



Hoofdstuk II: Wat is denken? Bèta-wetenschappen over materie en geest

door dr. J.M. Schins, KNAW-fellow aan de Universiteit Twente



Hoofdstuk II uit het boek "Hoe komt het dat ethici verschillend denken. Schijnwerper op de cultuur" onder redactie van mgr.dr. W.J. Eijk, prof.dr. J.P.M. Leikens, Colomba, Oegstgeest 2000

Zijn computers binnenkort slimmer dan mensen? De computer 'Deep Blue' heeft veelvuldig wereldkampioen Gary Kasparov schaak mat gezet. Commerciële praatprogramma's simuleren de mens zo goed dat je het onderscheid niet meer kunt maken. Worden we misleid of is er echt geen wezenlijk verschil tussen mens en computer? Om deze vraag te beantwoorden zal ik eerst ingaan op een drietal in de twintigste eeuw gedane ontdekