onbekende oorzaak, door een evolutionaire *bottleneck* is gegaan. Door een plotselinge decimering slonk de totale populatie van *H. sapiens* tot wellicht niet meer dan een paar duizend individuen. Het heeft dus weinig gescheeld of we waren helemaal uitgewist (zie p. 70). Kortom, het had allemaal gemakkelijk heel anders kunnen lopen. Een meteorietinslag, een grootschalige vulkanische eruptie of een pandemie doen wat dat betreft wonderen. Betekent dit nu dat de notie van 'voortgang' als achterhaald kan worden beschouwd, zoals sommige hedendaagse biologen menen? Misschien wel. Het betekent hoe dan ook dat, als we de notie willen handhaven, we een gedateerd biologische chauvinisme moeten zien te vermijden. Kan

er wellicht vooruitgang *zonder* voorzienigheid en voorbestemming bestaan?

Om het begrip 'vooruitgang' hanteerbaar te maken, hebben we allereerst een definitie nodig. Een formele definitie zou aldus kunnen luiden:

Vooruitgang behelst gerichte verandering, waarbij latere stadia volgens bepaalde maatstaven 'beter' zijn dan eerdere stadia.

Uitgaande van deze omschrijving moeten we vervolgens criteria formuleren waaraan progressieve verandering precies moet voldoen, en waaraan we haar kunnen herkennen. De moeilijkheid zit hem natuurlijk in het woordje 'beter'. Wanneer we iets 'beter' – of juist 'slechter' – vinden, drukken we immers een waardeoordeel uit en waardeoordelen hebben geen goede reputatie in de wetenschap. Van de andere kant kan men betogen dat waardeoordelen zijn toegestaan mits ze inzicht in de evolutie van het leven verschaffen en empirisch onderbouwd kunnen worden.

Sommige evolutiebiologen hebben bijvoorbeeld geopperd dat organismen steeds complexer zijn geworden gedurende de evolutie. Deze toename in morfologische complexiteit zou men als een teken van vooruitgang kunnen beschouwen. Op het eerste gezicht lijkt er inderdaad iets voor deze stelling te zeggen. Het leven is ooit begonnen met organische macromoleculen die zichzelf kopieerden in de oersoep. Uit primitieve bacteriën en microben ontstonden vervolgens meercellige, macroscopische dieren waaruit onder meer gewervelden zoals vissen, amfibieën, reptielen en vogels evolueerden, en uit de gewervelde landdieren kwamen ten slotte de zoogdieren, primaten en mensachtigen tevoorschijn. Wie kan dan nog ontkennen dat er vooruitgang heeft plaatsgevonden? We zien immers een algemene trend naar complexiteit. In vrijwel alle afstammingslijnen zien we niet alleen een toename in lichaamsgrootte, hetgeen wordt uitgedrukt in de zogeheten 'Regel van Cope', naar de negentiende-eeuwse Amerikaanse paleontoloog Edward D. Cope, maar ook een steeds ingewikkelder ontwerp.

Toch is dit lang niet altijd waar. Om te beginnen is de Regel van Cope een beetje een dooddoener want veel kleiner dan een bacterie of microbe kan een organisme niet worden. Het is daarom niet

vreemd dat planten en dieren groter werden, de evolutie *kon* maar één kant opgaan. Een dergelijke gerichte verandering mag men dus niet verwarren met een progressieve trend. Daarnaast leidt de evolutie lang niet altijd tot een toename in morfologische complexiteit. Een mooi voorbeeld zijn de parasieten. In hun evolutionaire geschiedenis vertonen dergelijke organismen vaak een *afname* in complexiteit omdat zij zich in de bloedbaan of het maag-darmkanaal van hun gastheer hebben verschanst. In een dergelijk milieu zijn ledematen, zintuigen en ingewikkelde spijsverteringsorganen niet meer nodig omdat er al volop verteerd voedsel aanwezig is. Parasieten zoals de lintworm (Cestoda) hebben zulke organen dan ook gaandeweg verloren: ze zijn steeds eenvoudiger geworden. Hetzelfde geldt voor het ontwerp van zoogdieren die zijn teruggekeerd naar de zee, zoals walvissen en dolfijnen. De skeletten van deze dieren zijn aanmerkelijk eenvoudiger geworden nadat zij een aquatisch bestaan hadden opgepakt. Zeezoogdieren hebben namelijk niet langer poten met ingewikkelde gewrichten nodig. Net als complexiteit kan ook eenvoud door natuurlijke selectie worden beloond.

Nog een ander misverstand is dat uitgestorven dieren per definitie minder complex moeten zijn geweest dan de huidige dieren, anders hadden ze immers niet het loodje gelegd. Ook deze redenering is onjuist. De dinosauriërs waren bijvoorbeeld niet minder 'complex' dan huidige zoogdieren. Het ontwerp van de dinosaur was dan ook geenszins achterhaald of ouderwets. Extinctie duidt niet automatisch op inferioriteit: de dinosauriërs hadden gewoon pech dat er een grote brok kosmisch puin neerstortte. Men kan daarom wellicht zeggen dat er in de evolutie een paar belangrijke stappen zijn genomen, zoals de overgang van prokaryoten naar eukaryoten of de cambrische explosie, het 'plotselinge' ontstaan van allerlei dierlijke blauwdrukken in de oceanen zo'n slordige 530 miljoen jaar geleden, maar daarna zijn organismen gemiddeld niet significant complexer geworden.

Ook de door sommige biologen geopperde hypothese dat de hoeveelheid genetische informatie in het genoom is toegenomen gedurende de evolutie, kan inmiddels worden weggewuifd. De hoeveelheid coderend DNA in het genoom, dat de instructie bevat om een organisme te maken, zegt namelijk bar weinig over de complexiteit van een organisme. Sinds kort weten we dat het menselijk genoom

‘slechts’ dertigduizend genen bevat. Dat is veel minder dan aanvankelijk werd aangenomen. We bezitten evenveel genen als de muis, en niet beduidend meer dan de kip die er tweeëntwintigduizend heeft. De rondworm (*C. elegans*) heeft twintigduizend genen, terwijl dit ‘primitieve’ diertje slechts over driehonderd hersencellen beschikt (ter vergelijking, de mens heeft er een miljard maal zoveel). In het algemeen blijken zoogdieren slechts twee keer zoveel genen te hebben als ‘simpele’ spoelwormen en fruitvliegjes. Daar staat tegenover dat de zandraket (*A. thaliana*), een nietig plantje, maar liefst zesentwintigduizend genen bezit. Kortom, de hoeveelheid informatie in het genoom correleert niet automatisch met fenotypische complexiteit. Met een relatief klein aantal genen kan al een uiterst ingewikkeld organisme worden gebouwd. Er zijn dan ook geen aanwijzingen dat de genetische informatie gedurende de evolutie steeds is gegroeid. Evolutie draait meer om de herschikking en verandering dan om de toename van erfelijk materiaal.

EVOLUTIE EN ESCALATIE

Het idee dat organismen morfologisch, anatomisch of genetisch steeds complexer zijn geworden, verraadt nog steeds een antropocentrische *bias*, net als andere mogelijke maatstaven voor vooruitgang, zoals de suggestie dat de hersenen van dieren steeds groter zijn geworden, dat ze steeds intelligenter zijn geworden, of dat ze in steeds complexere sociale verbanden zijn gaan leven. Volgens zulke criteria komt de mens telkens opnieuw als de hoogst geëvolueerde levensvorm uit de bus, en een dergelijk biologisch chauvinisme willen we juist vermijden. Met andere woorden, als we een wetenschappelijk verantwoorde notie van ‘vooruitgang’ willen formuleren, moeten we onze ingebakken vooringenomenheid loslaten waardoor we met andere, meer objectieve ogen naar de natuur en de geschiedenis van het leven kunnen kijken. Dat dit niet eenvoudig is, bewijst de diepe verdeeldheid onder de kopstukken van de hedendaagse evolutiebiologie. Ook zij bakkeleien voortdurend met elkaar over de kwestie of evolutie vooruitgang behelst.

Richard Dawkins is er bijvoorbeeld heilig van overtuigd dat de evolutie progressie vertoont. Dawkins ideeën komen overeen met die van Darwin, met dit verschil dat Dawkins niet in de onvermijde-

lijke evolutie van de mens of in een noodzakelijke toename in complexiteit gelooft. We hebben gezien dat Darwin meende dat competitie tot progressie leidt. In de strijd om het bestaan wordt elke verbetering in ontwerp immers beloond. Dawkins heeft dit idee verder uitgewerkt met zijn notie van ‘wapenwedlopen’. Dergelijke wedlopen zijn volgens Dawkins de belangrijkste oorzaak van het feit dat organismen steeds beter aan hun omgeving aangepast raken en dat hun ontwerp naar een ‘hoger’ plan wordt getild.

Denk bijvoorbeeld aan de wedloop tussen de cheeta (jachtluipaard) en de gazelle. Deze diersoorten zijn niet alleen in een letterlijke, maar ook in een evolutionaire wedloop verwickeld geraakt. Het is niet zo dat de deelnemers aan de race minder gauw doodgaan naarmate de tijd verstrijkt, maar wat wel gebeurt, aan beide kanten, is dat hun *uitrusting* om te overleven steeds verder wordt ontwikkeld en verbeterd. De ‘wapens’ waarmee de dieren elkaar te lijf gaan, zijn steeds verder verfijnd. Zo is de cheeta in zijn evolutie steeds harder gaan rennen en lijkt zijn lichaamsbouw tegenwoordig meer op die van een windhond dan op die van een grote katachtige. Net als de windhond heeft de cheeta een zeer slank en gestroomlijnd lichaam, met naar verhouding erg lange poten, en nagels die als spikes fungeren. Maar ook de gazelle heeft ondertussen niet stilgezeten. Behalve in snelheid en wendbaarheid, investeerde de gazelle onder meer in een groter uithoudingsvermogen en een fijnere neus voor dreigend gevaar. Er vindt zodoende vooruitgang plaats aan *beide* zijden van de wedloop. In de loop van miljoenen jaren is het ontwerp van de twee dieren, volgens zuiver bouwtechnische criteria, verder verfijnd. Zowel de cheeta en als gazelle zijn beter uitgerust voor hun respectieve levenswijzen.

Omdat zulke wedlopen vaak in evenwicht zijn, en het nettoresultaat hetzelfde blijft, kunnen we in navolging van de Amerikaanse bioloog Leigh van Valen toepasselijk spreken over het ‘Rode Koningin-effect’. In Lewis Carrolls *Through the looking glass* hollen Alice en de Rode Koningin zich de longen uit het lijf zonder ook maar een pas vooruit te komen. Als Alice hijgend vraagt hoe dat kan, zegt de Rode Koningin: ‘Welnu, hier moet je zo hard rennen als je kunt om op dezelfde plaats te blijven. Als je ergens anders naar toe wilt, moet je minstens twee keer zo hard rennen!’ Het Rode Koningin-effect doet zich niet alleen in de biologie voor, maar ook op tal van andere

terreinen, zoals in de sport. Denk bijvoorbeeld aan het Amerikaanse honkbal. In de afgelopen honderd jaar zijn de werpers steeds harder gaan gooien, maar dit leidde niet tot een asymmetrie want de slagmannen werden ook steeds vaardiger.

Een ander voorbeeld van een evolutionaire wedloop is de competitie om zonlicht tussen bomen in het regenwoud. Om bij het bladerdak te kunnen komen, moesten de bomen gedurende de evolutie steeds sneller groeien en steeds langere stammen produceren. Ook deze concurrentie leidde tot een selectiedruk waarbij elke willekeurige verbetering in ontwerp werd beloond. Volgens Dawkins zal de aanpassing aan de biotische omgeving eerder tot progressie leiden dan adaptatie aan de abiotische omgeving. De biotische omgeving bestaat immers uit rivalen die *zelf* ook evolueren. De abiotische (fysische, klimatologische) omgeving kan weliswaar ook veranderen, maar niet volgens darwiniaanse principes. Het abiotische milieu is immers niet onderhevig aan cumulatieve selectie.

Merk op dat de evolutie van parasieten, zoals de lintworm, volgens Dawkins' definitie een vorm van vooruitgang is, ondanks de *afname* in morfologische complexiteit. Net als de cheeta en de gazelle heeft de lintworm zich immers steeds beter aan zijn omgeving (zijn gastheer) aangepast. Een progressieve toename in complexiteit of herseninhoud is daarom alleen bij die afstammingslijnen te verwachten waarbij deze eigenschappen een voordeel bieden. Met andere woorden, in alle evolutionaire afstammingslijnen zal er vooruitgang naar *iets* plaatsvinden, maar dit 'iets' hoeft niet in alle lijnen hetzelfde te zijn.

Evolutionaire wedlopen resulteren dus in verbeteringen in het ontwerp van organismen. Maar deze verbeteringen zijn niet absoluut maar relatief, dat wil zeggen, altijd in relatie tot een bepaalde omgeving of een bepaalde concurrent. Wapenwedlopen zijn bovendien gevaarlijk: ze kunnen escaleren, waardoor de evolutie op hol slaat. De cheeta heeft bijvoorbeeld zoveel in zijn sprintcapaciteit geïnvesteerd dat hij op andere vitale punten heeft moeten inboeten, met name in kracht en onverzettelijkheid. Als de cheeta een gazelle heeft gevangen, wordt de prooi hem vaak ontfutseld door andere roofdieren zoals leeuwen en hyena's. Zelfs bavianen schrikken hier niet voor terug. De overspecialisatie zou daarom wel eens een doodlopende weg kunnen zijn. Hetzelfde geldt voor de bomen in

het regenwoud. Een lange, snelgroeïende stam heeft behalve voordelen ook nadelen. Snelle groei vereist immers veel energie, die ook anders gebruikt had kunnen worden. En hoe langer de stam, des te breekbaarder hij is. Ook hier zien we dat de vooruitgang in ontwerp slechts relatief is en niet absoluut. Met andere woorden, we zien verbeteringen in bepaalde trends en in sommige domeinen, maar er is geen sprake van progressie in de absolute zin als zou het ontwerp niet beter hebben gekund.

Toch meent Dawkins dat vooruitgang inherent is aan evolutie. Dit kan volgens hem zelfs uit een a priori redenering worden afgeleid. Neem bijvoorbeeld de evolutie van het oog die in verschillende diergroepen, onafhankelijk van elkaar, heeft plaatsgevonden. Deze evolutie *moet* wel progressief zijn geweest omdat ze is begonnen met zeer eenvoudige fotoreceptoren die gaandeweg tot functionerende ogen zijn geëvolueerd. We hebben hier in principe geen empirisch bewijs voor nodig, want alternatieve verklaringen zijn er eenvoudigweg niet. Adaptaties komen immers niet uit de lucht vallen. De enige verklaring voor het ontstaan van adaptaties, zoals het oog, is cumulatieve selectie. Via kleine, geleidelijke stapjes is het ontwerp van verschillende soorten ogen steeds verder verfijnd. Adaptieve evolutie is daarom per definitie gericht en progressief.

DE MODUS VAN HET LEVEN

Dawkins heeft gelijk als hij zegt dat adaptieve evolutie per definitie vooruitgang behelst. Maar wijlen Stephen Jay Gould zou er onmiddellijk aan toevoegen dat niet alle evolutie per definitie adaptief is. Natuurlijke selectie is namelijk maar één van de vele drijvende krachten achter de evolutie. Sommige van die krachten, zoals genetische drift, leiden nooit tot progressieve verandering omdat ze ongericht en willekeurig zijn. Organismen zijn daarom ook niet optimaal ontworpen en niet alle eigenschappen van organismen zijn adaptaties. Sommige eigenschappen zijn gewoon neutrale bijproducten of neveneffecten van de evolutie. *Hardcore* darwinianen zoals Dawkins menen dat bijna alles in de natuur door natuurlijke selectie is geboetseerd. Maar dat is volgens Gould een fictie. Wat we hoogstens kunnen zeggen is dat *als* iets een adaptatie is (en dus een functie heeft), het door natuurlijke selectie moet zijn bijeengesprokkeld.

Maar dat betekent geenszins dat alle kenmerken van organismen adaptief zijn. Laat staan dat evolutie door en door progressief is zoals Dawkins ons wil doen geloven.

Gould, Dawkins' tegenpool, heeft zich altijd hevig verzet tegen het idee dat evolutie iets met vooruitgang te maken heeft. Dat het idee steeds terugkeert, komt volgens Gould doordat het is verankerd in de populaire cultuur. In de media wordt evolutie vereenzelvigd met vooruitgang. Denk bijvoorbeeld aan het bekende plaatje van de menselijke evolutie waarop een rij voortschrijdende hominiden is afgebeeld, links beginnend met een behaarde knokkelloper en rechts eindigend met een rechtop lopende, en vaak van een speer en lenden-doek voorziene, Cro Magnon-man. Het beeld van de 'opmars van de mens' wekt de suggestie dat de evolutie lineaire progressie vertoont (en dat op twee benen lopen beter is dan op vier). In reclames en cartoons wordt veelvuldig gevarieerd op dit 'klassieke' thema. Iedereen krijgt zo vanzelf het idee dat evolutie hetzelfde is als vooruitgang.

Evolutie heeft volgens Gould helemaal niets met vooruitgang van doen. Het begrip hoort gewoon niet thuis in de evolutiebiologie. In de loop der jaren heeft Gould een hele reeks van argumenten aangevoerd die zijn gelijk zouden moeten aantonen.

Eén van de argumenten betreft de radicale contingentie van de evolutie: door de vele toevalsfactoren was het proces eigenlijk van meet af aan onvoorspelbaar. Volgens Gould is het ontstaan van de mens dan ook een schitterend ongeluk. Goulds favoriete gedachte-experiment betrof het opnieuw afdraaien van de *tape of life*. Wat zou er gebeuren als we het leven opnieuw zouden kunnen laten beginnen? Zouden er vier miljard jaar later opnieuw mensen (en mieren, merels en magnolia's) opduiken? Volgens Gould is die kans verwaarloosbaar, zelfs als we de band duizend keer terugspoelen. Het is volgens hem sowieso een mirakel dat het leven de verduiveld lastige kloof tussen prokaryoten en eukaryoten heeft weten te overbruggen. Het kostte de evolutie twee miljard jaar om dat voor elkaar te krijgen. Volgens Gould zou het een tweede keer *veel* langer kunnen duren, misschien wel vijf of tien miljard jaar. Jammer alleen dat de zon dan allang in een rode reus is veranderd die elk leven op aarde onmogelijk maakt. In die zin is het de eerste keer toevallig precies op tijd gebeurd. Kortom, dat wij nu hier zijn, is stom toeval. Het heeft helemaal niets met vooruitgang te maken.

De contingentie van de evolutie is onder andere het gevolg van massa-extincties die, zo hebben we reeds gezien, de geschiedenis van het leven een geheel nieuwe wending kunnen geven. Grootschalig sterven is regelmatig voorgekomen. Er zijn nu vijf massa-extincties bekend. De beroemdste is die welke de dinosauriërs uitwiste, maar het is niet de grootste. De moeder van alle extincties vond 250 miljoen jaar geleden plaats, tijdens het late Perm. Naar schatting stierf toen 96 procent van alle zeedieren uit. Dat organismen in de loop van de evolutie door andere organismen werden vervangen hoeft dus niets met vooruitgang te maken hebben. Latere organismen zijn niet altijd 'beter' dan eerdere. De vervanging is vaak een simpel gevolg van grootschalig uitsterven. De ecologische nissen die na een massa-extinctie vrijkomen, kunnen door de overgebleven opportunisten worden ingevuld. Deze overblijvers waren niet het beste aangepast – ze hadden gewoon mazzel.

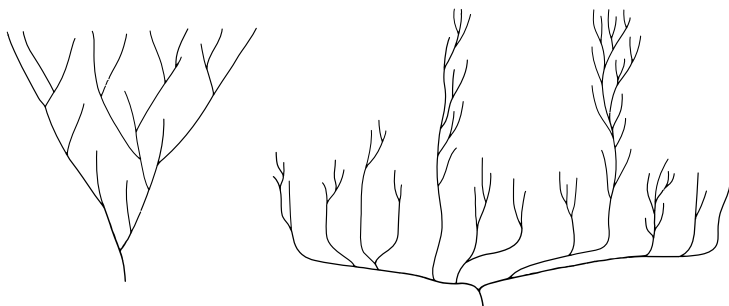
Goulds tweede argument tegen evolutionaire vooruitgang luidt dat de ogenschijnlijk gerichte veranderingen die we in de evolutie menen te ontwaren helemaal geen progressieve trends zijn. Het *lijkt* er weliswaar op dat er een gerichte evolutie heeft plaatsgevonden naar steeds grotere, complexere en intelligentere organismen, maar dat is slechts schijn, zegt Gould in zijn boek *Full house*. Het is welbeschouwd een statistische illusie, net zoals de vermeende Regel van Cope. De enige weg die de evolutie op *kon* gaan, was die naar grotere complexiteit, niet omdat het 'beter' was of voordelen bood, maar simpelweg omdat er maar één weg open lag. Eenvoudiger dan een primitieve eencellige kan een organisme namelijk niet worden. *Gemiddeld* is het leven dus misschien wat complexer geworden, meent Gould, maar statistische gemiddelden zijn ongeschikt voor het meten van trends in asymmetrische distributies. Een *modus*, de meest voorkomende waarde, is nodig om zulke trends op te sporen. Een toename in grootte, complexiteit, intelligentie en wat dies meer zij, heeft zich immers maar in enkele afstammingslijnen voorgedaan. De diversiteit is licht toegenomen, maar de bulk van het leven bestaat nog steeds uit primitieve eencelligen. In de darmen van ieder van ons zitten meer *E. coli*-bacteriën dan de wereld mensen telt. Kortom, de modus van het leven is altijd de bacterie geweest. Zij zijn het talrijkst, ze waren er het eerst, en zij zullen ook de laatste levensvormen op onze planeet zijn. Hoezo vooruitgang?

Goulds derde en laatste argument tegen vooruitgang komt uit de paleontologie. In 1989 publiceerde Gould het boek *Wonderful life* dat geheel is gewijd aan de vele raadselachtige fossielen van de *Burgess Shale*, een rijke en beroemde vindplaats in British Columbia, hoog in de Canadese Rocky Mountains. Volgens Gould toont de analyse van deze fossielen ondubbelzinnig aan dat er geen vooruitgang in de geschiedenis van het leven valt te bespeuren. We zien geen gestage toename in diversiteit, maar een decimering: in plaats van zich voortdurend te vertakken, werd het leven juist rigoureuus gesnoeid. Preciezer, gedurende de cambrische explosie is het leven plotseling uitgezwermd, maar kort daarna werden de meeste takken weer op willekeurige wijze weggesneden (afb. 16.4).

De fossielen van de *Burgess Shale* zijn zo'n 530 miljoen jaar oud en ze laten de ongehoorde rijkdom aan verschillende levensvormen zien in de oceanen van het Cambrium. De *Burgess Shale* vormt zo een fossiele momentopname van het leven in zee, vlak na de cambrische explosie, het plotselinge ontstaan en uitwaaieren van alle nu bekende dierlijke bouwplannen. Op grond van zo'n bouwplan kan een dier in een overkoepelende taxonomische groep, een fyllum, worden ondergebracht. Volgens Gould tonen de fossielen van de *Burgess Shale* aan dat er 530 miljoen jaar geleden veel *meer* diergroepen waren dan tegenwoordig. Onder de fossielen zouden zich namelijk rare snuiters bevinden die in geen enkel bestaand fyllum kunnen worden ondergebracht. Goulds oogappel, en *pièce de résistance*, is het beestje met de veelzeggende naam *Hallucigenia*. Het dier (van slechts enkele centimeters groot) zou volgens de reconstructie op twee rijen van zeven stelten elk, op de zeebodem hebben rondgelopen (afb. 16.5). *Hallucigenia* lijkt op geen enkel bestaand fyllum. In de paleontologie had men nog nooit zoiets gezien! Het fossiel zou dan ook een geheel nieuw en onbekend dierlijk bouwplan representeren. Volgens Gould ligt de *Burgess Shale* vol met dergelijke voorbeelden. Blijkbaar was de diversiteit tijdens het Cambrium dus veel groter dan vandaag. Wie kan dan nog zeggen dat er vooruitgang heeft plaatsgevonden? Volgens Gould moet de gangbare visie dat het leven voortdurend is vertakt, drastisch worden bijgesteld. We zien namelijk precies het omgekeerde: aanvankelijke diversificatie, gevolgd door decimering. De fylla die overbleven, zijn degene die we vandaag nog kennen. Evolutie kan namelijk alleen voortbouwen op bestaande ontwerpplannen.

Toenemende diversiteit

Diversificatie en decimering



Afbeelding 16.4: Het conventionele beeld van toenemende diversiteit (links), en het gereviseerde model van diversificatie en decimering, dat volgens Gould door de reconstructie van de *Burgess Shale* zou worden aangetoond.

Binnen de overgebleven groepen zijn weliswaar veel verschillende nieuwe *soorten* ontstaan, maar soorten zijn slechts variaties op een thema, uitwerkingen van bestaande bouwplannen.

Een paar jaar na het verschijnen van *Wonderful life* kwam echter vast te staan dat de reconstructie van *Hallucigenia* onjuist was. Gould en consorten hadden het beestje namelijk al die tijd op de kop gezien. De merkwaardige spitse stelten waren in werkelijkheid geen poten maar stekels. Na de vondst van soortgelijke fossielen in China kan het dier nu ook in een reeds bekende groep worden ondergebracht. *Hallucigenia* behoort, net als veel andere fossielen uit de *Burgess Shale*, tot de Lobopodia, een bestaand fylum van rupsachtige wezens dat moderne vertegenwoordigers kent in fluweelwormen (*Peripatopsis*) en andere Onychophora. Ook de overige ‘problematica’ (fossielen die lastig zijn te classificeren) van de *Burgess Shale* bleken bij nader inzien tot reeds bekende groepen te behoren. Er is daarom vooralsnog niets dat wijst op een grootschalige decimering van dierlijke bouwplannen, zoals Gould suggereert.

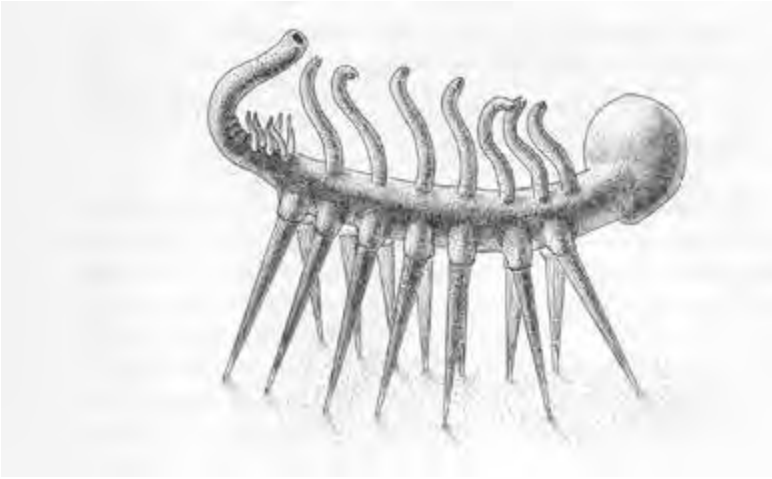
Wat betreft de andere argumenten kan men zeggen dat Gould gelijk heeft. De bacterie is inderdaad de meest succesvolle levensvorm op aarde en de evolutie is – door allerlei verstorende factoren – in diepste wezen contingent. Een tweede keer zou het hoogstwaarschijnlijk allemaal heel anders lopen, en dat maakt het ontstaan van

de mens tot een schitterend ongeluk. Maar betekent dit nu dat de notie van vooruitgang voorgoed uit de evolutiebiologie kan worden verbannen? Allerm minst. Gould heeft enkel aannemelijk gemaakt dat de evolutie niet is voorbestemd, maar dat wisten we eigenlijk al. Goulds argumenten zijn effectief bij het bestrijden van menselijke arrogantie en biologische chauvinisme, maar niet bij het bestrijden van het idee van evolutionaire progressie. Ook *zonder* voorbestemming kan er vooruitgang bestaan.

EVOLUTIE EN CONVERGENTIE

Edward O. Wilson, een derde kopstuk uit de hedendaagse evolutiebiologie, is er in elk geval van overtuigd dat er vooruitgang heeft plaatsgevonden gedurende de evolutie. Wilson, jarenlang Goulds collega aan Harvard, is van mening dat zulks gewoon niet kan worden ontkend. In zijn boek *The diversity of life* uit 1992 stelt Wilson dat hij er zich terdege van bewust is dat de notie van 'vooruitgang' verdacht is onder sommige filosofen en biologen, maar zulke bedenkingen laten hem goeddeels koud. Met een verwijzing naar de Amerikaanse filosoof Charles S. Peirce stelt hij nuchter: laten we in onze filosofie niet ontkennen waarvan we in onze harten weten dat het waar is. Wilson is het met Gould eens dat de evolutie geen doel of bestemming heeft, en dit lijkt het idee van progressie op het eerste gezicht uit te sluiten. Maar volgens Wilson heeft 'vooruitgang' nog een andere betekenis, een betekenis die wel degelijk relevant is voor de evolutiebiologie. We zien namelijk een onmiskenbare en onbetwistbare trend in de richting van een toegenomen biodiversiteit.

Volgens Wilson kunnen we vier belangrijke, progressieve stadia in de geschiedenis van het leven onderscheiden. De eerste en belangrijkste stap was het ontstaan van het leven *zelf* uit prebiotische organische moleculen, een kleine vier miljard jaar geleden. De tweede stap werd twee miljard jaar later genomen: het ontstaan van eukaryotisch leven. Overigens is de eukaryotische cel waarschijnlijk ontstaan uit een samenwerkingsverband, een zogeheten 'endosymbiose', van primitieve bacteriën. Celorganellen zoals mitochondriën en chloroplasten waren ooit vrij bewegende prokaryoten die door andere eencelligen werden opgeslokt en getemd, en zo een functie kregen binnen in de eukaryotische cel. Dit inzicht is grotendeels te



*Afbeelding 16.5: Hallucigenia, ondersteund door zijn spitse stelten, loopt over de zeebodem. Illustratie uit Goulds *Wonderful life*. De reconstructie bleek naderhand onjuist: de vermeende stelten waren in werkelijkheid stekels die uit de rug groeien.*

danken aan de Amerikaanse microbiologe Lynn Margulis. De derde belangrijke stap in de geschiedenis van het leven was de cambrische explosie: de ‘plotselinge’ radiatie van dierlijke bouwplannen in de oceanen 530 miljoen jaar geleden. Niet lang hierna begonnen organismen het land en de lucht te verkennen. De vierde en vooralsnog laatste stap is de evolutie van bewustzijn in dieren en mensen. Bewustzijn, zo hebben we in hoofdstuk 9 gezien, maakte een tweede vorm van evolutie mogelijk: cultuur. Vitale informatie kon nu ook via een niet-genetisch medium, door middel van imitatie of taal, worden doorgegeven.

Kortom, volgens Wilson wijst alles in de richting van vooruitgang. Progressie is een eigenschap van de evolutie van het leven als geheel, volgens elke denkbare maatstaf. Het leven is uit de oersoep opgeklommen en is vervolgens uitgewaaid over de biosfeer. Eerst in de oceanen, daarna op het land en in de lucht. Ondanks de vele tegenslagen, in de vorm van massa-extincties, is het leven blijven uitzwermen en er zijn steeds meer ecologische nissen verkend. De biodiversiteit werd steeds rijker. Volgens Wilson is het aantal fyla sinds de cambrische explosie waarschijnlijk toegenomen, en niet

afgenomen zoals Gould suggereert. Dit geldt in elk geval voor het aantal soorten en de totale biomassa. Het leven is geëxpandeerd. We zien niet alleen een kwantitatieve toename in de breedte, maar tevens een kwalitatieve toename in de diepte. Wellicht zal het aardse leven over niet al te lange tijd uitzwermen over het zonnestelsel en de diepten van het heelal.

Voortbouwend op de ideeën van Wilson zouden we de notie van ‘vooruitgang’ als volgt kunnen omschrijven: biologische evolutie kent vooruitgang omdat de geschiedenis van het leven wordt gekenmerkt door diversificatie, expansie en exploratie. In hoofdstuk 10 werd betoogd dat darwiniaanse evolutie als een informatievergarend en ‘kennisverwervend’ proces kan worden beschouwd. Nu we een adequate definitie van ‘vooruitgang’ in het biologische domein hebben geformuleerd, geldt dit eens te meer. Diversificatie, expansie en exploratie duiden op het feit dat het leven de neiging heeft om uit te zwermen en om, onvermoeibaar, nieuw terrein te blijven verkennen. Wanneer biologische evolutie wordt opgevat als een kennisverwervend proces, kan men vroegere stadia gemakkelijk onderscheiden van latere stadia. In latere stadia is het leven verder uitgewaaid naar gebieden die voorheen onontgonnen waren.

Merk ook op dat wanneer we deze omschrijving van ‘vooruitgang’ hanteren, het er helemaal niet meer toe doet welke fyta, welke soorten, of welke organismen de aarde erven. Het maakt niet uit of er een tweede keer mensen ontstaan. Mensen maken de evolutie niet progressief. Het gaat erom dat de biodiversiteit is toegenomen. Als we de evolutie nog een keer opnieuw konden laten beginnen, zouden er waarschijnlijk niet een tweede keer mensen (en mieren, merels en magnolia's) ontstaan. Maar de kans is groot dat er wel opnieuw bepaalde ‘uitvindingen’ worden gedaan, zoals de evolutie van fotosynthese, ogen, vleugels en zenuwstelsels, enzovoort. Of zoals Daniel Dennett het formuleert: speel de *tape of life* duizend maal af, en de goede trucs zullen steeds opnieuw worden ontdekt.

Het verschijnsel dat de evolutie vaak via verschillende wegen op dezelfde vondsten stuit, wordt ‘convergentie’ genoemd. Het klassieke voorbeeld is de opmerkelijke gelijkenis tussen de buideldieren in Australië en de placentale zoogdieren elders in de wereld. In tegenstelling tot ‘gewone’ zoogdieren komen buideldieren als piepkleine foetussen ter wereld, die zich vervolgens in de buidel

(*marsupium*) van hun moeder, vastgezogen aan een tepel, verder ontwikkelen. Ondanks deze verschillen in reproductie en de gescheiden evolutionaire ontwikkeling, de twee diergroepen zijn meer dan honderd miljoen jaar geleden uiteengegaan, vertonen zoogdieren en buideldieren in het oog springende overeenkomsten. Dit komt omdat ze aan dezelfde soort ecologische nissen zijn aangepast. Ze hebben dezelfde 'rollen' aangenomen.

In Australië en Nieuw-Zeeland vinden we bijvoorbeeld meer dan tweehonderd verschillende soorten buideldieren die onder meer het 'equivalent' vormen van placentale muizen, mollen, konijnen, hazen, dassen, katten, honden, vliegende eekhoorns en miereneters. Via geheel verschillende afstammingslijnen is een vrijwel identieke rolbezetting ontstaan. Grazende kangoeroes vervullen in feite dezelfde rol als antilopen en paarden elders in de wereld, de boomwal-labie is eigenlijk een soort buidelaap, en de koala lijkt wat levensstijl betreft sprekend op de Zuid-Amerikaanse luiaard. Tot 1930 leefde er op Tasmanië nog een heuse buidelwolf (*Thylacinus cynocephalus*), soms ook Tasmaanse tijger genaamd om de opvallende strepen op zijn rug. Het dier is helaas uitgeroeid. Het laatste gevangen exemplaar stierf in 1936 in de dierentuin van Hobart. Er resten nog een paar bewegende, treurigmakende, zwart-wit beelden van. Gelukkig vinden we op het eiland nog wel de Tasmaanse duivel (*Sarcophilus harrisi*), die qua uiterlijk en gedrag grote gelijkenis vertoont met de veelvraat, een marterachtig roofdier van het noordelijk halfrond.

Maar zoogdieren en buideldieren zijn niet de enige wezens die een parallelle evolutie hebben doorgemaakt. Het verschijnsel van convergentie is waarschijnlijk van alle tijden. De ecologische nissen die door de buideldieren en zoogdieren zijn ingenomen, werden ooit door de dinosauriërs bezet. In Australië zijn fossiele resten gevonden van grote, vleesetende kangoeroes, het equivalent van bloeddorstige dinosauriërs. De wereld dwingt blijkbaar bepaalde bouwplannen en levensvormen af. De vliegende eekhoorn (*Glaucomys volans*) en zijn marsupiale tegenvoeter de suikereekhoorn (*Petaurus breviceps*) zijn immers aan dezelfde aërodynamische en biomechanische principes gebonden. Beide dieren hebben, onafhankelijk van elkaar, een dunne huidplooï tussen hun ledematen ontwikkeld die hen in staat stelt van boom tot boom te zweven. In hoofdstuk 10 zijn we reeds een soortgelijk voorbeeld van convergentie tegengekomen: de evo-

lutie van vleugels. Vleugels zijn vele malen onafhankelijk van elkaar geëvolueerd in totaal verschillende diergroepen. De ontwerpen gehoorzamen echter allemaal aan dezelfde aërodynamische principes. Een ander voorbeeld van convergentie betreft de gestroomlijnde vorm van dieren die zich snel door het water voortbewegen, zoals dolfijnen, haaien, tonijnen, pinguïns en inktvissen. Het ontwerp van deze verschillende dieren is gebaseerd op dezelfde hydrodynamische grondbeginselen. Het ontwerp van organismen verraadt zodoende kennis over de wereld.

De Britse paleontoloog Simon Conway Morris heeft onlangs betoogd dat de geschiedenis van het leven op aarde door convergentie is bepaald. De evolutie van de mens was daarom eigenlijk onvermijdelijk. Het ontstaan van intelligent leven lag zelfs in zekere zin al in het eerste DNA-molecuul besloten. In zijn boek *Life's solution* uit 2003 stelt Conway Morris dat het leven een overduidelijke en voorspelbare richting heeft. Convergentie leidt namelijk altijd tot dezelfde oplossingen. De evolutie van de mens is dus geen toeval of een schitterend ongeluk, maar pure noodzaak. Het had gewoon niet anders gekund. De ironie wil dat Conway Morris beroemd is geworden door het boek *Wonderful life* van Gould. Conway Morris is tegenwoordig hoogleraar evolutiebiologie aan de universiteit van Cambridge, maar als jong onderzoeker was hij nauw betrokken bij de reconstructie van de *Burgess Shale*-fossielen. Sterker nog, de foutieve analyse van *Hallucigenia* was van zijn hand. Dit teken van feilbaarheid heeft hem niet terughoudender of voorzichtiger gemaakt. Integendeel, Conway Morris is er heilig van overtuigd dat de evolutie een tweede keer opnieuw naar de mens zou opstomen. Sommige critici verdenken Conway Morris, een praktiserend christen, van het hanteren van een (verborgen) religieuze agenda. Hijzelf ontkent dit ten stelligste, maar zijn 'geloofsbrieven' spreken niet in zijn voordeel.

DE TOEKOMST VAN HET LEVEN

Aan het eind van hoofdstuk 5 hebben we gezien dat Wilson, de nestor van de hedendaagse evolutiebiologie en vader van de sociobiologie, zich de laatste jaren heeft ontpopt als hoeder van de biodiversiteit. In zijn boek *The future of life* uit 2002 stelt hij dat we alles in het werk moeten stellen om de aardse biodiversiteit, of wat er nog van

over is, te behouden. Er dreigt namelijk een nieuwe massa-extinctie, deze keer niet veroorzaakt door een meteorietinslag of een ander-soortige natuurramp, maar door toedoen van de mens. Het kappen van de laatste regenwouden en het leegvissen van de oceanen zijn slechts enkele schrijnende voorbeelden van onze ecologische onverschilligheid. Als we hier niets tegen ondernemen, zal halverwege deze eeuw minstens twintig procent van alle planten en dieren zijn verdwenen. Op dit moment staat het voortbestaan van één op de vier zoogdieren en één op de acht vogels onder druk. Amfibieën hollen wereldwijd in aantal achteruit. Door het wegvallen van zogeheten 'sleutelsoorten', die een ecologisch systeem draaiende houden, zal onherstelbare schade worden aangericht. De biodiversiteit dreigt te worden verwoest: de mate van uitsterven is tegenwoordig maar liefst duizend tot tienduizend maal zo hoog als in de periode voordat de mens de natuur naar zijn hand ging zetten. Gedurende de afgelopen vier miljard jaar heeft geen enkel organisme zo'n enorme invloed op de biosfeer gehad.

De onverschilligheid ten aanzien van het milieu ligt volgens Wilson in de menselijke natuur besloten. Het menselijk brein is geëvolueerd om zich emotioneel aan een klein geografisch gebied en een kleine groep van verwanten te binden. We hebben slechts oog voor onze belangen op de korte termijn en we kijken hoogstens een à twee generaties vooruit. Onze ecologische kortzichtigheid richtte aanvankelijk weinig schade aan, maar naarmate de menselijke populatie groeide, werden de gevolgen steeds ingrijpender. Naar schatting zal de wereldbevolking aan het eind van de eenentwintigste eeuw uit meer dan tien miljard mensen bestaan. De vraag is of er dan nog ruimte overblijft voor de overige organismen die op deze planeet zijn geëvolueerd.

Maar Wilson is geen doemdenker. Hij meent dat we onze onverschilligheid en kortzichtigheid kunnen overwinnen. Wilson ziet daarbij een belangrijke rol weggelegd voor de opvoeding en het onderwijs. Als we de dreigende massa-extinctie willen voorkomen, moeten we kinderen wereldwijd en op vroege leeftijd vertrouwd maken met de waarde van de natuur en de diversiteit van het leven. De wereld kan worden gered als we onszelf tot 'biofielen' omvormen: individuen die een diepgeworteld genoegen beleven aan het bestaan van andere levende wezens. Het zou namelijk een catastrofe

zijn wanneer de informatie die in de biosfeer ligt opgesloten, verloren gaat. Het leven vormt als het ware een gigantische databank, een bibliotheek van biologisch vernuft. De 'kennis' die in deze databank ligt opgeslagen, is van onschatbare waarde. Denk alleen al aan de vele soorten schimmels en planten in de oerbossen die onmisbaar zijn voor de farmaceutische industrie. Het behoud van de soortenrijkdom is daarom ook een vorm van eigenbelang. Maar bovenal staat de toekomst van het leven zelf op het spel. Het conserveren van biologische diversiteit is volgens Wilson niets minder dan een investering in onsterfelijkheid.

De vooruitgang die Wilson in de geschiedenis van het leven ontwaart, heeft door toedoen van de mens een gevoelige klap gekregen. De progressie, het uitzwermen van het leven, dreigt om te slaan in verschraling en grootschalig sterven. Wij zijn als barbaren die de bibliotheek van Alexandrië plunderen en brandschatten: we beseffen nog steeds niet dat de moeizaam bijeengesprokkelde kennis voorgoed verloren dreigt te gaan. Maar het is nog niet te laat, meent Wilson. Als we onze krachten bundelen, en we onze wetenschap en technologie ten goede gebruiken, kan het tij wellicht nog worden gekeerd.

Epiloog

Als superieure wezens uit de ruimte ooit de aarde bezoeken, zullen zij zich, om het niveau van onze beschaving in te schatten, als eerste afvragen: ‘Hebben ze de evolutie al ontdekt?’ Aldus Richard Dawkins aan het begin van zijn boek *The selfish gene*. Intelligent leven, waar dan ook, wordt volgens Dawkins pas volwassen als het de reden voor zijn eigen bestaan heeft doorgrond. Wij, op onze planeet, hebben dat inzicht – en onze volwassenheid – aan Darwin te danken. Darwins evolutietheorie is een intellectuele en wetenschappelijke mijlpaal die moeilijk is te evenaren, laat staan te overtreffen. In de geschiedenis van de wetenschap en de filosofie is er vooralsnog geen enkel idee geweest dat een soortgelijke impact heeft gehad. Nooit eerder werden zoveel feiten immers verklaard met zo weinig aannames. En ook de wijze *waarop* Darwins theorie de feiten verklaart, is zo elegant en van een dusdanige schoonheid dat zelfs de meest hardnekkige mythen over het ontstaan van de wereld er wat bleekjes bij afsteken. Darwin heeft onze blik op de wereld en op onszelf voorgoed veranderd: hij heeft ons een nieuw tijdperk binnengeloodst. Wij begrijpen het proces dat ons het bestaan heeft geschonken en hierdoor is het evolutieproces zich, misschien wel voor het eerst in het heelal, van zichzelf bewust geworden.

In dit boek is een vermetele, doch op voorhand tot mislukken gedoemde, poging gedaan om de impact en de reikwijdte van Darwins erfenis in kaart te brengen. De darwiniaanse revolutie is immers nog altijd niet uitgeraasd want de implicaties van Darwins ontdekking sijpelen, honderdvijftig jaar na de publicatie van het *Ontstaan van soorten*, nog altijd door in tal van wetenschapsgebieden. De evolutietheorie blijkt niet alleen relevant voor de biologie, maar ook voor de

theologie, de filosofie, de psychologie, de sociologie, de antropologie, de linguïstiek, de geneeskunde, de speltheorie, enzovoort. Er is vandaag de dag vrijwel geen wetenschapsgebied meer te noemen dat *niet* door Darwins 'gevaarlijke idee' is beïnvloed. Om nog een keer de beeldspraak van Daniel Dennett te gebruiken: Darwins ontdekking is als een universeel zuur dat alles aantast, zich overal doorheen vreet, door niets kan worden tegengehouden en alles gewijzigd achterlaat.

Darwins universele zuur heeft verschillende diepgewortelde en eeuwenoude overtuigingen ernstig aangetast. De mens heeft geen speciale status die hem door de schepper is toebedacht, en wij zijn al evenmin naar het evenbeeld van een opperwezen geschapen. De onsterfelijke ziel die ons van hogerhand zou zijn gegeven, kan naar het rijk der fabelen worden verwezen, net zoals het idee dat ons bestaan een diepere, transcendente betekenis heeft. De evolutie schept de illusie van een doel en een plan die er in werkelijkheid niet zijn. De mens is geen gevallen engel, maar een opgeklommen primaat. Het is daarom ook niet vreemd dat veel mensen nog steeds vijandig tegenover de evolutietheorie staan. De schok is eenvoudigweg te groot.

De conceptuele omwenteling die Darwin heeft bewerkstelligd, bestaat erin dat hij het gangbare verklaringsschema heeft omgedraaid: in plaats van de eeuwenoude gedachte dat een scheppende intelligentie aan ons bestaan ten grondslag ligt, is het inzicht doorgebroken dat het leven zich via een natuurlijk proces heeft ontwikkeld uit prebiotische, zelfreplicerende macromoleculen. In plaats van een *top down*-verklaring, waarbij een hogere, bovennatuurlijke instantie al het leven in één keer heeft geschapen, geeft Darwin een *bottom up*-verklaring: de huidige levensvormen zijn via een natuurlijk en geleidelijk proces voortgekomen uit een primitief begin. Het leven is niet uit de hemel komen neerdalen, maar heeft zich uit de modder omhooggewerkt. Sinds Darwin weten we dat een complex ontwerp niet noodzakelijk een intelligente ontwerper vooronderstelt. Ook door het blinde en doelloze proces van natuurlijke, cumulatieve selectie kunnen oogverblindend mooie schepsels ontstaan.

Maar behalve schokkende implicaties brengt de evolutietheorie ook tal van nieuwe, schitterende gezichtspunten met zich mee. Al het leven op onze planeet blijkt bijvoorbeeld, tot in alle minuscule vezels en cellen, in diepste wezen één. Van ieder van ons loopt een ononderbroken replicatieketen terug tot het allereerste, prille begin.

Deze genealogie is niet enkele duizenden jaren oud, zoals sommige overgeleverde mythen verkondigen, maar vier miljard jaar. Wanneer we onze eigen afstammingslijn terugvolgen, komen we via het ontstaan van de eerste hominiden, de dageraad der primaten, de opkomst van de zoogdieren en de eerste gewervelden die het land en de oceanen verkenden, uiteindelijk uit bij de cambrische explosie en het tijdperk van de microben en eencelligen dat er aan voorafging. Naarmate we verder teruggaan in de tijd komen steeds meer afstammingslijnen bij elkaar, eerst de meest recente twijgen en uitlopers van de evolutionaire boom, en ten slotte de hoofdtakken die één voor één ontspruiten aan de stam. Deze unieke en oeroude lotsverbanden dwingt ontzag af en schept een band die door geen enkele mythe wordt geëvenaard. Darwin heeft ons bestaan dan ook niet onttoverd, zoals sommige mensen menen, maar juist duizelingwekkend verdiept. Dit inzicht schept tevens verplichtingen, want omdat al het aardse leven één is, en het evolutieproces zich van zichzelf en zijn mogelijkheden bewust is geworden, dragen wij de verantwoordelijkheid ervoor te zorgen dat dit leven, in al haar wonderlijke uitdossingen, blijft voortbestaan.

In het najaar van 2005 verscheen bij uitgeverij W.W. Norton in New York een fraaie heruitgave van Darwins vier belangrijkste en meest gelezen boeken onder de titel: *From so simple a beginning*. De luxe cassette bevat prachtige dundrukuitgaven van de *Voyage of the Beagle* uit 1845, de *Origin of species* uit 1859, de *Descent of man* uit 1871 en *The expression of the emotions in man and animals* uit 1872. De titel van de heruitgave, 'Uit zo een eenvoudig begin', verwijst naar de beroemde slotzin van het *Ontstaan van soorten* die we al in hoofdstuk 11 zijn tegengekomen:

Er is grandeur in deze visie op het leven, met zijn verschillende krachten die oorspronkelijk zijn ingeblazen in een paar vormen, of in één vorm alleen; en in de visie dat, terwijl deze planeet is blijven rondcirkelen volgens de vaste wet van de zwaartekracht, er uit zo een eenvoudig begin een eindloze reeks vormen, prachtig mooi en schitterend, zijn geëvolueerd, en onophoudelijk evolueren.

Volgens Edward O. Wilson, die een inleiding en een nawoord bij de delen heeft geschreven, is de darwiniaanse revolutie in de biologie

vele malen ingrijpender dan de copernicaanse revolutie in de astronomie. Copernicus brak met het meer dan tweeduizend jaar oude idee dat de aarde in het middelpunt van het universum staat. De aarde blijkt niet het centrum van de kosmos, maar een onbeduidende satelliet van de zon. Darwin, op zijn beurt, heeft de mens uit het centrum van de wereld gehaald door te laten zien dat wij slechts een recent en onbeduidend twijgje zijn van een stokoude en wijdvertakte evolutionaire boom. Darwin maakte zo een einde aan een diep gekoesterd dogma: de gedachte dat de mens met een vooropgezet plan en een bijzonder doel op deze wereld is gezet.

Zoals gezegd, de vele implicaties van de evolutietheorie kunnen we op dit moment nog niet allemaal overzien omdat de revolutie onverminderd voortduurt. Wellicht zal het darwiniaanse paradigma in de loop van de eenentwintigste eeuw, de eeuw van de biologie, tot volle wasdom komen. Pas tegen die tijd kan een voorzichtige balans worden opgemaakt. Tegelijkertijd zal de evolutietheorie ook op verzet blijven stuiten omdat lang niet iedereen bereid is haar te omarmen en haar consequenties te aanvaarden. De religie, die haar hernieuwde opmars voortzet, zal steeds vaker, en feller, botsen met de inzichten uit de voortschrijdende wetenschap. De kloof tussen kennis en geloof zal steeds breder worden en de verschillen van mening bijkans onoverbrugbaar. Maar we moeten geen compromissen sluiten, want de darwiniaanse revolutie is onomkeerbaar, tenzij de zeloten het voor het zeggen krijgen en de wereld opnieuw in duisternis wordt gehuld.

Volgens Wilson breekt de darwiniaanse revolutie, meer nog dan die van Copernicus, met het prehistorische maar nog altijd voortlevende zelfbeeld van de mens. Bijgeloof, overgeleverde mythen en bovennatuurlijke verklaringen blijken vaak lastig te verzoenen met beproefde empirische wetenschap. Dit geldt bij uitstek voor de evolutietheorie, want er is in de geschiedenis van de mensheid geen idee te vinden dat ons zelfbeeld radicaler heeft veranderd. Wie zijn wij? Waar komen we vandaan? En waar gaan we naar toe? Deze diepe vragen hebben onze verre voorouders zich wellicht al gesteld, toen ze in het nachtelijke donker van de Afrikaanse savanne een blik wierpen op de onbewolkte sterrenhemel. Wie we zijn, en waar we vandaan komen, weten we sinds Darwin. Waar we naartoe gaan, weet alleen de evolutie. Zij heeft het laatste woord.

Aanbevolen literatuur

Hoofdstuk 1 Op het spoor van de evolutie

- Barlow, N. (red.) (1958) *The autobiography of Charles Darwin, 1809-1882, with original omissions restored*. Londen: Chapman. Nederlandse vertaling (2000) *De autobiografie van Charles Darwin*. Amsterdam: Nieuwezijds.
- Darwin, C. (1859) *The origin of species*. Londen: Murray. Nederlandse vertaling (2000) *Over het ontstaan van soorten*. Amsterdam: Nieuwezijds.
- Dawkins, R. (1986) *The blind watchmaker*. New York: W.W. Norton.
- Desmond, A. & J. Moore (1991) *Darwin*. Londen: Penguin.
- Dennett, D. (1995) *Darwin's dangerous idea: evolution and the meanings of life*. Londen: Allen Lane. Nederlandse vertaling (1995) *Darwins gevaarlijke idee*. Amsterdam: Contact
- Mayr, E. (1991) *One long argument: Charles Darwin and the genesis of modern evolutionary thought*. Londen: Allen Lane.
- Vermij, R. (2006) *Kleine geschiedenis van de wetenschap*. Amsterdam: Nieuwezijds.
- Williams, G.C. (1996) *Plan and purpose in nature*. Londen: Phoenix. Nederlandse vertaling (1997) *De natuur als ontwerper*. Amsterdam: Contact.

Hoofdstuk 2 Seksuele selectie

- Cronin, H. (1993) *The ant and the peacock: altruism and sexual selection from Darwin to today*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Darwin, C. (1871) *The descent of man, and selection in relation to sex*. Londen: Murray. Nederlandse vertaling (2002) *De afstamming van de mens, en selectie in relatie tot sekse*. Amsterdam: Nieuwezijds.
- Gould, J.L. & C.G. Gould (1989) *Sexual selection: mate choice and courtship in nature*. New York: Scientific American Library.
- Gould, S.J. (1977) 'The misnamed, mistreated, and misunderstood Irish elk'. In: *Ever since Darwin*, pp. 79-90. Londen: Penguin.
- Miller, G. (2000) *The mating mind: how sexual choice shaped the evolution of human nature*. New York: Doubleday. Nederlandse vertaling (2001) *De parende geest: seksuele selectie en de evolutie van het bewustzijn*. Amsterdam: Contact.
- Radcliffe Richards, J. (2000) *Human nature after Darwin: a philosophical introduction*. Londen: Routledge.

Hoofdstuk 3 Soortvorming

- Eldredge, N. & S.J. Gould (1972) 'Punctuated equilibria: an alternative to phyletic gradualism'. In: T.J.M. Schopf (red.) (1972) *Models in paleobiology*, pp. 82-115. San Francisco: Freeman.
- Goldschmidt, T. (1994) *Darwins hofvijver: een drama in het Victoriameer*. Amsterdam: Prometheus.
- Mayr, E. (1963) *Animal species and evolution*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Mayr, E. (2001) *What evolution is*. New York: Basic Books.
- Schilthuizen, M. (2001) *Frogs, flies & dandelions: speciation – the evolution of new species*. Oxford: Oxford University Press. Nederlandse vertaling (2002) *Het mysterie der mysteriën: over evolutie en soortvorming*. Amsterdam: Nieuwezijds.
- Tudge, C. (2000) *The variety of life: a survey and a celebration of all the creatures that have ever lived*. Oxford: Oxford University Press.

Hoofdstuk 4 Evolutie van de mens

- National Geographic*, 2003, nr.1. Nederlandstalige speciale editie: 'De oorsprong van de mens'.
- Scientific American*, Vol. 13, nr. 2, July 2003. Special edition: 'Human evolution'.
- Caird, R. (1994) *Aapmens: het verhaal van de evolutie van de mens*. Antwerpen: Standaard Uitgeverij.
- Johanson, D. & M. Edey (1981) *Lucy, the beginnings of mankind*. New York: Simon & Schuster.
- Johanson, D. & B. Edgar (2001) *From Lucy to language*. Londen: Cassell & Co.
- Jones, S., R. Martin & D. Pilbeam (red.) (1996) *The Cambridge encyclopaedia of human evolution*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mckie, R. (2000) *Ape man: the story of human evolution*. Londen: BBC Worldwide Ltd.
- Morgan, E. (1997) *The aquatic ape hypothesis*. Londen: Souvenir Press.
- Shipman, P. (2001) *The man who found the missing link: Eugene Dubois and his lifelong quest to prove Darwin right*. New York: Simon & Schuster.
- Stringer, C. & R. Mckie (1998) *African exodus: the origins of modern humanity*. Londen: Henry Holt.

Hoofdstuk 5 Sociobiologie en evolutiepsychologie

- Barkow, J.H., L. Cosmides & J. Tooby (red.) (1992) *The adapted mind: evolutionary psychology and the generation of culture*. Oxford: Oxford University Press.
- Bekkum, D. van, et al. (red.) (2003) *Darwin en gedrag: de wortels van onze geest*. Den Haag: Cahiers Biowetenschappen en Maatschappij.
- Buss, D.M. (1999) *Evolutionary psychology: the new science of the mind*. Boston: Allyn & Bacon.
- Dawkins, R. (1976) *The selfish gene*. (Second edition 1989.) Oxford: Oxford University Press.
- Mithen, S. (1996) *The prehistory of the mind*. Londen: Thames & Hudson.
- Pinker, S. (2002) *The blank slate: the modern denial of human nature*. Londen: Allen Lane.
- Radcliffe Richards, J. (2000) *Human nature after Darwin: a philosophical introduction*. Londen: Routledge.
- Rose, H. & S. Rose (red.) (2000) *Alas, poor Darwin: arguments against evolutionary psychology*. Londen: Jonathan Cape.

- Wilson, E.O. (1975) *Sociobiology: the new synthesis*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press. (In 2000 verscheen een jubileumuitgave van de oorspronkelijke editie met een nieuw voorwoord van de auteur.)
- Wilson, E.O. (1978) *On human nature*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Hoofdstuk 6 Evolutie en antropologie

- Darwin, C. (1872) *The expression of the emotions in man and animals*. Londen: Murray.
- Nederlandse Vertaling (1999) *Het uitdrukken van emoties bij mens en dier*. Amsterdam: Nieuwezijds.
- Ekman, P. (1998) 'Zijn emotionele uitdrukkingen universeel? Een persoonlijk verslag van de discussie'. Epiloog bij Darwins *Het uitdrukken van emoties bij mens en dier*, pp. 373-405. Amsterdam: Nieuwezijds.
- Freeman, D. (1983) *Margaret Mead and Samoa: the making and unmaking of an anthropological myth*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Howard, J. (1984) *Margaret Mead: a life*. New York: Simon & Schuster.
- Kloos, P. (1988) *Door het oog van de antropoloog: botsende visies bij onderzoek*. Muiderberg: Coutinho.
- Mead, M. (1928) *Coming of age in Samoa*. New York: Morrow.
- Trigg, R. (1985) *Understanding social science*. Oxford: Blackwell.
- Vandermassen, G. (2005) *Darwin voor dames: over feminisme en evolutietheorie*. Amsterdam: Nieuwezijds.

Hoofdstuk 7 Evolutie en taal

- Aitchison, J. (1996) *The seeds of speech: language origin and evolution*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Nederlandse vertaling (1997) *De sprekende aap: over oorsprong en evolutie van de menselijke taal*. Utrecht: Het Spectrum
- Bickerton, D. (1990) *Language and species*. Chicago: University of Chicago Press.
- Calvin, W. & D. Bickerton (2001) *Lingua ex machina: reconciling Darwin and Chomsky with the human brain*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Corballis, M.C. (2002) *From hand to mouth: the origins of language*. Princeton: Princeton University Press.
- Dunbar, R.I.M. (1996) *Grooming, gossip and the evolution of language*. Londen: Faber & Faber.
- Nederlandse vertaling (1997) *Vlooiën, roddelen en de ontwikkeling van de taal*. Baarn: Ambo.
- Mithen, S. (2005) *The singing Neanderthal: the origins of music, language, mind and body*. Londen: Weidenfeld.
- Pinker, S. (1994) *The language instinct: the new science of language and mind*. Londen: Penguin.
- Nederlandse vertaling (1995) *Het Taalinstinct: Het taalscheppende vermogen van de mens*. Amsterdam: Contact.

Hoofdstuk 8 Evolutie en bewustzijn

- Churchland, P.M. (1995) *The engine of reason, the seat of the soul: a philosophical journey into the brain*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Damasio, A. (1999) *The feeling of what happens: body, emotion and the making of consciousness*. Londen: Vintage.
- Nederlandse vertaling (2000) *Ik voel dus ik ben: hoe gevoel en lichaam ons bewustzijn vormen*. Amsterdam: Wereldbibliotheek.
- Dennett, D.C. (1991) *Consciousness explained*. Londen: Basic Books.
- Nederlandse vertaling (1993) *Het bewustzijn verklaard*. Amsterdam: Contact.
- Flanagan, O. (1992) *Consciousness reconsidered*. Cambridge, Mass.: The MIT Press.

- Gould, J.L. & C.G. Gould (1994) *The animal mind*. New York: Scientific American Library.
- Nagel, T. (1974) 'What is it like to be a bat?'. *Philosophical Review* 83, pp. 435-450.
- Schouten, M. (red.) (2001) Themanummer 'Vijftig jaar philosophy of mind'. *Wijsgerig Perspectief* 41.
- Searle, J. (1992) *The rediscovery of the mind*. Cambridge, Mass.: MIT Press.

Hoofdstuk 9 De evolutie van cultuur

- Aunger, R. (red.) (2000). *Darwinizing culture: the status of memetics as a science*. Oxford: Oxford University Press.
- Blackmore, S. (1999) *The meme machine*. Oxford: Oxford University Press.
- Brodie, R. (1996) *Virus of the mind: the new science of the meme*. Seattle: Integral Press.
- Dawkins, R. (1976) *The selfish gene*. (Tweede editie 1989.) Oxford: Oxford University Press. Dawkins ontvouwt zijn ideeën over memen in hoofdstuk 11).
- Dennett, D.C. (2002) 'The new replicators.' In: M. Pagel (red.) (2002) *Encyclopedia of evolution* (vol. I), pp. 83-92. Oxford: Oxford University Press. Tevens opgenomen in Dennett (2006) *Breaking the spell*, Appendix A, pp. 341-357. New York: Viking.
- Dugatkin, L.A. (2000) *The imitation factor: evolution beyond the gene*. New York: Free Press.
- Hull, D.L. (2000) 'Taking memetics seriously.' In: R. Aunger (red.) (2000), pp. 43-67.
- Waal, F. de (2001) *The ape and the sushi master*. New York: Basic Books. Nederlandse vertaling (2001) *De aap en de sushimeester*. Amsterdam: Contact.

Hoofdstuk 10 Evolutionaire epistemologie

- Buskes, C. (2003) 'Over wetenschap en evolutie.' In: M. van Hees, *et al.* (red.) (2003) *Kernthema's van de filosofie*, pp. 161-184. Amsterdam: Boom.
- Hull, D. (1988) *Science as a process: an evolutionary account of the social and conceptual development of science*. Chicago: University of Chicago Press.
- Plotkin, H. (1994) *Darwin machines and the nature of knowledge*. Londen: Allen Lane.
- Popper, K.R. (1972) *Objective knowledge: an evolutionary approach*. Oxford: Oxford University Press.
- Rescher, N. (1990) *A useful inheritance: evolutionary aspects of the theory of knowledge*. Savage, Maryland: Rowman & Littlefield.
- Ruse, M. (1986) *Taking Darwin seriously: a naturalistic approach to philosophy*. Oxford: Blackwell.

Hoofdstuk 11 Evolutie en religie

- Dawkins, R. (2003) 'Good and bad reasons for believing.' In: *A devil's chaplain*, pp. 242-248. Londen: Weidenfeld & Nicolson. Nederlandse vertaling (2005) *Kapelaan van de duivel*. Amsterdam: Contact.
- Dekker, C. (red.) (2005) *Schitterend ongeluk of sporen van ontwerp?* Kampen: Ten Have.
- Dennett, D.C. (2006) *Breaking the spell: religion as a natural phenomenon*. Londen: Allen Lane.
- Drees, W.B. (2000) 'Kan God de evolutietheorie overleven?' *Algemeen Nederlands Tijdschrift voor Wijsbegeerte* 92 (januari 2000), pp. 83-101.
- Gould, S.J. (1999) *Rocks of ages: science and religion in the fullness of life*. New York: Ballantine. Nederlandse vertaling (2000) *God en Darwin*. Amsterdam: Contact.

- Philipse, H. (1998) *Atheïstisch manifest*. Amsterdam: Prometheus.
- Ruse, M. (2001) *Can a Darwinian be a Christian?* Cambridge: Cambridge University Press.

Hoofdstuk 12 Evolutie en moraal

- Axelrod, R. (1984) *The evolution of cooperation*. New York: Basic Books. Nederlandse vertaling (1990) *De evolutie van samenwerking*. Amsterdam: Contact.
- Dawkins, R. (1976) 'Nice guys finish first.' *The selfish gene*, pp. 202-233. Oxford: Oxford University Press. (Tweede editie, 1989.)
- Ridley, M. (1996) *The origins of virtue*. New York: Viking. Nederlandse vertaling (1997) *De oorsprong van de moraal*. Amsterdam: Contact.
- Waal, F. de (1996) *Good natured: the origins of right and wrong in humans and other animals*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press. Nederlandse vertaling (1996) *Van nature goed*. Amsterdam: Contact.
- Wilson, E.O. (1978) *On human nature*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Wright, R. (1994) *The moral animal*. New York: Pantheon. Nederlandse vertaling (1994) *Het morele dier*. Amsterdam: Wereldbibliotheek.

Hoofdstuk 13 Evolutie en esthetica

- O'Hear, A. (1997) 'Beauty and the theory of evolution.' In: *Beyond evolution: human nature and the limits of evolutionary explanation*, pp. 175-202. Oxford: Oxford University Press.
- Miller, G. (2000) *The mating mind: how sexual choice shaped the evolution of human nature*. New York: Doubleday. Nederlandse vertaling (2001) *De parende geest: seksuele selectie en de evolutie van het bewustzijn*. Amsterdam: Contact.
- Orians, G. & Heerwagen, J. (1992) 'Evolved responses to landscapes.' In: Barkow, J., Cosmides, L. & Tooby, J. (red.) (1992) *The adapted mind: evolutionary psychology and the generation of culture*. pp. 555-580. Oxford: Oxford University Press.
- Thornhill, R. (1998) 'Darwinian Aesthetics.' In: C. Crawford & D. Krebs (red.) (1998) *Handbook of evolutionary psychology: ideas, issues and applications*, pp. 543-572. Mahwah, New Jersey: Erlbaum.
- Voland, E. & Grammer, K. (red.) (2003) *Evolutionary aesthetics*. Heidelberg: Springer.

Hoofdstuk 14 Darwiniaanse geneeskunde

- Ewald, P.W. (1997) *Evolution of infectious disease*. Oxford: Oxford University Press.
- Morgan, E. (1994) *The scars of evolution: what our bodies tell us about human origins*. Oxford: Oxford University Press.
- Nesse, R.M. & G.C. Williams (1994) *Why we get sick: the new science of Darwinian medicine*. New York: Vintage.
- Olshansky, S.J., B.A. Carnes & R.N. Butler (2003) 'If humans were built to last.' *Scientific American* Vol. 13, August 2003, pp. 94-100.
- Zimmer, C. (2000) *Parasite rex: inside the bizarre world of nature's most dangerous creatures*. New York: Free Press.

Hoofdstuk 15 Sociaal-darwinisme en eugenetica

- Bowler, P. (1989) *Evolution: the history of an idea*. Berkeley: University of California Press. Relevant is met name hoofdstuk 10: 'The social implications of evolutionism', pp. 266-288.

- Darwin, C. (1871) *The descent of man*. Londen: Murray. Nederlandse vertaling (2002) *De afstamming van de mens*. Amsterdam: Nieuwezijds.
- Gould, S.J. (1996) *The mismeasure of man*. New York: W.W. Norton. Nederlandse vertaling (1996) *De mens gemeten*. Amsterdam: Contact.
- Hermans, C. (2003) *De Dwaaltocht van het Sociaal-Darwinisme*. Amsterdam: Nieuwezijds.
- Noordman, J. (1990) *Om de kwaliteit van het nageslacht: eugenetica in Nederland 1900-1950*. Nijmegen: SUN.
- Sloterdijk, P. (1999) *Regeln für den Menschenpark*. Frankfurt: Suhrkamp. Nederlandse vertaling (2000) *Regels voor het mensenpark: kroniek van een debat*. Amsterdam: Boom.

Hoofdstuk 16 Evolutie en vooruitgang

- Conway Morris, S. (2003) *Life's solution: inevitable humans in a lonely universe*. Cambridge: Cambridge University Press. Nederlandse vertaling (2002) *Hoe het leven dingen regelt: De mens als noodzakelijke uitkomst van de evolutie*. Utrecht: Veen.
- Dawkins, R. (1997) 'Human chauvinism and evolutionary progress.' Recensie van S. J. Goulds *Full house* (in Groot-Brittannië verschenen onder de titel *Life's grandeur*). In: *Evolution*, Vol. 51, June 1997, No. 3, pp. 1015-1020. Herdrukt in: *A devil's chaplain* (2003), pp. 206-217.
- Gould, S.J. (1989) *Wonderful life: The Burgess Shale and the nature of history*. New York: W.W. Norton. Nederlandse vertaling (1991) *Wonderlijk leven: over toeval en evolutie*. Amsterdam: Contact.
- Gould, S.J. (1996) *Full house: the spread of excellence from Plato to Darwin*. New York: Harmony Books. Nederlandse vertaling (1996) *De gok van de evolutie*. Amsterdam: Contact.
- Ruse, M. (1996) *Monad to man: the concept of progress in evolutionary biology*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Wilson, E.O. (1992) *The diversity of life*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Wilson, E.O. (2002) *The future of life*. New York: Time Warner. Nederlandse vertaling (2002) *De toekomst van het leven*. Amsterdam: Byblos.

Literatuur

- Abramson, P. & S. Pinker (red.) (1995) *Sexual nature/sexual culture*. Chicago: University of Chicago Press.
- Aiken, N. (1998) *The biological origins of art*. Westport: Praeger Press.
- Aitchison, J. (1996) *The seeds of speech: language origin and evolution*. Cambridge: Cambridge University Press. Nederlandse vertaling (1997) *De sprekende aap: over oorsprong en evolutie van de menselijke taal*. Utrecht: Het Spectrum
- Alexander, R.D. (1979) *Darwinism and human affairs*. Seattle: University of Washington Press.
- Alexander, R.D. (1987) *The biology of moral systems*. New York: De Gruyter.
- Aunger, R. (red.) (2000) *Darwinizing culture: the status of memetics as a science*. Oxford: Oxford University Press.
- Axelrod, R. (1984) *The evolution of cooperation*. New York: Basic Books. Nederlandse vertaling (1990) *De evolutie van samenwerking*. Amsterdam: Contact.
- Axelrod, R. & W.D. Hamilton (1981) 'The Evolution of Cooperation.' In: *Science* 211, pp. 1390-1396.
- Badcock, C. (2000) *Evolutionary psychology: a critical introduction*. Oxford: Blackwell.
- Barkow, J., L. Cosmides & J. Tooby (red.) (1992) *The adapted mind: evolutionary psychology and the generation of culture*. Oxford: Oxford University Press.
- Barlow, C. (red.) (1994) *Evolution extended: biological debates on the meaning of life*. Cambridge, Mass.: The MIT Press.
- Barlow, N. (red.) (1958) *The autobiography of Charles Darwin, 1809-1882, with original omissions restored*. Londen: W.W. Norton. Nederlandse vertaling (2000) *De autobiografie van Charles Darwin*. Amsterdam: Nieuwezijds.
- Bateson, P. (red.) (1983) *Mate choice*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Behe, M. (1996) *Darwin's black box: the biochemical challenge to evolution*. New York: The Free Press.
- Bekkum, D. van, et al. (red.) (2003) *Darwin en gedrag: de wortels van onze geest*. Den Haag: Cahiers Biowetenschappen en Maatschappij.
- Bickerton, D. (1990) *Language and species*. Chicago: University of Chicago Press.
- Bickerton, D. (1998) *Language and human behaviour*. Londen: Taylor & Francis.
- Binmore, K. (1992) *Fun and games*. Lexington, Mass.: Heath & Co.
- Blackmore, S. (1999) *The meme machine*. Oxford: Oxford University Press.
- Borges, J.L. (1966) 'El idioma analítico de John Wilkins.' In: *Otras inquisitiones*. Buenos Aires: Emecé. Nederlandse vertaling (1999) 'De analytische taal van John Wilkins.' In: J.L. Borges, *Werken in vier delen. Deel 3: De geschiedenis van de eeuwigheid en andere essays*, pp. 247-252. Amsterdam: De Bezige Bij.

- Borst, P. (1999) *De vioolspelende koe en andere muizenissen: essays over kanker, evolutie en de menselijke natuur*. Amsterdam: Bert Bakker.
- Bowler, P. (1989) *Evolution: the history of an idea*. Berkeley: University of California Press.
- Bowler, P. (1996) *Charles Darwin: the man and his influence*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Boyd, R. & J.P. Lorberbaum (1987) 'No pure strategy is evolutionarily stable in the repeated prisoner's dilemma game.' In: *Nature* 327, pp. 58-59.
- Bradie, M. (1994) 'Epistemology from an evolutionary point of view.' In: E. Sober (red.) (1994), pp. 453-475.
- Braeckman, J. (2001) *Darwins moordbekentenis: de ontwikkeling van het denken van Charles Darwin*. Amsterdam: Nieuwezijds
- Brandon, R.N. (1990) *Adaptation and environment*. Princeton: Princeton University Press.
- Brandon, R.N. (1996) *Concepts and methods in evolutionary biology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Brodie, R. (1996) *Virus of the mind: the new science of the meme*. Seattle: Integral Press.
- Bronnan, S. & F. de Waal (2003) 'Monkeys reject unequal pay.' In: *Nature* 425, pp. 297-299.
- Bryson, B. (2005) *A short history of nearly everything*. (Special illustrated edition.) New York: Random House.
- Burckhardt, F. (red.) (1996) *Charles Darwin's letters: a selection 1825-1859*. Cambridge: Cambridge University Press. Nederlandse vertaling (2005) *Charles Darwins brieven: een selectie*. Amsterdam: Nieuwezijds.
- Buskes, C. (1998) *The genealogy of knowledge: a Darwinian approach to epistemology and philosophy of science*. Tilburg: Tilburg University Press.
- Buskes, C. (1998) 'Progress, providence and predestination.' In: T. Derksen (red.) (1998), pp. 55-80.
- Buskes, C. (2000) 'Evolutie van kennis.' In: *Algemeen Nederlands Tijdschrift voor Wijsbegeerte* 92, Nr. 1 (januari 2001), pp. 19-39. (Themanummer: Evolutiebiologie in de Filosofie.) Assen: Van Gorcum.
- Buskes, C. (2003) 'Thomas Kuhn en de ontwikkeling van de wetenschap.' Inleiding tot de nieuwe Nederlandse editie (2003) van Thomas Kuhn (1970) *De structuur van wetenschappelijke revoluties*, pp. 7-27. Amsterdam: Boom.
- Buskes, C. (2003) 'Over wetenschap en evolutie.' In: M. van Hees, et al. (red.) (2003) *Kernthema's van de filosofie*, pp. 161-184. Amsterdam: Boom.
- Buss, D.M. (1994) *The evolution of desire: strategies of human mating*. New York: Basic Books.
- Buss, D.M. (1999) *Evolutionary psychology: the new science of the mind*. Boston: Allyn & Bacon.
- Caird, R. (1994) *Aapmens: het verhaal van de evolutie van de mens*. Antwerpen: Standaard Uitgeverij.
- Callebaut, W. (1993) *Taking the naturalistic turn: how real philosophy of science is done*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Callebaut, W. & R. Pinxten (red.) (1987) *Evolutionary epistemology: a multiparadigm program*. Dordrecht: Reidel.
- Calvin, W. (1987) 'The brain as a Darwin machine.' In: *Nature* 330, pp. 33-34.
- Calvin, W. & D. Bickerton (2001) *Lingua ex machina: reconciling Darwin and Chomsky with the human brain*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Campbell, D.T. (1974) 'Evolutionary epistemology.' In: P.A. Schilpp (red.) (1974) *The philosophy of Karl Popper*, pp. 412-463. La Salle: Open Court. Ook verschenen

- in: G. Radnitzky & W. Bartley (red.) (1987) *Evolutionary epistemology, rationality, and the sociology of knowledge*, pp. 47-89. La Salle: Open Court.
- Campbell, J.H. & J. William Schopf (red.) (1994) *Creative evolution?!* Londen: Jones & Bartlett Publ.
- Carroll, L. (1872) *Through the looking glass*. (Edition 1992.) Hertfordshire: Wordsworth.
- Cartwright, J. (2001) *Evolutionary explanations of human behaviour*. Londen: Routledge.
- Chadwick, D. & J. Goode (1997) *Antibiotic resistance: origins, evolution, selection and spread*. New York: Wiley.
- Chambers, R. (1844) *Vestiges of the natural history of creation*. Londen: Churchill. Opnieuw gepubliceerd in 1994 door University of Chicago Press, Chicago.
- Chauvet, J., et al. (1998) *De grot Chauvet: de oudste grotschilderingen ter wereld*. Utrecht: Van Arkel.
- Cheney, D.L. & R.M. Seyfarth (1990) *How monkeys see the world*. Chicago: University of Chicago Press.
- Chomsky, N. (1965) *Aspects of the theory of syntax*. Cambridge, Mass.: The MIT Press.
- Chomsky, N. (1972) *Language and mind*. New York: Harcourt Brace Jovanovich.
- Churchland, P.M. (1990) *Matter and consciousness*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Churchland, P.M. (1995) *The engine of reason, the seat of the soul: a philosophical journey into the brain*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Conway Morris, S. (2003) *Life's solution: inevitable humans in a lonely universe*. Cambridge: Cambridge University Press. Nederlandse vertaling (2002) *Hoe het leven dingen regelt: de mens als noodzakelijke uitkomst van de evolutie*. Utrecht: Veen.
- Corballis, M.C. (2002) *From hand to mouth: the origins of language*. Princeton: Princeton University Press.
- Corbey, R. (2005) *The metaphysics of apes: negotiating the animal-human boundary*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Corbey, R. & W. Roebroeks (red.) (2001) *Studying human origins: disciplinary History and epistemology*. Amsterdam: Amsterdam University Press.
- Crawford, C. & D. Krebs (red.) (1998) *Handbook of evolutionary psychology: ideas, issues, and Applications*. Mahwah, New Jersey: Erlbaum.
- Cronin, H. (1993) *The ant and the peacock: altruism and sexual selection from Darwin to today*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Crook, P. (1994) *Darwinism, war and history*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Cziko, G. (1995) *Without miracles: universal selection theory and the second Darwinian revolution*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Damasio, A. (1999) *The feeling of what happens: body, emotion and the making of consciousness*. Londen: Vintage. Nederlandse vertaling (2000) *Ik voel dus ik ben: hoe gevoel en lichaam ons bewustzijn vormen*. Amsterdam: Wereldbibliotheek.
- Dancy, J. & E. Sosa (red.) (1992) *A companion to epistemology*. Oxford: Blackwell.
- Darwin, C. (1839) *The voyage of the Beagle (Journal of researches)*. Londen: Murray.
- Darwin, C. (1859) *The origin of species*. Londen: Murray. Nederlandse vertaling (2000) *Over het ontstaan van soorten*. Amsterdam: Nieuwezijds.
- Darwin, C. (1871) *The descent of man, and selection in relation to sex*. Londen: Murray. Nederlandse Vertaling (2002) *De afstamming van de mens, en selectie in relatie tot sekse*. Amsterdam: Nieuwezijds.
- Darwin, C. (1872) *The expression of the emotions in man and animals*. Londen: Murray. Nederlandse Vertaling (1999) *Het uitdrukken van emoties bij mens en dier*. Amsterdam: Nieuwezijds.
- Darwin, C. *Autobiografie*. Zie: Barlow, N. (red.) (1958).

- Darwin, C. *Brieven*. Zie: Burckhardt, F. (red.) (1996).
- Darwin, C. & A.R. Wallace (1859) 'On the tendency of species to form varieties; and on the perpetuation of varieties and species by natural selection.' In: *Journal of the Proceedings of the Linnean Society*, III, pp. 45-62.
- Darwin, E. (1794) *Zoonomia or the laws of organic life*. Londen: Johnson.
- Darwin, F. (1902) *The life of Charles Darwin*. (Edition 1995.) Londen: Senate.
- Dawkins, R. (1976) *The selfish gene*. (Second edition 1989.) Oxford: Oxford University Press. Nederlandse vertaling (1995) *Onze zelfzuchtige genen*. Amsterdam: Pandora.
- Dawkins, R. (1982) *The extended phenotype*. Oxford: Oxford University Press.
- Dawkins, R. (1986) *The blind watchmaker*. New York: W.W. Norton.
- Dawkins, R. (1990) 'Hallucigenia, Wiwaxia and friends.' Review of S.J. Gould, *Wonderful life*. In: *Sunday Telegraph*, 25 February, 1990. Herdrukt in: *A devil's chaplain* (2003), pp. 203-205.
- Dawkins, R. (1995) *River out of Eden: a Darwinian view of life*. Londen: Weidenfeld & Nicolson.
- Dawkins, R. (1996) *Climbing mount improbable*. Londen: Viking.
- Dawkins, R. (1997) 'Human chauvinism and evolutionary progress.' Recensie van S. J. Goulds *Full house* (in Groot-Brittannië verschenen onder de titel *Life's grandeur*). In: *Evolution*, Vol. 51, Nr. 3 (June 1997), pp. 1015-1020. Herdrukt in: *A devil's chaplain* (2003), pp. 206-217.
- Dawkins, R. (1998) *Unweaving the rainbow: science, delusion and the appetite for wonder*. Londen: Allen Lane.
- Dawkins, R. (2003) *A devil's chaplain: selected essays*. Londen: Weidenfeld & Nicolson. Nederlandse vertaling (2005) *Kapelaan van de duivel*. Amsterdam: Contact.
- Dawkins, R. (2003) 'Good and bad reasons for believing.' In: *A devil's chaplain*, pp. 242-248.
- Dawkins, R. (2004) *The ancestor's tale: a pilgrimage to the dawn of life*. Londen: Weidenfeld & Nicolson.
- Dekker, C. (red.) (2005) *Schitterend ongeluk of sporen van ontwerp?* Kampen: Ten Have.
- Dekkers, M. (2003) *De larf: over kinderen en metamorfose*. Amsterdam: Contact.
- Dennell, R. & W. Roebroeks (2005) 'An Asian perspective on early human dispersal from Africa.' In: *Nature* 438 (December 2005), pp. 1099-1104.
- Dennett, D.C. (1978) *Brainstorms*. Brighton: Harvester Press.
- Dennett, D.C. (1991) *Consciousness explained*. Londen: Basic Books. Nederlandse vertaling (1993) *Het bewustzijn verklaard*. Amsterdam: Contact.
- Dennett, D.C. (1995) *Darwin's dangerous idea: evolution and the meanings of life*. Londen: Allen Lane. Nederlandse vertaling (1995) *Darwins gevaarlijke idee*. Amsterdam: Contact.
- Dennett, D.C. (2002) 'The new replicators.' In: M. Pagel (red.) (2002), pp. 83-92. Tevens opgenomen in Dennett (2006), Appendix A, pp. 341-357.
- Dennett, D.C. (2003) *Freedom evolves*. Londen: Allen Lane. Nederlandse vertaling (2004) *De evolutie van de vrije wil*. Amsterdam: Contact.
- Dennett, D.C. (2003) 'In Darwin's wake, where am I?' In: J. Hodge & G. Radick (red.) (2003), pp. 357-376.
- Dennett, D.C. (2006) *Breaking the spell: religion as a natural phenomenon*. New York: Viking.
- Depew, D. & B. Weber (1995) *Darwinism evolving: system dynamics and the genealogy of natural selection*. Cambridge, Mass.: The MIT Press.
- Derksen T. (red.) (1998) *The promise of evolutionary epistemology*. Tilburg: Tilburg University Press.
- Desmond, A. & J. Moore (1991) *Darwin*. Londen: Penguin.

- Dijksterhuis, E.J. (1950) *De mechanisering van het wereldbeeld*. Amsterdam: Meulenhoff.
- Distin, K. (2005) *The selfish meme: a critical reassessment*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Dobzhansky, T. (1937) *Genetics and the origin of species*. New York: Columbia University Press.
- Drees, W.B. (2000) 'Kan God de evolutietheorie overleven?' In: *Algemeen Nederlands Tijdschrift voor Wijsbegeerte* 92, Nr. 1 (januari 2000), pp. 83-101.
- Dugatkin, L.A. (2000) *The imitation factor: evolution beyond the gene*. New York: Free Press.
- Dunbar, R.I.M. (1996) *Grooming, gossip and the evolution of language*. Londen: Faber & Faber. Nederlandse vertaling (1997) *Vlooiën, roddelen en de ontwikkeling van de taal*. Baarn: Ambo.
- Dunbar, R.I.M. (2002) 'Brains on two legs: group size and the evolution of intelligence.' In: F. de Waal (red.) (2002) *Tree of origin: what primate behaviour can tell us about human social evolution*, pp. 173-191.
- Dupré, J. (2003) *Darwin's legacy: what evolution means today*. Oxford: Oxford University Press.
- Ekman, P. (1998) 'Zijn emotionele uitdrukkingen universeel? Een persoonlijk verslag van de discussie.' Nawoord bij Darwins *Het uitdrukken van emoties bij mens en dier*, pp. 373-405. Amsterdam: Nieuwezijds.
- Eldredge, N. & S.J. Gould (1972) 'Punctuated equilibria: an alternative to phyletic gradualism.' In: T.J.M. Schopf (red.) (1972) *Models in paleobiology*, pp. 82-115. San Francisco: Freeman.
- Ellis, B.J. (1992) 'The evolution of sexual attraction: evaluative mechanisms in women.' In: J. Barkow, L. Cosmides & J. Tooby (red.) (1992), pp. 267-288.
- Evans, D. (2005) 'The 21st century atheist.' In: *The Guardian*, Monday May 2, 2005.
- Ewald, P. (1997) *The evolution of infectious diseases*. Oxford: Oxford University Press.
- Fisher, R.A. (1930) *The genetical theory of natural selection*. Oxford: Clarendon.
- Flanagan, O. (1992) *Consciousness reconsidered*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Flanagan, O. (2003) 'Ethical expressions: why moralists scowl, frown and smile.' In: J. Hodge & G. Radick (red.) (2003), pp. 377-398.
- Fodor, J. (1983) *The modularity of mind*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Foley, R.A. (1987) *Another unique species: patterns in human evolutionary ecology*. Essex: Longman.
- Fortey, R. (1997) *Life: an unauthorised biography. A natural history of the first 4.000.000.000 Years of life on earth*. Londen: Harper Collins.
- Frank, R. (1988) *Passions within reason*. New York: Norton.
- Freeman, D. (1983) *Margaret Mead and Samoa: the making and unmaking of an anthropological myth*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Freeman, D. (1999) *The fateful boaxing of Margaret Mead*. Boulder: Westview Press.
- Futuyama, D. (1995) *Science on trial: the case for evolution*. New York: Pantheon.
- Galton, F. (1869) *Hereditary genius*. Londen: Friedman.
- Gibson, J. (1979) *The ecological approach to visual perception*. Boston: Houghton Mifflin.
- Goldschmidt, R. (1940) *The material basis of evolution*. New Haven: Yale University Press.
- Goldschmidt, T. (1994) *Darwins hofvijver: een drama in het Victoriameer*. Amsterdam: Prometheus.
- Gombrich, E.H. (1950) *The story of art*. (16th edition, 1995.) Londen: Phaidon.

- Gould, J.L. & C.G. Gould (1989) *Sexual selection: mate choice and courtship in nature*. New York: Scientific American Library.
- Gould, J.L. & C.G. Gould (1994) *The animal mind*. New York: Scientific American Library.
- Gould, S.J. (1977) *Ontogeny an phylogeny*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Gould, S.J. (1977) *Ever since Darwin*. Londen: Penguin.
- Gould, S.J. (1977) 'The misnamed, mistreated, and misunderstood Irish elk.' In: *Ever since Darwin*, pp. 79-90.
- Gould, S.J. (1980) *The panda's thumb*. New York: W.W. Norton.
- Gould, S.J. (1985) *The flamingo's smile*. New York: W.W. Norton.
- Gould, S.J. (1989) *Wonderful life: the Burgess Shale and the nature of history*. New York: W.W. Norton. Nederlandse vertaling (1991) *Wonderlijk leven: over toeval en evolutie*. Amsterdam: Contact.
- Gould, S.J. (1991) *Bully for Brontosaurus*. New York: W.W. Norton.
- Gould, S.J. (1993) *Eight little piggies*. New York: W.W. Norton.
- Gould, S.J. (1993) 'Prophet for the earth.' Review of E.O. Wilson's *The diversity of life*. In: *Nature* 361, pp. 311-312.
- Gould, S.J. (1996) *The mismeasure of man*. New York: W.W. Norton. Nederlandse vertaling (1996) *De mens gemeten*. Amsterdam: Contact.
- Gould, S.J. (1996) *Full house: the spread of excellence from Plato to Darwin*. New York: Harmony Books. Nederlandse vertaling (1996) *De gok van de evolutie*. Amsterdam: Contact.
- Gould, S.J. (1999) *Rocks of ages: science and religion in the fullness of life*. New York: Ballantine. Nederlandse vertaling (2000) *God en Darwin*. Amsterdam: Contact.
- Gould, S.J. (2002) *The structure of evolutionary theory*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Gould, S.J. (red.) (1993) *The book of life*. Londen: Hutchinson. Nederlandse vertaling (1993) *Verslag van het leven*. Haarlem: Schuyt & Co.
- Gould, S.J. & R.C. Lewontin (1979) 'The spandrels of San Marco and the Panglossian paradigm: a critique of the adaptationist programme.' In: *Proceedings of the Royal Society of London B* 205, pp. 581-598.
- Gould, S.J. & E. Vrba (1981) 'Exaptation: a missing term in the science of form.' In: *Paleobiology*, vol. 8, pp. 4-15.
- Grammer, K. & R. Thornhill (1994) 'Human (*Homo sapiens*) facial attractiveness and sexual selection: the role of symmetry and averageness.' In: *Journal of Comparative Psychology* 108, pp. 233-242.
- Gregory, R.L. (red.) (1987) *The Oxford companion to the mind*. Oxford: Oxford University Press.
- Guttenplan, S. (red.) (1994) *A companion to the philosophy of mind*. Oxford: Blackwell.
- Haeckel, E. (1896) *The evolution of man*. New York: Appleton.
- Hahlweg, K. & C.A. Hooker (red.) (1989) *Issues in evolutionary epistemology*. New York: SUNY Press.
- Hamilton, W.D. (1964) 'The genetical theory of social behaviour.' In: *Journal of Theoretical Biology* 7, pp. 1-32.
- Haring, B. (2001) *Kaas en de evolutietheorie*. Antwerpen: Houtekiet.
- Harris, M. (1993) *Culture, people, nature: an introduction to general anthropology*. New York: Harper-Collins.
- Haught, J. (2000) *God after Darwin: a theology of evolution*. Boulder: Westview Press.
- Haught, J. (2004) *Deeper than Darwin: the prospect of religion in the age of evolution*. Boulder: Westview Press.
- Hermans, C. (2003) *De dwaaltocht van het sociaal-darwinisme*. Amsterdam: Nieuwezijds.

- Herrnstein, R. & C. Murray (1994) *The bell curve: intelligence and class structure in American life*. New York: Free Press.
- Hickman, C.P., et al (1995) *Integrated principles of zoology*. (9th ed.) Duboque: Wm. C. Brown Publ.
- Hodge, J. & G. Radick (red.) (2003) *The Cambridge companion to Darwin*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Holleman, T. (1998) *De Neanderthaler: een verguisde pionier*. Amsterdam: Amsterdam University Press.
- Hollis, M. (1994) *The philosophy of social science*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Holmes, L.D. (1986) *Quest for the real Samoa: the Mead/Freeman controversy and beyond*. Cambridge, Mass.: Bergin & Garvey.
- Hookway, C. (red.) (1984) *Minds, machines and evolution: philosophical studies*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Howard, J. (1984) *Margaret Mead: a life*. New York: Simon & Schuster.
- Hull, D.L. (1988) *Science as a process: an evolutionary account of the social and conceptual development of science*. Chicago: University of Chicago Press.
- Hull, D.L. (1989) *The metaphysics of evolution*. New York: SUNY Press.
- Hull, D.L. (2000) 'Taking memetics seriously.' In: R. Aunger (red.) (2000), pp. 43-67.
- Hull, D.L. (2003) 'Darwin's science and Victorian philosophy of science.' In: J. Hodge & G. Radick (red.) (2003), pp. 168-191.
- Hull, D.L. & M. Ruse (red.) (1998) *The philosophy of biology*. Oxford: Oxford University Press.
- Hume, D. (1748) *An enquiry concerning human understanding*. (Edition 1993), Indianapolis: Hackett.
- Huxley, A. (1932) *Brave new world*. Londen: Penguin.
- Huxley, J. (1942) *Evolution, the modern synthesis*. Londen: Allen & Unwin.
- Huxley, T. (1906) *Man's place in nature*. Londen: Dent & Sons. Opnieuw uitgegeven in 2001 door Modern Library, New York.
- Jackendoff, R. (2002) *Foundations of language: brain, meaning, grammar, evolution*. Oxford: Oxford University Press.
- Johanson, D. & M. Edey (1981) *Lucy: the beginnings of mankind*. New York: Simon & Schuster.
- Johanson, D. & B. Edgar (2001) *From Lucy to language*. Londen: Cassell & Co.
- Johnston, V. & M. Franklin (1993) 'Is beauty in the eye of the beholder?' In: *Ethology and Sociobiology* 14, pp. 183-199.
- Jones, S. (1999) *Almost like a whale*. Londen: Black Swan.
- Jones, S. (2002) *Y: the descent of men*. Londen: Little, Brown.
- Jones, S., R. Martin & D. Pilbeam (red.) (1996) *The Cambridge encyclopaedia of human evolution*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Joseph, R. (red.) (2002) *Neurotheology: brain, science, spirituality, religious experience*. San José: University Press California.
- Kant, I. (1781) *Kritik der reinen Vernunft*. (Werke, Band 2) Ausgabe 1995. Köln: Könnemann.
- Kant, I. (1790) *Kritik der Urteilskraft*. (Werke, Band 4) Ausgabe 1995. Köln: Könnemann.
- Kantorovich, A. (1993) *Scientific discovery: logic and tinkering*. New York: SUNY Press.
- Kaplan, R. & S. Kaplan (1989) *The experience of nature: a psychological perspective*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kaplan, S. (1992) 'Environmental preference in a knowledge-seeking, knowledge-using organism.' In: J. Barkow, L. Cosmides & J. Tooby (red.) (1992), pp. 581-600.

- Katz, D. (red.) (2000) 'Evolutionary origins of morality: cross-disciplinary perspectives.' In: *Journal of Consciousness Studies* 7 (Special Issue).
- Keeton, W.T. & J.L. Gould (1986) *Biological science*. (4th ed.) New York: W.W. Norton.
- Kettlewell, H. (1973) *The evolution of melanism*. Oxford: Oxford University Press.
- Kipling, R. (1902) *Just so stories*. (Edition 1994.) Londen: Penguin.
- Kitcher, P. (1983) *Abusing science: the case against creationism*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Kitcher, P. (1998) 'Who's afraid of the Human Genome Project?' In: D. Hull & M. Ruse (red.) (1998), pp. 522-535.
- Kitcher, P. (2003) 'Giving Darwin his due.' In: J. Hodge & G. Radick (red.) (2003), pp. 399-420.
- Kloos, P. (1988) *Door het oog van de antropoloog: botsende visies bij beronderzoek*. Muiderberg: Coutinho.
- Kohn, M. (1999) *As we know it: Coming to terms with an evolved mind*. Londen: Granta.
- Kohn, M. & S. Mithen (1999) 'Handaxes: products of sexual selection?' In: *Antiquity* 73, pp. 518-526.
- Kropotkin, (1902) *Mutual aid: a factor in evolution*. (Edition 1972.) Londen: Allen Lane.
- Kuhn, T.S. (1970) *The structure of scientific revolutions*. Chicago: The University of Chicago Press. Nederlandse vertaling (2003) *De structuur van wetenschappelijke revoluties*. Amsterdam: Boom.
- Kuhse, H. & P. Singer (1985) *Should the baby live? the problem of handicapped infants*. Oxford: Oxford University Press.
- Lakoff, G. (1987) *Women, fire, and dangerous things: what categories reveal about the mind*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Laland, K.N. & G.R. Brown (2002) *Sense and nonsense: evolutionary perspectives on human behaviour*. Oxford: Oxford University Press.
- Lamarck, J.B. de (1809) *Philosophie zoologique*. Parijs: Dentu. Engelse vertaling (1984) *Zoological philosophy*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Langlois, J., et al. (1987) 'Infant preferences for attractive faces: rudiments of a stereotype?' In: *Developmental Psychology* 23, pp. 363-369.
- Larson, E.J. (2001) *Evolution's workshop: God and science on the Galápagos islands*. Londen: Allen Lane.
- Laudan, L. (1996) *Beyond positivism and relativism*. Boulder: Westview Press.
- Lenneberg, E.H. (red.) (1967) *Biological foundations of language*. New York: Wiley.
- Leroi, A.M. (2004) *Mutants: on the form, varieties and errors of the human body*. New York: Harper Collins.
- Lewin, R. (1997) *Patterns in evolution: the new molecular view*. New York: Scientific American Library.
- Lewontin, R. (2000) *The triple helix: gene, organism and environment*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Lindbergh, D.C. (1992) *The beginnings of western science: the European scientific tradition in philosophical, religious, and institutional context, 600 B.C. to A.D. 1450*. Chicago: The University of Chicago Press. Nederlandse vertaling (1995) *Pioniers van de westerse wetenschap*. Amsterdam: Boom.
- Lorenz, K. (1941) 'Kants Lehre vom Apriorischen im Lichte gegenwärtige Biologie.' In: *Blätter für Deutsche Philosophie* 15, pp. 94-125. In het Engels vertaald als: 'Kant's doctrine of the a priori in the light of contemporary biology.' In: H. Plotkin (red.) (1982) *Learning, development, and culture: essays in evolutionary epistemology*, pp. 121-143.

- Lorenz, K. (1963) *Das sogenannte Böse*. Wien: Borotha-Schoeler. Nederlandse vertaling (1994) *Agressie bij mens en dier*. Baarn: Sesam.
- Lorenz, K. (1973) *Die Rückseite des spiegels: Versuch einer Naturgeschichte menschlichen Erkennens*. München: Piper Verlag. Engelse vertaling (1977) *Behind the mirror: a search for a natural history of human knowledge*. New York: Harcourt Brace Jovanovich.
- Lovejoy, A.O. (1936) *The great chain of being*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Lumsden, C. & E.O. Wilson (1981) *Genes, mind and culture: the co-evolutionary process*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Lumsden, C. & E.O. Wilson (1983) *Promethean fire*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Lütterfelds, W. (1987) (red.) *Transzendente oder evolutionäre Erkenntnistheorie?* Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Lynch, A. (1996) *Thought contagion: how belief spreads through society*. New York: Basic Books.
- Malthus, T. (1798) *An essay on the principle of population*. Londen: Murray.
- Margulis, L. (1981) *Symbiosis in cell evolution*. San Francisco: W.H. Freeman.
- Margulis, L. (1998) *The symbiotic planet: a new look at evolution*. Londen: Weidenfeld & Nicolson.
- Maynard Smith, J. (1982) *Evolution and the theory of games*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Maynard Smith, J. (1988) *Games, sex and evolution*. New York: Harvester Wheatsheaf.
- Maynard Smith, J. & E. Szathmáry (1997) *The major transitions in evolution*. Oxford: Oxford University Press.
- Mayr, E. (1942) *Systematics and the origin of species*. New York: Columbia University Press.
- Mayr, E. (1963) *Animal species and evolution*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Mayr, E. (1988) *Toward a new philosophy of biology: observations of an evolutionist*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Mayr, E. (1991) *One long argument: Charles Darwin and the genesis of modern evolutionary thought*. Londen: Allen Lane.
- Mayr, E. (2001) *What evolution is*. New York: Basic Books.
- Mayr, E. & W.B. Provine (red.) (1998) *The evolutionary synthesis: perspectives on the unification of biology*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Mckie, R. (2000) *Ape man: the story of human evolution*. Londen: BBC Worldwide Ltd.
- Mead, M. (1928) *Coming of age in Samoa*. New York: Morrow.
- Mead, M. (1935) *Sex and temperament in three primitive societies*. New York: Morrow.
- Meijsing, M. (1990) *Mens of machine? het lichaam-geest probleem in de cognitieve psychologie*. Amsterdam: Swets & Zeitlinger.
- Mellars, P. & C. Stringer (red.) (1989) *The human revolution: behavioural and biological perspectives on the origin of modern humans*. Edinburgh: Edinburgh University Press.
- Midgley, M. (2002) *Evolution as a religion*. Londen: Routledge.
- Miller, G.F. (2000) *The mating mind: how sexual choice shaped the evolution of human nature*. New York: Doubleday. Nederlandse vertaling (2001) *De parende geest: seksuele selectie en de evolutie van het bewustzijn*. Amsterdam: Contact.
- Mithen, S. (1996) *The prehistory of the mind: the cognitive origins of art and science*. Londen: Thames & Hudson.
- Mithen, S. (2005) *The singing Neanderthal: the origins of music, language, mind and body*. Londen: Weidenfeld.

- Møller, A. (1992) 'Female swallow preference for symmetrical male sexual ornaments.' In: *Nature* 357, pp. 238-240.
- Monod, J. (1971) *Chance & necessity: an essay on the natural philosophy of modern biology*. New York: Alfred A. Knopf.
- Morgan, E. (1994) *The scars of evolution: what our bodies tell us about human origins*. Oxford: Oxford University Press.
- Morgan, E. (1997) *The aquatic ape hypothesis*. Londen: Souvenir Press.
- Morris, D. (1967) *The naked ape*. New York: Dell. Nederlandse vertaling (1968) *De naakte aap*. Utrecht: Bruna.
- Munévar, G. (1998) *Evolution and the naked truth: a Darwinian approach to philosophy*. Aldershot: Ashgate.
- Munz, P. (1993) *Philosophical Darwinism: on the origin of knowledge by means of natural selection*. Londen: Routledge.
- Nagel, T. (1974) 'What is it like to be a bat?' In: *Philosophical Review* 83, pp. 435-450.
- Nagel, T. (1987) *What does it all mean?* Oxford: Oxford University Press.
- Nelissen, M. (2000) *De bril van Darwin: op zoek naar de wortels van ons gedrag*. Tiel: Lannoo.
- Nesse, R.M. & G.C. Williams (1994) *Why we get sick: the new science of Darwinian medicine*. New York: Vintage.
- Neumann, J. von & O. Morgenstern (1944) *Theory of games and economic behavior*. Princeton: Princeton University Press.
- Newton-Smith, W.H. (red.) (2000) *A companion to the philosophy of science*. Oxford: Blackwell.
- Nietzsche, F. (1872) *Die Geburt der Tragödie aus dem Geiste der Musik*. Ausgabe 1987. Frankfurt am Main: Insel Verlag.
- Nitecki, M.H. (red.) (1988) *Evolutionary progress*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Noordman, J. (1990) *Om de kwaliteit van het nageslacht: eugenetica in Nederland 1900-1950*. Nijmegen: SUN.
- Nowak, M. & K. Sigmund (1992) 'Tit-for-Tat in heterogeneous populations.' In: *Nature* 355, pp. 250-253.
- Nowak, M. & K. Sigmund (1993) 'A strategy of win-stay, lose-shift that outperforms Tit-for-Tat in the prisoner's dilemma game.' In: *Nature* 364, pp. 56-58.
- Nowak, M., R. May & K. Sigmund (1995) 'The arithmetics of mutual help.' In: *Scientific American* 272 (June 1995), pp. 50-55.
- O'Hear, A. (1997) *Beyond evolution: human nature and the limits of evolutionary explanation*. Oxford: Oxford University Press.
- Oldroyd, D.R. (1983) *Darwinian impacts: an introduction to the Darwinian revolution*. Milton Keynes: Open University Press.
- Olshansky, S.J., B.A. Carnes & R.N. Butler (2003) 'If humans were built to last.' In: *Scientific American* (Special Edition, August 2003), Vol. 13, Nr. 2, pp. 94-100.
- Orians, G. & J. Heerwagen (1992) 'Evolved responses to landscapes.' In: J. Barkow, L. Cosmides & J. Tooby (red.) (1992), pp. 555-580.
- Page, M. (red.) (2002) *Encyclopedia of evolution*. (2 vols.) Oxford: Oxford University Press.
- Paley, W. (1802) *Natural theology: or evidences of the existence and attributes of the deity, collected from the appearances of nature*. Londen: Faulder.
- Papineau, D. (1993) *Philosophical naturalism*. Oxford: Blackwell.
- Penton-Voak, I., et al. (1999) 'Menstrual cycle alters face preference.' In: *Nature* 399, pp. 741-742.

- Perret, D., *et al.* (1998) 'Effects of sexual dimorphism on facial attractiveness.' In: *Nature* 394, pp. 884-887.
- Pfungst, O. (1911) *Clever Hans (the horse of Mr. Von Osten): a contribution to experimental animal and human psychology*, New York: Henry Holt.
- Philipse, H. (1998) *Atheïstisch manifest*. Amsterdam: Prometheus.
- Pinker, S. (1994) *The language instinct: the new science of language and mind*. Londen: Penguin. Nederlandse vertaling (1995) *Het taalinstinct: het taalscheppende vermogen van de mens*. Amsterdam: Contact.
- Pinker, S. (2002) *The blank slate: the modern denial of human nature*. Londen: Allen Lane.
- Pinker, S. & P. Bloom (1990) 'Natural language and natural selection.' In: *Behavioral and Brain Sciences* 13, pp. 707-784.
- Plasterk, R. (1999) 'De menselijke geest: een kwestie van genen en memen?' In: *Natuur & Techniek* 10 (oktober 1999), pp. 89-93.
- Plato. *De staat*. Verzameld werk, Deel 2. Utrecht/Antwerpen: Het Spectrum, 1962.
- Plotkin, H.C. (1994) *Darwin machines and the nature of knowledge*. Londen: Allen Lane.
- Plotkin, H.C. (1998) *Evolution in mind: an introduction to evolutionary psychology*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Plotkin, H.C. (red.) (1982) *Learning, development, and culture: essays in evolutionary epistemology*. New York: Wiley.
- Popper, K.R. (1963) *Conjectures and refutations: the growth of scientific knowledge*. Londen: Routledge.
- Popper, K.R. (1972) *Objective knowledge: an evolutionary approach*. Oxford: Oxford University Press.
- Popper, K.R. (1994) *Alles Leben ist Problemlösen: Über Erkenntnis, Geschichte und Politik*. München: Piper Verlag.
- Quine, W.V.O. (1969) 'Epistemology naturalized.' In: *Ontological relativity and other essays*, pp. 69-90. New York: Columbia University Press.
- Quine, W.V.O. (1975) 'The nature of natural knowledge.' In: S. Guttenplan (red.) (1975) *Mind and language*, pp. 67-81. Oxford: Clarendon.
- Radcliffe Richards, J. (2000) *Human nature after Darwin: a philosophical introduction*. Londen: Routledge.
- Radnitzky, G. & W.W. Bartley (red.) (1987) *Evolutionary epistemology, rationality, and the sociology of knowledge*. La Salle: Open Court.
- Rapoport, A. (1960) *Fights, games, and debates*. An Arbor: University of Michigan Press.
- Raup, D.M. (1991) *Extinction: bad genes or bad luck?* New York: W.W. Norton.
- Rescher, N. (1990) *A useful inheritance: evolutionary aspects of the theory of knowledge*. Savage, Maryland: Rowman & Littlefield.
- Rescher, N. (red.) (1990) *Evolution, cognition, and realism*. Lanham: University Press of America.
- Richards, R.J. (1992) *The meaning of evolution: the morphological construction and ideological reconstruction of Darwin's theory*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Richards, R.J. (2003) 'Darwin on mind, morals and emotions.' In: J. Hodge & G. Radick (red.) (2003), pp. 92-115.
- Ridley, Mark (1993) *Evolution*. Boston: Blackwell.
- Ridley, Matt (1993) *The red queen: sex and the evolution of human nature*. New York: MacMillan.
- Ridley, Matt (1996) *The origins of virtue*. New York: Viking. Nederlandse vertaling (1997) *De oorsprong van de moraal*. Amsterdam: Contact.

- Ridley, Matt (2003) *Nature via nurture: genes, experience and what makes us human*. Londen: Fourth Estate. Nederlandse vertaling (2004) *Wat ons mens maakt: aanleg en opvoeding*. Amsterdam: Contact.
- Rikowski, A. & K. Grammer (1999) 'Human body odour, symmetry and attractiveness.' In: *Proceedings of the Royal Society*, B 266, pp. 869-874.
- Rose, H. & R. Rose (red.) (2000) *Alas, poor Darwin: arguments against evolutionary psychology*. Londen: Jonathan Cape.
- Ruse, M. (1986) *Taking Darwin seriously: a naturalistic approach to philosophy*. Oxford: Blackwell.
- Ruse, M. (1989) *The Darwinian paradigm: essays on its history, philosophy and religious implications*. Londen: Routledge.
- Ruse, M. (1995) *Evolutionary naturalism*. Londen: Routledge.
- Ruse, M. (1996) *Monad to man: the concept of progress in evolutionary biology*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Ruse, M. (1999) *Mystery of mysteries: is evolution a social construction?* Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Ruse, M. (2001) *Can a Darwinian be a Christian?* Cambridge: Cambridge University Press.
- Ruse, M. (2003) *Darwin and design: does evolution have a purpose?* Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Ruse, M. (2003) 'Is evolution secular religion?' In: *Science* 299, pp. 1523-1524.
- Sandars, N.K. (1985) *Prehistoric art in Europe*. New York: Viking
- Savage-Rumbaugh, S. & R. Lewin (1994) *Kanzi: the ape at the brink of the human mind*. New York: Wiley.
- Schilthuizen, M. (2001) *Frogs, flies & dandelions: speciation – the evolution of new species*. Oxford: Oxford University Press. Nederlandse vertaling (2002) *Het mysterie der mysteriën: over evolutie en soortvorming*. Amsterdam: Nieuwezijds.
- Schouten, M. (red.) (2001) Themanummer 'Vijftig jaar philosophy of mind'. *Wijsgerig Perspectief* 41.
- Searle, J. (1980) 'Minds, brains and programs.' In: *Behavioral and Brain Sciences* 3, pp. 417-457.
- Searle, J. (1992) *The rediscovery of the mind*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Shepherd, A. (1987) *Aesthetics: an introduction to the philosophy of art*. Oxford: Oxford University Press. Nederlandse vertaling (1989) *Filosofie van de kunst*. Utrecht: Het Spectrum.
- Shermer, M. (2000) 'ID works in mysterious ways.' In: *Skeptic* 8, pp. 23-24.
- Shipman, P. (2001) *The man who found the missing link: Eugène Dubois and his lifelong quest to prove Darwin right*. New York: Simon & Schuster.
- Sigmund, K. (1993) *Games of life: explorations in ecology, evolution, and behaviour*. Oxford: Oxford University Press.
- Singer, P. (1995) *Rethinking life and death: the collapse of our traditional ethics*. Oxford: Oxford University Press.
- Singer, P. (2001) *Darwin voor links: politiek, evolutie en samenwerking*. Amsterdam: Boom.
- Singh, D. (1993) 'Adaptive significance of female physical attractiveness: role of waist-to-hip ratio.' In: *Journal of Personality and Social Psychology* 65, pp. 293-307.
- Skyrms, B. (1996) *Evolution of the social contract*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Sloterdijk, P. (1999) *Regeln für den Menschenpark*. Frankfurt: Suhrkamp. Nederlandse vertaling (2000) *Regels voor het mensenpark: kroniek van een debat*. Amsterdam: Boom.

- Slurink, P. (1995) 'Wees eerlijk, wees aap.' In: *Filosofie Magazine* 4 (november 1995), pp. 13-15.
- Slurink, P. (2002) *Why some apes became humans*. Dissertatie Radboud Universiteit Nijmegen.
- Sober, E. (1994) *From a biological point of view: essays in evolutionary philosophy*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Sober, E. (2003) 'Metaphysical and epistemological issues in modern Darwinian theory.' In: J. Hodge & G. Radick (red.) (2003), pp. 267-287.
- Sober, E. (red.) (1994) *Conceptual issues in evolutionary biology*. Cambridge, Mass.: The MIT Press.
- Speel, H.C. (1996) 'Memetics: on a conceptual framework for cultural evolution.' Paper gepresenteerd tijdens het symposium 'Einstein meets Margritte', juni 1996, Vrije Universiteit Brussel.
- Spencer, H. (1855) *Principles of psychology*. Londen: Longman.
- Spencer, H. (1857) 'Progress: Its Law and Cause.' In: *Westminster Review* 67, pp. 244-267.
- Sperber, D. (1996) *Explaining culture: a naturalistic approach*. Oxford: Blackwell.
- Stearns, S. (red.) (1999) *Evolution in health and disease*. Oxford: Oxford University Press.
- Sterelny, K. (2003) 'Darwinian concepts in the philosophy of mind.' In: J. Hodge & G. Radick (red.) (2003), pp. 288-309.
- Sterelny, K. & P. Griffiths (1999) *Sex and death: an introduction to philosophy of biology*. Chicago: University of Chicago Press.
- Strickberger, M.W. (1996) *Evolution*. Boston: Jones & Bartlett Publ.
- Stringer, C. & R. McKie (1998) *African exodus: the origins of modern humanity*. Londen: Henry Holt.
- Symons, D. (1995) 'Beauty is in the adaptations of the beholder: the evolutionary psychology of human female sexual attractiveness.' In: P. Abramson & S. Pinker (red.) (1995), pp. 80-118.
- Tattersall, I. (1995) *The fossil trail: how we know what we think we know about human evolution*. Oxford: Oxford University Press.
- Thornhill, R. (1998) 'Darwinian aesthetics.' In: C. Crawford & D. Krebs (red.) (1998), pp. 543-572.
- Thornhill, R. & S. Gangestad (1993) 'Human facial beauty: averageness, symmetry and parasite resistance.' In: *Human Nature* 4, pp. 237-269.
- Thornhill, R. & S. Gangestad (2004) 'The evolution of human attractiveness and attraction.' In: A. Moya & E. Font (red.) (2004) *Evolution: from molecules to ecosystems*, pp. 247-259. Oxford: Oxford University Press.
- Trigg, R. (1985) *Understanding social science*. Oxford: Blackwell.
- Trivers, R. (1971) 'The evolution of reciprocal altruism.' In: *Quarterly Review of Biology* 46, pp. 35-57.
- Trivers, R. (1972) 'Parental investment and sexual selection.' In: B. Campbell (red.) (1972) *Sexual selection and the descent of man 1871-1971*. Chicago: Aldine.
- Trivers, R. (1985) *Social evolution*. Menlo Park: Benjamin Cummings.
- Tudge, C. (2000) *The variety of life: a survey and a celebration of all the creatures that have ever lived*. Oxford: Oxford University Press.
- Turing, A. (1950) 'Computing machinery and intelligence.' In: *Mind* 59, pp. 433-460. Herdrukt in: A.R. Anderson (red.) (1964) *Minds and machines*, pp. 1-30. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- Ulrich, R. (1986) 'Human response to vegetation and landscapes.' In: *Landscape and Urban Planning* 13, pp. 29-44.

- Valen, L. van (1973) 'A new evolutionary law.' In: *Evolutionary Theory* 1, pp. 1-30.
- Vandermassen, G. (2005) *Darwin voor dames: over feminisme en evolutietheorie*. Amsterdam: Nieuwezijds.
- Veelen, M. van (2004) *Survival of the fair: modelling the evolution of altruism, fairness and morality*. Proefschrift Vrije Universiteit Amsterdam. Tinbergen Institute Research Series, no. 333.
- Vermeij, G. (1987) *Evolution and escalation: an ecological history of life*. Princeton: Princeton University Press.
- Vermij, R. (2006) *Kleine geschiedenis van de wetenschap*. Amsterdam: Nieuwezijds.
- Voland, E. & Grammer, K. (red.) (2003) *Evolutionary aesthetics*. Heidelberg: Springer.
- Vollmer, G. (1975) *Evolutionäre Erkenntnistheorie*. Stuttgart: Hirzel.
- Vorstenbosch, J. (1999) 'Ethiek en evolutie.' In: *Natuur & Techniek* 67, pp. 37-43.
- Vroon, P. (1989) *Tranen van de krokodil: over de te snelle evolutie van onze hersenen*. Baarn: Ambo.
- Waal, F. de (1988) *Peacemaking among primates*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press. Nederlandse vertaling (1988) *Verzoening: vrede stichten onder apen en mensen*. Utrecht: Het Spectrum.
- Waal, F. de (1996) *Good natured: the origins of right and wrong in humans and other animals*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press. Nederlandse vertaling (1996) *Van nature goed*. Amsterdam: Contact.
- Waal, F. de (2001) *The ape and the sushi master*. New York: Basic Books. Nederlandse vertaling (2001) *De aap en de sushimeester*. Amsterdam: Contact.
- Waal, F. de (2003) *My family album*. Berkeley: University of California Press. Nederlandse vertaling (2004) *Mijn familiealbum*. Amsterdam: Contact.
- Waal, F. de (2005) 'Hoe dieren zaken doen.' In: *Scientific American* 2 (Nederlandstalige editie), mei-juni 2005, pp. 16-23.
- Waal, F. de (2005) *Our inner ape: the best and worst of human nature*. Londen: Granta. Nederlandse vertaling (2006) *De aap in ons: waarom we zijn wie we zijn*. Amsterdam: Contact.
- Waal, F. de (red.) (2001) *Tree of origin: what primate behavior can tell us about human social evolution*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Waal, F. de & M. Berger (2000) 'Payment for labour in monkeys.' In: *Nature* 404 (april 2000), p. 563.
- Walker, A. & P. Shipman (1996) *The wisdom of bones: in search of human origins*. Londen: Weidenfeld & Nicolson. Nederlandse vertaling (1998) *Op zoek naar de missing link: over de speurtocht naar de oorsprong van de mens*. Utrecht: Het Spectrum.
- Ward, P. (1994) *The end of evolution: on mass extinctions and the preservation of biodiversity*. New York: Bantam Books.
- Wedekind, C., et al. (1995) 'MHC-dependent mate preferences in humans.' In: *Proceedings of the Royal Society*, B 260, pp. 245-249.
- Weiner, J. (1994) *The beak of the finch: a story of evolution in our time*. New York: Random House. Nederlandse vertaling (1994) *De snavel van de vink: evolutie op beterschap*. Amsterdam: Contact.
- Wesson, R. (1991) *Beyond natural selection*. Cambridge, Mass.: The MIT Press.
- Wilkinson, G.S. (1984) 'Reciprocal food-sharing in the vampire bat.' In: *Nature* 308, pp. 181-184.
- Williams, G.C. (1966) *Adaptation and natural selection*. (Edition 1996.) Princeton: Princeton University Press.
- Williams, G.C. (1996) *Plan and purpose in nature*. Londen: Phoenix. Nederlandse vertaling (1997) *De natuur als ontwerper*. Amsterdam: Contact.
- William Schopf, J. (1992) *Major events in the history of life*. Londen: Jones & Bartlett Publ.

- Wills, C. (1993) *The runaway brain: the evolution of human uniqueness*. New York: Basic Books.
- Wilson, D.S. (2002) *Darwin's cathedral: evolution, religion, and the nature of society*. Chicago: University of Chicago Press.
- Wilson, E.O. (1975) *Sociobiology: the new synthesis*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press. (In 2000 verscheen bij dezelfde uitgever een jubileumuitgave van de oorspronkelijke editie met een nieuw voorwoord van de auteur.)
- Wilson, E.O. (1978) *On human nature*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Wilson, E.O. (1984) *Biophilia*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Wilson, E.O. (1992) *The diversity of life*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Wilson, E.O. (1994) *Naturalist*. Londen: Allen Lane.
- Wilson, E.O. (1998) *Consilience: the unity of knowledge*. New York: A.A. Knopf.
- Wilson, E.O. (2002) *The future of life*. New York: Time Warner. Nederlandse vertaling (2002) *De toekomst van het leven*. Amsterdam: Byblos.
- Wilson, E.O. & B. Hölldobler (1990) *The ants*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Wrangham, R.W. & D. Peterson (1996) *Demonic males: apes and the evolution of human aggression*. Boston: Houghton Mifflin. Nederlandse vertaling (1998) *Agressieve mannetjes: over mensapen en de oorsprong van geweld bij de mens*. Amsterdam: Nieuwezijds.
- Wright, R. (1994) *The moral animal*. New York: Pantheon. Nederlandse vertaling (1994) *Het morele dier*. Amsterdam: Wereldbibliotheek.
- Wright, R. (2000) *Non-zero: the logic of human destiny*. New York: Pantheon.
- Wuketits, F. (1990) *Evolutionary epistemology*. New York: SUNY Press.
- Zimmer, C. (2000) *Parasite rex: inside the bizarre world of nature's most dangerous creatures*. New York: Free Press.
- Zimmer, C. (2001) *Evolution: the triumph of an idea*. New York: Harper Collins. Nederlandse vertaling (2003) *Evolutie: triomf van een idee*. Utrecht: Het Spectrum.

Illustratieverantwoording

De uitgever heeft de rechthebbenden van de illustraties voor zover bekend gezocht om toestemming tot publicatie. Wie meent rechten te kunnen doen gelden op afbeeldingen uit dit boek wordt verzocht contact op te nemen met Uitgeverij Nieuwezijds.

- 1.1 Uit: *The zoology of the voyage of H.M.S. Beagle during the years 1832-1836*, edited by Charles Darwin, Londen: Smith Elder, 1839-1843, Vol. 2, Part 3, *Birds*, door John Gould.
- 1.2 Uit: *The Hornet*, maart 1871.
- 2.1 Uit: T. Goldschmidt (1994) *Darwins hofvijver: een drama in het Victoriameer*. Amsterdam: Prometheus, p. 55.
- 2.2 Oorspronkelijke afbeelding van J.G. Millais uit 1897. Ook opgenomen in: S.J. Gould (1977) *Ever since Darwin*, p. 81. Londen: Penguin.
- 3.1 Uit: R. Dawkins (1996) *Climbing mount improbable*, Londen: Viking, p. 84 (overgenomen met toestemming van de *Hamilton Spectator*).
- 4.2 Uit: C. Zimmer, *Waar komen we vandaan?* Antwerpen: Standaard Uitgeverij, p. 48. Copyright Pascal Goetgheluck / Photo Researchers, Inc.
- 4.3 Uit: R. Caird, *Aapmens*. Antwerpen: Standaard Uitgeverij, p. 33. Copyright John Reader / Science Photo Library.
- 4.4 Uit: R. McKie, *Ape man*. Londen: BBC Worldwide Ltd. 2000. Copyright John Reader / Science Photo Library.
- 4.5 Foto: John C. Lewis. Copyright The Paul Getty Trust 1996.
- 4.6 Wikipedia Commons, foto: Locutus Borg.
- 4.7 Dinosoria.com, copyright Terra Nova.
- 4.8 Uit: R. Caird, *Aapmens*. Standaard Uitgeverij, p. 33. Copyright John Reader / Science Photo Library.
- 4.9 Musée de l'Homme, Parijs. Wikipedia Commons, foto: 120.
- 4.10 Uit: I. Tattersall (1995) *The fossil trail*, p. 234. Oxford: Oxford University Press.
- 6.1 Uit: Darwin *Het uitdrukken van emoties*, p. 392. Amsterdam: Nieuwezijds (overgenomen met toestemming van Paul Ekman).
- 6.2 Naar: D. Freeman (1983), *Margaret Mead and Samoa*, Cambridge, Mass.: Harvard University Press, p. 116.
- 7.1 Uit: J. Aitchison (1997) *De sprekende aap*, Utrecht: Het Spectrum, p. 91. Oorspronkelijk in: *The seeds of speech* (1996). Cambridge: Cambridge University Press.
- 9.1 Uit: Frans de Waal (red.) (2002) *Tree of origin*, Cambridge, Mass.: Harvard UP, p. 237 (foto: A.C. Hannah).

- 11.3 Uit: George C. Williams (1997) *De natuur als ontwerper*, Amsterdam: Contact, p. 18. Oorspronkelijk in: *Plan & purpose in nature* (1996) Londen: Phoenix, p. 14.
- 13.1 Uit: R. McKie (2000) *Ape man*, p. 198. Londen: BBC Worldwide. Collectie Natuurhistorisch Museum Wenen.
- 13.2 Uit: N.K. Sandars (1985) *Prehistoric art in Europe*, p. 102. Londen: Penguin.
- 13.3 Computerbeeld: Martin Gruendl, Regensburg.
- 14.1 Uit: M. Ruse (1986) *Taking Darwin seriously*, p. 117 en p. 118. Oxford: Blackwell.
- 15.1 Naar: Herrnstein & Murray (1994) *The bell curve*, p. 121. New York: The Free Press.
- 16.1 Uit: Michael Ruse (1996) *Monad to man*, p. 22. Harvard University Press
- 16.2 Uit: Idem p. 180.
- 16.3 Naar: Raven, P. en G. Johnson. (1991) *Understanding biology*, St Louis: Mosby-Year Book.
- 16.4 Uit: S.J. Gould (1989) *Wonderful life: the Burgess Shale and the nature of history*, p. 46. New York: W.W. Norton (overgenomen met toestemming van W.W. Norton & Company, Inc.).
- 16.5 Uit: Idem, p. 154.

Index

- Aapmens 273
Abiotische competitie 406
Abortus 400
Acheuléen-cultuur 97
Adaptatie 252-254, 261, 362, 364,
366-369
Adaptationistische drogreden
(*adaptationist fallacy*) 254, 255
Adaptationistisch programma 255
Adaptieve radiatie 21, 73, 86
Aërodynamica 252
Aggasiz, Louis 142, 144
Agressie 118, 162
Aiello, Leslie 110
Aitchison, Jean 174, 175, 179, 183
The seeds of speech 174
Alarmroep 123
Alexandrië, bibliotheek van 430
Allen, de regel van 70
Allopatrische soortvorming 71, 72, 74
Altamira 182
Altruïsme 121-129, 139
Altruïsme, wederkerig 127-129
Ambelodon 178
American Museum of Natural
History 155
American Sign Language (ASL) 176
Amoebe 260
Analoge eigenschappen 25
Animalia 67
Anticonceptiemiddelen 225
Anticonceptiepil 346, 370
Antilichamen 258
Antropisch principe 290
Antropocentrisme 252
Antropologie 139, 148, 149, 154, 155,
158, 160, 161
Antropomorfisme 146, 212, 214
Apollinisch 334
Archaeopteryx 26
Archeabacteria 67
Argument from design 256, 275, 280,
289. Zie: Ontwerpargument
Aristoteles 9-13, 14, 66, 78, 243, 290,
409
als 'heiden' 12
als bioloog 11
concept van biologische 'functie' 11
De generatione 407
doeloorzaak 10, 14
eerste Beweging 10, 11
essentie 11
hiërarchische ordening 10
kwintessentie 10
natuurlijke orde 66
Onbewogen Beweging 10, 290
vier elementen 10
Armstrong, D.M. 194
Aseksuele voortplanting 76
Astrofysica 251
Astrologie 261
Atheïsme 284. Zie: Religie
Augustinus 11
Aurignacien-cultuur 103
Australoïden 69, 384
Australopithecini 179
Australopithecus (geslacht) 86, 87
Australopithecus aethiopicus 86, 89
Australopithecus afarensis 86, 89-94
Australopithecus africanus 86, 87, 93, 112
Australopithecus anamensis 92, 94
Australopithecus boisei 86, 88, 89, 112
Australopithecus robustus 86, 87, 112
Autonomie van de sociale
wetenschappen 115
Axelrod, Robert 309, 310, 312, 313, 315

- Bach, Johann Sebastian 228, 259, 286,
349
Höhe Messe 286
- Bacteriën 358-361, 373, 421, 424
- Barnacles*. Zie: Zeepokken
- Basketball 386
- Beach Boys 259
- Beagle*. Zie: Darwin, Charles
- Beatles 89
- Beauvoir, Simone de 153
- Beethoven, Ludwig van 237, 332
Pianosonate, opus 111 332
- Behaviorisme 146, 154, 162, 166, 167,
192, 193, 194, 214
- Behe, Michael 274, 275
Darwin's black box 274
- Bergmann, de regel van 70
- Bewustzijn 188, 190, 191, 196, 206, 217,
218, 221, 229
autobiografisch bewustzijn 209-211
bewustzijn als boogvulling 189
bewustzijn als epifenomeen 189, 208
bewustzijn bij dieren 206
bewustzijn in evolutionair
perspectief 206
biologische functie van
bewustzijn 189
blindsight 207
cartesiaans dualisme 190-192, 194,
201
Chinese-kamerexperiment 197
cognitivism 194
computermodel van de geest 194, 196
derde-persoonsperspectief 201, 203
dieren als gevoelloze machines 206,
208
dierlijk bewustzijn 188, 212, 214
dubbel-aspecttheorie 201
eerste-persoonsperspectief 201, 203,
205
elimiatief materialisme 203
evolutie van bewustzijn 209
functie van bewustzijn 206, 207
functionalisme 192, 195, 196
fysicalisme 192, 194, 200, 201
fysische houding 199
geest als informatieverwerkend
systeem 194
geest als neurale netwerk 205
geest en materie 190
geheugen 192
gelaagd bewustzijn 208, 211
identiteit 188
identiteitstheorie 194, 195
innerlijkheid 201
interactie-probleem 191
introspectie 192-194
kernbewustzijn 210
kloof tussen bewustzijn en
hersenen 201
kunstmatige intelligentie 196
kwalitatief beoordelen van
zintuigelijke prikkels 212
lichaam-geestprobleem 188, 190,
204, 205, 211
materialisme 192, 194
meervoudige realiseerbaarheid 195
menselijk bewustzijn 188
mentale houding 199
mentalistisch paradigma 204
monisme 192, 194
neurowetenschappen 202, 204, 206
ontwerphouding 199
psychofarmaca 192
qualia 188
reductionisme 203
representatie-probleem 191
taal en bewustzijn 192
verschillen tussen menselijk en
dierlijk bewustzijn 188
volkpsychologie 202-206
zelfbewustzijn 187, 209, 211
zombies 206-208
- Bickerton, Derek 180
- BiDil 385
- Big bang* 290
- Bio-industrie 146
- Biodiversiteit 136, 428
- Biofilie 429
- Biogenetische wet 24
- Biologisch determinisme 115, 130, 154,
158, 390, 398
- Biologische-soortenconcept (bsc) 37,
68-78
problemen met 76
- Biologische evolutie 42
elementen: variatie, selectie,
reproductie 42
- Biologische soort 69
- Biometrici 35
- Biosfeer 430
- Biotische competitie 406
- Bipedie 90, 92, 108, 109, 111, 179
bescherming tegen zonlicht 108
beter zicht op de omgeving 108
gebruik van handen 109
- Blackmore, Susan 220, 227, 230, 235,
239, 240, 294

- Blinde vlek 282
 Bloedstolling 274, 280
 Blozende aap 319
 Boas, Franz 149, 150, 154, 158, 161
 Boise, Charles 89
 Bonobo 78, 93, 176, 214, 299, 321
 Boogvulling 169, 170
 Boomwallabie 427
 Borges, Jorge Luis 65
Bottom up-verklaring 432
 Bovenmaanse 9, 13, 14
 Bowler, Peter
 Evolution, The history of an idea 392
 Brandt Corstius, Hugo 115
 British Museum 268
 Broca, Paul 172
 Brodie, Richard 220
 Bruno, Giordano 14
 Buideldieren 26, 426, 427
 Buidelwolf 66, 427
 Buikhuisen, Wouter 53, 115, 160
Burgess Shale 422, 423, 428
 Bush, George W. 391
 Buss, David 338

 Calvin, William 257
 Cambrische explosie 277, 415, 422,
 425, 433
 Cambrium 422
 Carnegie, Andrew 378
 Carroll, Lewis 417
 Through the looking glass 417
 Cartier 323
 Catastrofisme 22, 278
 Causaliteit 249, 251
 Celibaat 226
 Centrale dogma van de moleculaire
 biologie 34
 Chambers, Robert 404, 405, 410
 contrast met Darwin 405
 lineaire evolutie 405
 overeenkomst met Darwin 405
 over vooruitgang 404
 *Vestiges of the natural history of
 creation* 403, 404
 Chartres, kathedraal van 286
 Chauvet 336
 Cheeta 417, 418
 Cheney, Dorothy 175
 Cheyenne-indianen 65
 Chimpanse 78, 89, 94, 111, 176, 181,
 214, 224, 299, 321
 Chloroplast 424
 Chomsky, Noam 165-168, 171, 176, 178

 Churchland, Paul 202-206, 211
 Cichliden 72-75, 279
 Classificatie 65
 Cleese, John 199
Clever Hans Effect 214
 Co-evolutie 117, 132
Cogito ergo sum 190, 243
 Columbine High School 227
 Complexe sociale banden 110
 Complottheorieën 218
 Computermodel van de geest 195
 Conditionering 166, 193, 213, 316
 Convergente evolutie 25, 281, 426
 Conway Morris, Simon 428
 Life's solution 428
 Cope, Edward D. 414
 Cope, Regel van 414, 421
 Copernicus, Nicolaas 1, 9, 12, 13, 285,
 434
 copernicaanse revolutie 3, 12
 copernicaans wereldbeeld 13
Copycats 227
 Corballis, Michael 180
 Cosmides, Leda 131
 Creationisme. *Zie:* Religie
 Crick, Francis 39, 205, 240
 Criminaliteit 115
 Cro-Magnonmens 103, 182, 420
 Cultureel determinisme 53, 133, 146,
 148, 149, 154, 158, 161, 398
 Cultureel relativisme 149
 Culturele antropologie 147
 Culturele *big bang* 103, 133
 Culturele evolutie 113, 132, 219-225,
 229, 233-237, 259, 381
 Cultuur 132, 133, 164, 165, 179, 187,
 208, 217, 219-225, 239, 241, 259,
 348, 425. *Zie ook:* Memen
 als determinant van gedrag 158
 culturele evolutie en erfelijkheid 236
 cultuur als biologisch fenomeen 223
 cultuur als modegril 231
 cultuur bij mensapen 225
 cultuur en herkenbare
 replicatielijnen 236
 cultuur en horizontale
 transmissie 235
 cultuur en lamarckiaanse
 evolutie 233, 234
 cultuur en sociobiologie 222, 223
 dierlijke cultuur 224
 gerichtheid van culturele evolutie 235
 niet-genetisch medium 217
 werktuiggebruik bij mensapen 224

- Cumulatief zeefproces 63
 Cumulatieve selectie 220, 234, 235,
 253, 258, 264, 266, 281, 282, 290,
 316, 418
 Cuvier, George 22
- Damasio, Antonio 209-211
 Dart, Raymond 87, 95
 Darwin, Anne Elizabeth (Annie) 29,
 268-270
 Darwin, Charles 78, 81, 82, 206, 246,
 285, 328, 375, 377, 381, 382, 391,
 393, 394, 403, 405, 406, 408, 416,
 431, 432, 434
De afstamming van de mens 32, 48,
 141, 144, 323, 326, 383, 393, 433
 Down House 29, 267, 269
 geheim onderzoek 28, 30
 geloof 29
 gezamenlijke publicatie met
 Wallace 30
 gezondheidstoestand 29
Het uitdrukken van emoties 141, 433
 interesse in de variatie onder
 gedomesticeerde dieren en
 gecultiveerde planten 27
Journal of researches 29
 kapelaan van de duivel 269
 medicijnenstudie in Edinburgh 16,
 19, 373
 ontdekking van het principe van
 natuurlijke selectie 28
Ontstaan van soorten 30, 32, 38, 64,
 122, 141, 145, 171, 250, 289, 375,
 377, 378, 383, 393, 406, 407, 431,
 433
 over de gemeenschappelijke
 oorsprong van de mens 144
 over de menselijke natuur 145
 over de oorsprong van taal 164
 over emoties 141, 142
 over gradualisme 79, 81
 over mensenrassen 383
 over schoonheid 326, 334
 over verslikken 172
 over vrouwen 144, 383
 over 'wilde' volken 144, 393
 reis met de *Beagle* 18-23, 25, 27, 29,
 30, 433
 superioriteit van de blanke
 Europeaan 149
 theologiëstudie in Cambridge 16, 18,
 22, 269, 373
 watertherapie 268
- Darwin, Emma 267, 269, 289
 Darwin, Erasmus 16
Zoonomia 16
 Darwin-machine 257, 258, 358
 Darwiniaans algoritme 220, 221, 233,
 236, 252-258, 261, 262, 280, 281, 359
 Darwiniaanse paradigma. Zie:
 Evolutionair paradigma
 Darwiniaanse revolutie 431-434
 Darwinisten 35
 Darwins bulldog 32
 Dateringstechnieken 84
 Dawkins, Richard 120, 217-219, 225-
 232, 240, 255, 270, 283-286, 294,
 313, 315, 354, 416, 419, 431
The extended phenotype 217
The selfish gene 120, 431
Unweaving the rainbow 294
- Deep Blue 196, 198
 Dekker, Cees 271
 Dekkers, Midas 111
 Dennell, Robin 105
 Dennett, Daniel 1, 3, 198, 199, 218-
 220, 227, 228, 233, 239, 297, 426, 432
Universal acid 3
 Descartes, René 190-192, 195, 206,
 208, 212, 242
- Determinisme
 biologisch determinisme 5
 cultureel determinisme 5, 53
 genetisch determinisme 53
- Dieren als gevoelloze machines 191
 Dierlijk bewustzijn 188, 212, 214
 Dierpsychologie 212
 Dilemma van de gevangene 303, 305,
 312
- Dilthey, Wilhelm 350
 Dinosauriërs 85, 415, 421, 427
 Dionysisch 334
 DNA-vergelijking 66
 Dobzhansky, Theodosius 37
Genetics and the origin of species 37
 Doelgerichtheid van wetenschap 262,
 263
- Down House 29, 30
 Downsyndroom 399
 Dubbele helix 205
 Dubois, Eugène 87, 97
 Dunbar, Robin 110, 183, 184
 Durkheim, Émile 294
- Ebu gogo* 99
 Edele wilde 300
 Eik 67

- Einstein, Albert 1, 260
 Ekman, Paul 141, 161
 Eldredge, Niles 81, 82
 Embryologie 24, 268
 Emoties 129, 131, 139, 140, 147, 161, 162, 165, 204, 208, 366
 Empirisme 167, 243, 247, 248
 Enard, Wolfgang 181
 Endosymbiose 424
 Epigenetische regels 134, 137, 139
 Epistemologie 242, 245. *Zie: Kennis*
Escherichia coli 278, 421
 Essentialisme 28
 Essentiële kenmerken 64, 68
 Esthetica 323
 aangeboren preferenties 325, 335, 340, 341, 342, 346-350
 absolute schoonheid 333, 347
 betekenis van kunst 349
 biologische functie 334
 Darwin over schoonheid 326, 334, 338
 design 323
 esthetisch oordeel 329-335
 esthetisch realisme 331-333
 evolutionaire esthetica 325, 347-349
 functie van schoonheid 339, 341, 350
 gulden snede 331
 Homo aestheticus 324
 invloed van cultuur 324, 348, 349
 Kant over schoonheid 329-331, 334
 kloof tussen mens en dier 326, 334
 kunstkritiek 332, 335
 lichaamsgeur 345-347
 mannelijke preferentie 341, 344, 345, 348
 Nietzsche over schoonheid 334
 objectiviteit van schoonheid 325, 331, 347
 oorsprong van de
 schoonheidservaring 335, 338
 oorsprong van kunst 334
 partnerkeuze 341, 346, 347
 persoonlijke smaak 326, 332
 Plato over schoonheid 333
 prehistorische kunst 335, 336
 relativisme 325, 331
 schone kunsten 323, 349
 schoonheid als adaptatie 338
 schoonheid als *affordance* 348
 schoonheid als fitnessindicator 328, 329, 337, 341, 344
 schoonheid als relationele eigenschap 331, 348
 schoonheid en emotie 330
 schoonheidszin bij dieren 324, 326, 328, 334
 subjectiviteit van schoonheid 331, 347
 symmetrie 341-344
 taille-heupverhouding 344, 345, 349
 universaliteit van schoonheid 330, 349
 Verstehen 350
 vrouwelijke preferentie 343
 Ethiek. *Zie: Moraal*
 Ethologie 214
 Etnocentrisme 149
 Eubacteria 67
 Euclides
 Elementen 237
 Eugenetica 4, 6, 145, 146, 149, 375, 391-395, 398-400
 antropogenetica 401
 bio-ethiek 401
 biotechnologie 400, 401
 degeneratie 394
 Eugenics Review 394
 gemengde huwelijken 392
 genenpaspoort 400
 genetische manipulatie 5, 400
 genocide 395
 gezinsplanning 396
 grondbeginselen bij Darwin 393
 huwelijksverbod 396
 in Nederland 395, 397
 kinderwens bij zwakzinnigen 400
 klonen 400
 negatieve eugenetica 392
 positieve eugenetica 392
 prenatale diagnostiek 399
 prenatale selectie 401
 racisme 392, 394, 395
 rashygiëne 395
 rassenscheiding 392
 reageerbuisembryo's 400
 recht op voortplanting 400
 screening op sekse 400
 selectieve voortplanting 391, 397
 sociaal-biologische keuring 397
 sterilisatie 392, 394-396, 400
 Übermensch 401
 veredeling 376, 391, 393
 Eukaryoten 410, 415, 420, 424
 Evans, Dylan 286
 Evolutie
 als domme knutselaar 279, 282
 als kennisverwervend proces 252, 264

- biogeografie als bewijsstuk 26
- convergente evolutie 252
- drijvende kracht achter het evolutieproces 27
- embryologie als bewijsstuk 23, 405
- escalatie 416, 418
- esthetica 323
- toeval 280, 281
- gaten in de evolutietheorie 295
- geologie als bewijsstuk 22
- gradualisme 82, 206
- graduele evolutie 178
- kennistheoretische implicaties 242, 247, 248
- lamarckiaanse evolutie 257
- natuurlijk en wetmatig proces 9
- oorsprong van coöperatie 301
- paleontologie als bewijsstuk 25
- parallel tussen biologische en wetenschappelijke evolutie 264
- rudimentaire organen als bewijsstuk 25
- tempo van evolutie (*Zie ook* gradualisme)
- van bewustzijn 425
- van de kosmos 291
- van het zonnestelsel 254
- van wetenschap 259, 262
- verband tussen biologische en culturele evolutie 259
- vergelijkende anatomie als bewijsstuk 24
- verschil tussen biologische en wetenschappelijke evolutie 261
- Evolutiebiologie 39
- Evolutiepsychologie 4, 6, 54, 113, 116, 120, 131, 132-135, 139, 298, 324, 338, 339, 345, 348-350
- Evolutie van de hominiden 106
- Evolutie van de mens 6, 83
 - seksuele selectie 95, 96, 106, 110
- Evolutionair algoritme 42, 43, 263
- Evolutionaire-soortenconcept 77
- Evolutionaire *bottleneck*. *Zie:* Evolutionaire flessenhals
- Evolutionaire epistemologie. *Zie:* Kennis
- Evolutionaire flessenhals 70, 82, 413
- Evolutionaire wapenwedloop 58
- Evolutionair paradigma 4, 38, 218, 353, 354, 375, 434
- Evolutionair Stabiele Strategie (ESS) 125, 126, 309, 313, 314, 317
- Exaptatie 168
- Experimentele evolutie 278
- Extended phenotype* 223
- Extinctie 421
- Fa'apua'a Fa'amu 159
- Falsificatieprincipe 261
- Familie der hominiden (mensachtigen) 87
- Farmaceutische industrie 278
- Fast food* 134
- Female choice* 51, 73, 328
- Feminisme 153
- Fenotypische plasticiteit 41
- Filosofie en empirische wetenschap 241, 265
- Fisher, Ronald A. 36, 51
- Fitness* 42, 43, 221, 222, 224, 226, 281
- Fitnessindicator 52, 342
- Fitnessoptimum 81
- Fitzroy, Robert 19
- Flanagan, Owen 208
- Fleming, Alexander 359
- Floresmens 99
- Fluweelworm 423
- Fodor, Jerry 131, 195
- Folk psychology*. *Zie:* volkpsychologie
- Food and Drug Administration* 385
- Fossielenleemte 94
- Fotosynthese 426
- Founder effect* 72
- Freeman, Derek 148, 156-161
 - Margaret Mead and Samoa* 156
 - The fateful boasting of Margaret Mead* 159
- Free rider* 125-127, 131, 301
- Freud, Sigmund 261, 294
- Frisch, Karl von 118, 174, 247
- Fruitvlieg (*Drosophila*) 37, 67, 80, 416
- Functie van een eigenschap 256
- Fungi 67
- Fyletische evolutie 64
- Fylogenetische verwantschap 83
- Fylogenetisch overzicht van de menselijke evolutie 107
- Fysica 244
- Fysicalisme 192, 194, 200, 201
- Fysiognomie 19
- Galápagos eilanden 19, 20, 26, 64
 - Darwinvinken 18, 20, 37, 64, 71, 77, 108
 - geografische scheiding 20
 - variatie in snavelmodellen 20
- Galilei, Galileo 1, 3, 9, 13, 285

- Galjaard, Hans 117
Gallup Poll 272
 Galton, Francis 145, 391, 393, 394, 396
 Hereditary genius 393
 Gangestad, Steven 342
 Gardner, Allen 176
 Gardner, Beatrice 176
 Gazelle 417, 418
 Geboortebeperking 225
 Geboortecomplicaties 283
 Gedragsdisposities 247
 Gedragsprogramma
 gesloten 130, 208
 open 130, 208
 Geest uit de prehistorie. *Zie: Stone age*
 mind
 Gelaatkunde 19
 Gelaatsuitdrukkingen 141
 Gender 384
 Genderstudies 153
 Genealogische complexiteit 106
 Geneeskunde 259, 351
 aderverkalking 355, 356
 aids 361, 362
 antibiotica 359-361
 beschavingsziekten 366-369
 bloedarmoede 356, 357
 braken 365
 cholera 355
 darwiniaanse geneeskunde 351, 355,
 373
 dementie 352, 354, 355
 depressie 365, 366
 diabetes 354, 368
 diarree 353, 365
 difterie 355
 dood 351, 353
 epidemie 361, 370
 erectieproblemen 351
 evolutionair compromis 354-356
 frigiditeit 351
 functie van ziekte 354, 362-366
 gonorroe 360
 griep 363, 364, 370, 371
 hartfalen 355, 368, 385
 HIV (*Human Immunodeficiency*
 Virus) 361
 hoest 353, 363
 hoge bloeddruk 368
 Huntington, ziekte van 354
 immuunsysteem 358, 359, 361, 364,
 371, 372
 in evolutionair perspectief 353, 362,
 370, 373
 infectie 354, 358, 360, 362, 363-365,
 370, 371
 influenza 371
 kanker 354, 355, 368, 369, 385
 koorts 353, 362, 364-366, 371
 loopneus 363
 malaria 357, 363, 364
 maximumleeftijd 352
 neerslachtigheid 365
 ontwerpfouten 353, 355
 ouderdom 351-356
 pandemie 361, 370, 372, 373
 parasieten 362, 363, 370
 penicilline 359
 pest 355, 362
 pijn 353, 362, 371
 pokken 355, 362
 rachitis (Engelse ziekte) 385
 scheurbuik 368
 sikkelcelanemie 356-358
 siv (*Simian Immunodeficiency*
 Virus) 361
 slaapziekte 359
 suikerziekte. *Zie: Diabetes*
 syfilis 364
 tandbederf 368
 trypanosoom 359
 tuberculose 360, 363, 370
 verdedigingsmechanismen 354, 363,
 364
 verkoudheid 363, 364
 vetzucht 366
 vogelgriep 371
 vogelpest 371
 wapenwedloop 359-362
 waterpokken 364
 Why we get sick 354
 zwaarlijvigheid 368
Gene flow 69-76
 Genenreservoir 69, 219, 221
Gene pool. *Zie: Genenreservoir*
 Generatietijd 82
Genesis 297
 Genetisch determinisme 53, 114, 117,
 232
 Genetische drift 36, 71, 82, 419
 Genetisch egoïsme 124, 128, 129
 Genetische variatie onder moderne
 mensen 70
 Genetische verwantschap 123
 Genie 175
 Genocide 376
 Genselectie 120, 229
 Geocentrisch wereldbeeld 9

- Geografische isolatie 64, 71
 Gerber, Eleanor 156, 157, 160
Gestaltswitch 228
 Gibson, James 348
 Giraffe 234
 Godsbewijzen 12, 256, 290, 291. *Zie ook*: Religie
 Goldschmidt, Richard 79
 hoopvolle monsters 78
 Goldschmidt, Tijs 74
 Goodall, Jane 214
 Gorilla 78, 96
 Gould, John 19
 Gould, Stephen Jay 81, 82, 136, 168, 169, 171, 178, 189, 254, 255, 270, 285, 286, 348, 390, 419-426
 Full house 421
 The mismeasure of man 390
 Wonderful life 422, 423, 428
 Gradualisme 79, 82
 Grammer, Karl 342
 Gray, Asa 269
 Grijns, Piet 115
 Groei van de hersenen 110
 breinkracht 110
 complexe sociale banden 110
 eten van vlees 110
 groepsgrootte bij primaten 110
 rechttop lopen 110
 Groene meerkat 175
 Grootheidswaan 376
 Grotschilderingen 103, 182, 224, 336
 Gully, James 268
Gut-brain swap 110
- Haeckel, Ernst 24, 67, 409
 Haldane, John .B. 36, 354
 Hallucigenia 422, 423, 428
 Hamilton, William 119, 122, 123, 126
 The genetical evolution of social behaviour 122
 Hardy, Alister 109
 Heerwagen, Judith 340
 Heimlich-manoeuvre 172
 Heliocentrisch wereldbeeld 12
 Helix, dubbele 39
 Henslow, John 19
 Heraclitus 377
 Herhaald dilemma van de
 gevangene 305, 309, 310, 311, 313, 317
 Hermans, Willem Frederik 349
 Hermeneutiek 350
 Herrnstein, Richard J. 389-391
- The bell curve* 387, 390
 Herschel, John 63
 Hersenen 226
 Heterozygotie 357
 Himmler, Heinrich 395
 Hobbes, Thomas 299, 300
 Hobbit 99
 Hoeven, Maria van der 270, 271
 Hof van Eden 297
 Holenbeer 100
 Holmes, Lowell D. 155, 157
 Holocene 339, 367
 Holt, Edward 150
 Homeobox-genen 79, 80
 Homerus 165, 222, 330, 332
 Ilias 222, 331
 Hominiden 86, 178, 180, 224, 367, 420, 433
 Homo (geslacht) 67, 78, 86, 87, 89, 92, 94, 99, 111, 179
Homo erectus 67, 97-101, 103, 105, 110, 112, 180, 181, 337, 350, 367
 vuur 97
Homo ergaster 97, 98, 112, 180
Homo floresiensis 99
 Homogeniteit menselijk
 genenreservoir 105
Homo habilis 67, 87, 95-97, 105, 110, 112, 133, 179, 180, 337
Homo heidelbergensis 100, 101, 103, 180
 Homologe eigenschappen 25
Homo neanderthalensis 100, 102, 108
Homo rudolfensis 87, 95, 112
Homo sapiens 33, 67, 69, 99-101, 103, 105, 108, 112, 132, 136, 144, 165, 177, 181, 187, 367, 384, 410, 412, 413
 herkomst 103
 Homozygotie 357
 Honkbal 418
 Hooker, Joseph 30, 269
 Hox-genen 79, 80, 81
 Huidskleur 144, 385, 386
 verschil in 70
 Hull, David 219, 232, 235, 237, 239, 263
 Humane genoom 117
 Humanisme 401
 Hume, David 139, 140, 147, 249, 330, 333
 An enquiry concerning human understanding 140
 Hutton, James 22
 Huxley, Aldous 37, 397
 Brave new world 397, 401

- Huxley, Julian 37, 398
Evolution, the modern synthesis 37
- Huxley, Thomas H. 29, 32, 37, 79, 288, 398
- Hybridisatie 77, 236
- Hydrodynamica 252
- Hypofyse 256
- Ichneumonidae 269
- Ijsbeer 252
- Immigration Restriction Act* 392
- Immuunsysteem 257-259, 274, 280
 als Darwin-machine 257
- Incesttaboe 134
- Inclusive fitness* 122, 124
- Inductieprobleem 245, 261, 265
- Industrieel melanisme 45
- Industriële Revolutie 377
- Infanticide 119
- Influenza. *Zie:* Geneeskunde: griep
- Inherit the wind* 273
- Inlevingsvermogen 185
- Inprentingsmechanisme 247, 248
- Instandhouding van de soort 118, 119
- Instincten 247
- Intelligent Design* 256, 270, 271, 274, 276-283, 286
- Intelligentie 387, 398
- Interactor 232
- Internationaal Monetair Fonds (imf) 372
- Internet 228, 239
- Invisible hand 300
- Invloed van cultuur 154
- IQ-debat 387-390
- Isolatiemechanismen 75
 gedragsmatige of seksuele isolatie 75
 in sympatrische populaties 74
postmating isolation 75
premating isolation 74
 seizoens- of gebiedsgebonden isolatie 75
- Javamens 98
- Johannes Paulus II 270, 292
- Johanson, Donald 89
- Jordan, Michael 386
- Junk DNA* 238
- Just so stories* 169, 189, 348
- Kafka, Franz 332
- Kalium- en argondatering 84
 kalium-40 84
- Kangoeroe 427
- Kanker 262
- Kant, Immanuel 243-251, 291, 329, 333. *Zie ook:* Esthetica
- Kanzi 176
- Kapitalisme 376
- Kaplan, Stephen 340
- Kasparov, Gary 196, 198
- Kaukasiërs 69, 384
- Kennis 242
 aangeboren gedragsinstructie 247
 aangeboren 242, 247, 248, 251
 aanschouwingsvormen 243, 250, 251
 adaptatie als kennis 252-256
 analogie tussen evolutie en kennisverwerving 264, 426, 430
 a posteriori 243, 248
 a priori 243, 247, 248, 250
 betrouwbaarheid 250
 cognitieve nis 248, 251
 correspondentie 253
 definitie 256
 evolutionaire epistemologie 241, 246, 252, 262, 266
 functie van het kenapparaat 246, 250
 fundering 245
 fylogenetische a posteriori kennis 248
 idealisme 250
 kennend subject 253
 kennisleer 242, 243, 264
 kloof tussen kenner en gekende 249
 mentale representatie 252
 naturalisme 245
 naturalistische kennisleer 246
 normen 264, 266
 ontogenetische a priori kennis 247, 248
 realisme 250, 252
 taal 252
 trial and error-aspect van kennisverwerving 260
 verstandscategorieën 243, 250, 251
 waarheid 252
 wereld *an sich* 243
- Kepler, Johannes 13
- Kernfusie 262
- Keten van het zijn 10, 11, 68, 407, 408, 410
- Kettingbrief 218, 228
- Kiemplasma 34, 381, 393, 398
- Kieuwspleten 24
- Kin selection*. *Zie:* Verwantenselectie
- Kipling, Rudyard 136
Just so stories 136

- Kissinger, Henry 313
 Kloof tussen mens en dier 321, 324
 Kloos, Peter 160
 Knokkellopers 92
 Koala 427
 Koekoek 125
 Kohn, Marek 337
 Kolonialisme 376
 Koolstofdatering 84
 koolstof-14 84
 Kooning, Willem de 349
 Koppotigen 209
 Kristallen 290
 Kritische fase 174, 248
 Kruisende populaties 69
 Kuhn, Thomas 3, 160, 161
 incommensurabele paradigma's 161
 Kunst 224
 Kunstmatige intelligentie 196
 Kunstmatige selectie 27, 177, 392, 393

Laissez-faire-kapitalisme 18, 378, 382
 Lakatos, Imre 239
 Lamarck, Jean-Baptiste de 16-18, 27,
 33, 42, 234, 257, 378, 381, 403, 404,
 410
 gerichtheid van evolutie 380
 nek van de giraffe 17
 principe van gebruik en onbruik 16
 random variatie 380
 verworven eigenschappen zijn
 erfelijk 16, 380, 381
 Langlois, Judith 341
 Lascaux 182, 336
 Lateralisatie van hersenen 62
 Leakey, Louis 88, 92, 95
 Leakey, Mary 88, 90, 95
 Leakey, Meave 92
 Leakey, Richard 92
Leash principle. Zie: Leibandprincipe
Lebensborn 395
 Leermechanismen 247
 Leibandprincipe 132, 137, 139, 223
 Leibniz, Gottfried von 290
 Leica 251
 Lenneberg, Eric 165, 167, 175
 Lenski, Richard 278, 279
 Levensvondt 289
 Lewis, C.S.
 Evolutionary hymn 403
 Lewontin, Richard 169, 254, 255
 Linnaeus, Carolus 66, 78, 85
 binominale methode 66
 hiërarchisch classificatiesysteem 67
 natura non facit saltus 78
 taxonomische categorieën 67
 Lintworm 415, 418
 Lobopodia 423
 Logisch positivisme 244, 245, 261
 Lord Kelvin 23
 Lorenz, Konrad 118-250
 Lorrain, Claude 340
 Louis Vuitton 347
 Lovejoy, Arthur O. 408
 Great chain of being 408
 Lucy 89, 91, 108
 Luijck 427
 Lyell, Charles 22, 23, 30, 278
 Principles of geology 23
 Lymfocyten 257

 Macro-evolutie 277-279
 Macromutatie 35, 79, 81, 413
Major Histocompatibility Complex 345-
 347
Male contest 50
Malin génie 190
 Malthus, Thomas 28, 378
 Essay on the principle of population 28
 Mammoet 100
 Margulis, Lynn 425
 Marsverkenners 131
 Martinez, Ignacio 181
 Marx, Karl 114, 294
 Marxisme 255, 261
 Massa-extinctie 413, 421, 425, 429
 Mastodont 178
 Maynard Smith, John 122, 125
 Mayr, Ernst 37, 69-79, 81, 130, 255
 Animal species and evolution 74
 McDiarmid, Roy 276
 Mead, Margaret 148-161
 als pseudo-wetenschapper 148
 Coming of age in Samoa 148, 150, 152,
 155-159
 over (homo)seksualiteit 152
 over adolescentie 150
 over de puberteitscrisis 151
 Medawar, Peter 354
 Memen 217, 219-229, 232, 237-239, 260,
 262. Zie ook: Cultuur
 als artefacten 238
 als *body snatchers* 228
 als replicator 218-224, 227-231
 analogie met genen 219
 besmettelijke memen 227, 232
 brein als vehikel voor memen 229
 celibaatmeem 226

- definitie 219, 237, 238
 godsdienstmemen 230, 284, 294
 irrationele memen 233
Journal of Memetics 220
 kritiek op memetica 231
 meemplex 229, 230, 284
 memen en rationaliteit 231
 memenreservoir 219, 221, 228
 memetisch determinisme 232
 memetische evolutie 260
 memetische fitness 230
 mentale virussen 260
 oorsprong van de naam 218
 populatiememetica 239
 religie als meemplex 230
 replicators 240
 zelfmoordmemen 227
 zelfzuchtige memen 229
 Memetica 220, 226, 229-240, 294
 Mendel, Gregor 32, 34-36, 117, 234, 240, 288, 381
 Mendelianen 35
 Mensapen 176-180, 184, 185, 318, 319, 324
 Menselijke natuur 132, 133, 135, 139, 145-149, 152, 154, 158, 161, 164, 339, 347, 348
 Menselijk genoom 240, 258, 399, 400, 415
 Mentale modules 131
 Mestkever 347
 Metafysica 244, 288
 Meyer, Stephen 276, 277
 Michelangelo 330, 332
 David 331
 Mickey Mouse 347
 Micro-evolutie 277
 Miller, Geoffrey 61, 110, 338, 350
 Milt 256
 Milton, John 23
Miss Germany 2002 342
Missing links 26
 Mithen, Steven 101, 181, 337
 The singing Neanderthal 101
 Mitochondriën 424
 Moderne synthese 36, 37, 39, 117
 Modus van het leven 421
 Moleculaire biologie 39, 41, 399, 400
 Moleculaire klok 40
 Moleschott, Jacobus 192
 Møller, Anders 344
 Mona Lisa 347
 Monera 67
 Mongoloïden 69, 384
 Monogame soorten 50
 Monogenese 142, 144, 383
 Monroe, Marilyn 345
 Moord 376
 Moraal 297-299, 301, 317, 320, 324
 afgunst 320
 altruïsme 304, 319
 bedrog 305-320
 beschaving 298
 betrokkenheid 317, 320, 321
 bij dieren 321
 biologische ethiek 297
 biologische wortels 298
 bovennatuurlijke oorsprong 298
 broederschap 320
 conflictbeheersing 298
 conventie 303
 dankbaarheid 321
 diefstal 298, 319
 dierlijk geweten 299
 egoïsme 301, 302, 305, 311, 313, 319, 321
 eigenbelang 319
 emoties 317-321
 empathie 301
 geweldspiraal 315
 geweten 318-320
 groepsbelang 319
 jaloezie 320
 liefde 318
 lust 318
 medelijden 299
 moord 298, 319
 moraal als aangeboren dispositie 298
 natuurlijke oorsprong 298, 320
 onzelfzuchtigheid 304
 opoffering 301
 samenwerking 298-301, 303, 304, 307-320
 schaamte 299, 319-321
 schuld 319-321
 sociaal instinct 317
 tribalisme 320
 vergelding 312
 vergeldingslus 315, 316
 vergeving 315, 320
 verkrachting 298, 319
 verontwaardiging 299, 319-321
 verraad 304
 vrijgevigheid 298
 wederkerigheid 299, 307-310, 318, 320
 woede 299
 wraak 320

- xenofobie 320
 - zondeval 297
- Morfologie 83
- Morgan, Elaine 109
 - The aquatic ape* 109
- Morgenstern, Oskar 301
- Morris, Desmond 59, 86, 99, 118
 - De naakte aap* 59, 86
- Moustérien-cultuur 101
- Mozart, Wolfgang Amadeus 330, 332
 - Don Giovanni* 331
- Mr. Spock 320
- Muildier 75
- Muilezel 75
- Multiregionaal model 105, 144
- Murray, Charles 389-391
 - The bell curve* 387, 390
- Mutaties 35, 381
- Mutualisme 127, 308

- Nabokov, Vladimir 351
- Nagel, Thomas 200, 201, 204, 205
- Nariokotome-jongen 180
- NASA 131
- Nativisme 167
- Natural History Museum 20
- Naturalisme 265
- Naturalistische drogreden 264, 265
- Nature/nurture*-controverse 52, 114, 144, 165, 255, 380, 386-388, 391, 398
- Natuurlijke selectie 2, 4, 30, 35-37, 41, 46, 52, 118-121, 128, 145, 168, 169, 171, 173, 222, 246, 248, 250, 252, 254, 255, 257, 262, 263, 268, 313, 317, 321, 339, 340, 351-358, 361, 364, 367, 377, 379, 382, 392, 393, 404-406, 410, 412, 415, 419
- Natuurlijke theologie 15
- Natuurstaat 299, 300
- Nazi-Duitsland 376, 384, 395
- Neanderthaler 100-102, 106, 181
 - extinctie van 101
- Nederlandse Vereniging voor Seksuele Hervorming 396
- Negroïden 69, 384
- Neo-darwinisme 36, 37, 64, 69, 77, 271, 274, 276, 280, 289
- Neo-Malthusiaanse Bond 396
- Neotenie 343
- Nesse, Randolph M. 355, 358, 359, 362, 364, 365, 367, 369
 - Why we get sick* 354
- Nestblijvers 247
- Nestvlieders 247
- Neumann, John von 301
- Neuronen 258
- New age* 287
- Newton, Isaac 1, 14
- Niet-nulsp spel 302
- Nietzsche, Friedrich 270, 334, 401
- Nijlbaars 74
- Nim Chimpsky 176
- NitroMed 385
- Noach, de ark van 274
- Noordman, Jan 397
 - Om de kwaliteit van het nageslacht* 395
- Nowak, Martin 316, 317
- Nulsp spel 302

- O'Hear, Anthony 328-335, 347
 - Beyond evolution* 328
- Ockham, Willem van 291
- Oeros 100
- Omgeving van Evolutionaire Aangepastheid 366
- Onderbroken evenwicht 81, 178
- Onderdeterminatie 106
- Ondermaanse 9, 13, 14
- Ontogenie recapituleert fylogenie 24
- Ontwerpargument 2, 12, 15, 16
- Onychophora 423
- Oog 12, 15, 43, 168, 171, 275, 280-283, 419, 426
- Oorlog 116
- Oorsprong van het leven 289
- Orang-oetan 78, 183
- Organisme als black box 193
- Orians, Gordon 340
- Orthogenese 46
- Osten, Wilhelm von 212, 213
- Ouderinvestering, mannelijke 56, 58
- Ouderinvestering, vrouwelijke 56
- Ouderlijke zorg 124
- Out of Africa*-II-scenario 103
- Out of Africa*-I-scenario 97, 105
- Out of Africa*-scenario 144
- Overerving van verworven eigenschappen 234
- Overspecialisatie 418
- Owen, Richard 26

- Paardenbloem 76
- Paleoantropologie 83, 106
 - buitenwetenschappelijke factoren 106
 - interpretatieverschillen fossiele overblijfselen 106
- Paleontologie 422

- Paley, William 15, 16, 275
Natural theology 15
- Pangeneze 33
- Pan prior* 94
- Paradigma 3
 evolutionair paradigma 4
- Paradijsvogel 328
- Parallele evolutie 427
- Paranthropus* 86
- Parasieten 415, 418
- Parasitisme 124, 125
- Parthenogenese 76
- Pauw 45, 47, 328, 330, 331, 335, 337
- Pavlov (computerprogramma) 316, 320
- Pavlov, Ivan P. 316
- Peirce, Charles S. 424
- Pekingmens 99
- Pentadactiel (vijfvingerig) schema 24, 279
- Penton-Voak, Ian 343
- Perm 421
- Perret, David 342
- Pfungst, Oskar 212
- Picasso, Pablo 327
- Pijnappelklier 256
- Piltdownmens 85
- Pininfarina 323
- Pinker, Steven 131, 132, 134, 158, 171, 178, 179, 183, 338
The language instinct 171
- Pioniereffect 72
- Pithecanthropus erectus* 98
- Placentale zoogdieren 426, 427
- Plantae 67
- Plasterk, Ronald 270, 288
- Plato 9-11, 187, 242, 333, 347
 Demiurg 10, 11
De staat 397, 401
Politeia 237
- Playboy* 345
- Pleiotropie 41, 355
- Pleistoceen 339, 349, 367
- Polygame soorten 50
- Polygenese 142, 144, 383
- Polymorfie in balans 357
- Polynesië 149, 159
- Popper, Karl 156, 245, 260, 261, 265
Alles Leben ist Problemlösen 260
- Populatiedynamiek 68
- Populatiegenetica 36, 64
- Postmodernisme 245
- Prak, Jacob 396
- Prieeelvogel 326, 328, 329
- Primateen 132, 171, 178, 184, 209, 318, 433
 karakteristieke kenmerken 85
- Prisoner's dilemma*. Zie: Dilemma van de gevangene
- Proceedings of the Biological Society of Washington* 276
- Prokaryoten 67, 410, 415, 420, 424
- Proliferatie van genen 5
- Prototaal 180
- Proximate verklaring 355
- Pseudo-wetenschap 261, 265, 286, 375
- Psyche uit het stenen tijdperk. Zie: Stone age mind
- Psychoanalyse 261
- Ptolemaeus 10, 13
- Punctuated equilibrium*. Zie: onderbroken evenwicht
- Putnam, Hilary 195
- Pythagoras 228
- Quantummechanica 244, 251
- Quine, Willard Van Orman 245, 246, 265
- Racisme 376
- Radio Oranje 238
- Random* variatie 42
- Rankpotigen (Cirripedia) 268
- Rapoport, Anatol 311, 312, 317
- Ras 69, 383-386, 391-393, 397
 als sociale constructie 384
 atletisch vermogen 386, 387
 gevoeligheid voor ziekten 385
 intelligentie 387, 388, 390
 lichamelijke verschillen 387
 psychologische verschillen 387
 ritmegevoel 387
- Rassenhaat 116
- Rationalisme 242, 247, 248
- Recapitulatietheorie 24, 405, 409
- Recessieve eigenschappen 71
- Recombinatie 37, 381
- Reductionisme 135, 203, 222
- Regelgenen 79, 80, 277
- Relativisme 245
- Relativiteitstheorie 244
- Religie 230, 267, 434
 agnosticisme 288
 animisme 287
 anti-evolutiewetten 273
 atheïsme 274, 286, 288, 289
Bible Belt 272

- biologische oorsprong en functie van
 - spiritualiteit 294
- biologische verklaring 293
- bovennatuurlijke verklaring 276, 283, 290
- christelijke lobby 273, 274
- christelijke waarden 272
- compatibiliteit van evolutie en religie 285, 292
- creationisme 274, 276, 278, 286
- Creation Science* 273, 274, 286
- Darwins afvalligheid 269
- deïsme 286, 287, 290, 291, 292
- equal-time*-rechtszaak 285
- evolutietheorie als westerse dwaling 271
- evolutietheorie in het Amerikaanse onderwijs 273
- fundamentalisme 272, 286, 287
- gaten in de evolutietheorie 276, 283
- God spot* 292-294
- God van de Gaten 275
- humanisme 288
- ietsisme 288
- immoraliteit 272
- incompatibiliteit van evolutie en religie 270, 284, 286
- inprenting van godsdienst 269, 284
- inquisitie 286
- Intelligent Design* 270, 271, 274, 276-283, 286
- kruistochten 286
- leven na de dood 293
- magisteria 283, 285
- Monkey trial* 272
- monotheïsme 287
- moslims 271
- neurotheologie 294
- NOMA 285, 286
- onherleidbare complexiteit 274
- pantheïsme 287
- polytheïsme 287
- rechtszaken over het
 - onderwijscurriculum 276
- religie-gen 293
- religie als collectieve neurose 294
- religie als kunst 286
- religie als mentaal virus 284
- religie als natuurlijke vijand van de wetenschap 285
- religie als opium 294
- religie als sociaal bindmiddel 294
- religieus fanatisme 286
- religieus obscurantisme 285
- scheiding tussen kerk en staat 271
- secularisme 271, 292
- strijd tegen evolutietheorie in de vs 272
- terrorisme 286
- theïsme 286, 287, 292
- transcendente betekenis 287, 293
- ultieme vragen 292
- verwondering over het bestaan 294
- Renaissance 12
- Repeated prisoner's dilemma*. Zie: Herhaald dilemma van de gevangene
- Replicator 219, 232, 236, 238
- Reproductie 42
- Reproductieve barrières bij sympatrische soortvorming 74
- Reproductieve isolatie 64, 69
- Reproductieve strategieën 54
- Reuzenhert 45, 46
- Ridley, Matt 317, 319
- Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) 372
- Rockefeller, John D. 378
- Rode Koningin-effect 417
- Roebroeks, Wil 105
- Rondworm 416
- Rose, Hilary 130, 348
- Rose, Steven 130, 348
- Ross, Clémence 400
- Rouffignac 336
- Rousseau, Jean-Jacques 300
- Rubens, Pieter Paul 345
- Rudimentaire organen 25, 279, 282
- Ruse, Michael 270, 285, 286
- Rutgers, Jan 396
 - Rasverbetering en bewuste aantalsbeperking* 396
- Rutgersstichting 396
- Sabelantbropus tchadensis* 94, 108
- Saltationisme 79, 81
- Samoa 149, 151, 156
 - agressie 151
 - competitie en concurrentie 151, 155
 - emoties 151, 157
 - geweld 151
 - heidens eiland 155
 - maagdelijkheid 157, 160
 - masturbatie 152
 - misdaad 157
 - ongedwongenheid 151
 - oorlog 151
 - preuttheid 156, 160

- promiscuïteit 157, 160
 psychische klachten 156
 puberteit 152, 157
 Samoaanse cultuur 160
 seksuele moraal 151, 156
Taupou 152, 157
 veldslagen 157
 verkrachting 151, 157
 vrije liefde 152
 zelfmoord 151
 Sartre, Jean-Paul 132
 Satijnvogel 327, 328, 335, 337, 350
 Savage-Rumbaugh, Sue 176
 Savannetheorie 108
Scala naturae. Zie: Keten van het zijn
Skeptics Society 275
 Scheermes van Ockham 291, 292, 329
 Schorpioenvlieg 344
 Schubert, Franz 228
 Scopes, John 272
 Searle, John 197
 Sedgwick, Adam 22, 404
 Seksualiteit 134, 165
 Seksuele dimorfie 48, 50, 54, 106
 bij *Australopithec*i 95
 bij *Homo habilis* 96
 gedrag van dieren 49
 onderscheid tussen primaire en
 secundaire geslachtskenmerken 48
 Seksuele selectie 6, 36, 39, 49, 51, 52,
 54, 57, 72, 73, 328, 337, 339, 343,
 345
 bij de mens 54
 bij dieren 49
 emoties 58
 emotionele ontrouw 60
female choice 51
 gewei van het reuzenhert 46
male contest 50
 overspel 58
 seksuele ontrouw 60
 sociale status 61
 staart van de pauwhaan 47
 Seksuele voortplanting 42, 76
 Selectie van theorieën 263
 Selectieve druk 50
Sense data 244
 Seyfarth, Robert 175
 Shakespeare, William 165, 280, 281
 Shermer, Michael 275
 Shockrock 227
 Sigmund, Karl 316, 317
 Simpson, George G. 37, 77
 Singer, Peter 399
 Singh, Devendra 344, 345
 Sixtijnse kapel 286
 Skinner, B.F. 166, 193
 Sleutelsoorten 429
 Slimme Hans 212, 213
 Sloterdijk, Peter 401
 Sluipwesp 269
 Smart, J.C.C. 194
 Smith, Adam 300
 Smith, John Maynard 309
 Sociaal-constructivisme 153
 Sociaal-darwinisme 4, 6, 18, 145, 146,
 255, 375, 376-382, 390-394, 398, 401
 armoede 379
 competitie 376, 378, 382
 concurrentie 376, 378, 382
 economie 378
 eliminatieproces 382
 hardvochtigheid 378, 382
 imperialisme 382
 inferieure rassen 382, 383
 invloed van Darwin 380, 382
 invloed van Lamarck 380, 382
 kolonialisme 382, 383
 laissez-faire-kapitalisme 378, 382
 luiheid 379
 medelijden 379
 racisme 383, 384
 seksisme 383
 slavernij 382, 383
 sociale evolutie 380
 strijd om het bestaan 379
 superieure rassen 382, 383
survival of the fittest 376, 382
 sympathie-instinct 382
 voortgang 377, 378, 380, 382
 vrije markt 379
 welvaart 378
 wetten van de evolutie 377
 zelfvoorzienigheid 379
 Sociaal-lamarckisme 380
 Sociaal constructivisme 384
 Sociaal contract 300. Zie ook: Moraal
 Sociale banden 111
 communicatie 111
 monogamie 111
 Sociale hiërarchie 183
 Sociale insecten 120, 121, 123, 125, 226
 Socialisme 379
Société de Linguistique 164
 Sociobiologie 4, 6, 53, 54, 113, 114, 116,
 120, 129, 132, 135, 139, 161, 219,
 255, 298, 324, 348, 428
 Solipsisme 191

- Soortenzwerm 72
 Soortvorming 6, 63, 277, 279
 Sovjet-Unie 273
Sozialbiologie 147
 Spartanen 397
 Speciatie 64
 Spectraalanalyse 204
 Speltheorie 125, 126, 128, 297, 298, 301, 302, 309-312, 316-320
 Spencer, Herbert 16-18, 145, 377-383, 393
 als vader van het sociaal-darwinisme 18
 Spermacompetitie 59
 Spinoza 201, 287
 Deus sive natura 287
 Standaardmodel van de sociale wetenschappen 146, 147, 161
Star Trek 320
Star Wars-bar 112
Stasis 81, 178
 Steinmetz, S.R. 396
 Stembanden 171
 Stenen werktuigen 95
 Stimulus-responsstheorie 193
 Stimulus-respons 316
 Stone, Oliver
 Wall Street 379
Stone age mind 54, 339
 Stringer, Chris 103
 Strontvlieg 347
 Strottenhoofd 171, 176
Struggle for existence 28
Struggle for life 378
Stupid Design 280, 282
 Suikereekhoorn 427
 Sumner, William Graham 378
Survival of the fittest 18, 118, 145, 260, 375, 377
 Symbiose 127, 308
 Symmetrie 341, 342
 Sympatrische soortvorming 72, 74, 75
 Synapsen 258

 Taal 163, 165, 167, 169, 170, 178, 193, 217, 218, 221, 222
 alarmkreten van groene meerkat 175
 als adaptatie 173, 179, 183
 als bijproduct van de evolutie 268, 171
 als boogvulling 170
 als cultureel artefact 163
 als exaptatie 168
 als middel tot manipulatie 184
 als sociaal smeermiddel 183
 bij onze voorouders 178
 bijentaal 174
 culturele variatie van talen 168
 dialecten 175
 functie 183
 gebaren- en symbolentaal 176, 180
 gebied van Broca 172
 gebied van Wernicke 172
 generativiteit van taal 173, 177
 grammatica 174, 177
 groepsgrootte 184
 herkomst van de menselijke taal 163
 kritische fase 175
 ouderdom 181
 poverty of the stimulus 166
 preferenties voor zinsbouw en woordvolgorde 182
 prototaal 174, 176
 referentie 174
 semantische 'geslotenheid' 173
 semantische 'openheid' 173
 semantische representatie 176
 taal-gen 182
 taalbegrip bij honden 177
 taalcentra in het brein 171, 172, 180
 taalinstinct 170, 173
 taalmodule 167
 taalstoornis 172
 tussenstadia van taal 178
 uniciteit van de menselijke taal 173, 178
 universalia 182
 universele grammatica 167
 vogelzang 175
 zingtaal 101, 181
Tabula rasa 116, 147, 154, 243
Tacit knowledge 167
 Taille-heupverhouding 344
Tape of life 420, 426
 Tasmaanse duivel 427
 Tasmaanse tijger 427
 Taung-kind 87
 Taxonomie 64, 66
 Telemann, Georg Philipp 349
 Teleologie 10, 281
 Teleonomie 282
 Terrace, Herbert 176, 177
 Teylers Museum 32
The bell curve 388, 390, 391
 Theoriegeladenheid van observatie 245
Theory of mind 185
 Thomas van Aquino 12
 Thornhill, Randy 342, 344

- Tinbergen, Niko 118, 120, 247
Tit-for-Tat (computerprogramma) 310-317
Tit-for-tat-emoties 129, 131, 321
 Tit for tat 126, 128
 Toekomst van het leven 430
 Tooby, John 131
Top down-verklaring 432
 Toumaï 94, 108
 Transmutatie 22, 404
 Trends in de menselijke evolutie 106
 bipedie 106
 communicatie 111
 gewijzigd dieet 110
 groei hominidenbrein 108
 sociale banden 110
 Treub, Hector 396
Trial and error 260, 266
 Tribalisme 134
 Trivers, Robert 56, 126, 307
 Turing, Alan 196-198
 Turingtest 196, 197

 Ulrich, Roger 340
 UNESCO 384
 Uniceit van de mens 164
 Uniformitarisme 22, 23, 278
 Universeel darwinisme 220, 221, 261
 Uitimate verklaring 355

 Valen, Leigh van 417
 Vampiervleermuis 308, 309, 317
 Vandermassen, Griet 153
 Darwin voor dames 153
 Van Gogh, Vincent 332
 Veelen, Matthijs van 297
 Survival of the fair 297
 Veelvraat 427
 Vehikel 232
 Venus van Willendorf 335, 337, 349
 Verificatieprincipe 244, 260
 Verlichting 135, 287, 401
 Versace 323
 Verschillen tussen mensenrassen 144
 Versteende voetsporen (Laetoli) 90, 93
 Verwantenselectie 122-125, 128, 129, 299, 309
 Victoriameer 279
 Viervoeters 279
 Virussen 359-361, 371, 373
 Vitalisme 39, 204
 Vleermuis 200, 201, 205
 Vleugels 280, 281, 426, 428
 Vliegende eekhoorn 427

 Vliesvleugeligen (*Hymenoptera*). *Zie*:
 Sociale insecten
 Vlokkentest 399
 Vloeddilemma 306. *Zie*: Herhaald
 dilemma van de gevangene
 Vlooien 184
 Vogelzang 174, 224
 Volkspychologie 202
Volonté générale 300
 Voltaire 169
 Candide 169
 Vooruitgang 17, 377, 403, 410-414,
 419-422, 424-426, 430
 adaptive evolutie 419
 als hiërarchische ordening 407, 408,
 410
 als statistische illusie 421
 als subjectieve projectie 405
 als waardeoordeel 407, 414
 antropocentrisme 407, 410, 416
 biologisch chauvinisme 410, 413,
 416, 424
 contingentie van evolutie 420, 421,
 423
 convergentie 426-428
 Conway Morris over
 vooruitgang 428
 criteria voor vooruitgang 414, 416
 Darwin over vooruitgang 405, 406,
 408
 Dawkins over vooruitgang 416, 418,
 419
 definitie 414, 418, 426
 doel van de evolutie 424
 extinctie 415
 gerichte evolutie 419, 421
 expansie van het leven 426
 Gould over vooruitgang 420-423
 hedendaagse visies 406, 410, 412, 416
 ladder der natuur 406-408
 lineaire progressie 410, 413, 420
 optimaal ontwerp 413
 progressieve stadia in de evolutie 424
 schitterend ongeluk, ontstaan van de
 mens als 420, 424, 428
 toename in complexiteit 414-418, 421
 toename in diversiteit 422-426
 toename in lichaamsgrootte 414
 toename van biomassa 426
 toename van genetische
 informatie 415
 verbetering in ontwerp 417-419
 voorbesteding 408, 410, 413, 424
 vooruitgangdenken 406

- voorzienigheid 408, 410
 wapenwedlopen 417, 418
 Wilson over vooruitgang 424, 425
 Vooruitgangsgeloof 376
 Vrijemarkteconomie 300
 Vrije wil 129, 132, 231, 233
 Vroon, Piet 210
 Tranen van de krokodil 210
 Vruchtbaarheidsbeeldjes 224
 Vruchtbaarheidsritueel 335
 Vruchtwaterpunctie 399
 vsr-algoritme. *Zie:* Evolutionair
 algoritme
 Vuistbijl 337, 350

 Waal, Frans de 214, 224, 299, 318-320
 Mijn familialbum 214
 The ape and the sushi master 224
 Waarheid 261, 263
 Wagner-Jauregg, Julius 364
 Walker, Alan 180
 Wallace, Alfred Russel 30, 63, 98, 404
 Walvis 279, 415
 Warhol, Andy 347
 Washoe 176
 Wateraap 109
 Watson, James 39, 205, 240
 Watson, John 146, 154, 192, 193
 Weber, Max 350
 Wedekind, Claus 345
 Wederkerig altruïsme 299, 308, 318,
 319, 321. *Zie ook: Tit-for-tat*
 Wederkerigheid 127
 Wedgwood, Emma 29
 Weismann, August 32, 33, 234, 381,
 393
 Wereldgezondheidsorganisatie
 (who) 370
 Wernicke, Carl 172
 Wetenschappelijke revolutie 9, 14
 Wetenschapsfilosofie 265
 Wetmatige uitspraken 244
 Wheeler, Peter 110
 Whiten, Andrew 185

 Wijnaendts Francken, C.J. 396
 Wilberforce, Samuel 32
 Wilkinson, Gerald 309
 Williams, George C. 119, 255, 355, 358,
 359, 362, 364, 365, 367, 369
 Why we get sick 354
 Wilson, Edward O. 53, 113, 114, 117,
 133, 134, 135, 136, 139, 158, 160,
 223, 255, 298, 354, 424, 426, 428-
 430, 433, 434
 Consilience 135
 On human nature 114
 Sociobiology 114
 The diversity of life 424
 The future of life 428
 Winkler, T.C. 32
 Wolfskinderen 175
 Wolkers, Jan 336
 Wolpoff, Milford 101, 105
 Wright, Sewall 36

 Xenofobie 116
 Xenophanes 288

 Zandraket 416
 Zeepokken 267, 268
 Zelfkatalysatie 133
 Zelfmoord 227
 Zelfreproductie 284, 290, 294
 Zelfzuchtige genen 120, 129, 321
 Zelfzuchtig gedrag 119
 Ziel 292
 Zombies 215
 Zondvloed 26, 64
 Zoogdierenbrein 258, 259
 als Darwin-machine 257
 Zuiderzeepolder 396
 Zwaarlijvigheid 134
 Zwaluw 344
 Zwarte Eva-hypothese 104
 Zweepharen 274, 280
 Zwezerik 256
 Zwitserse zakmes 131, 132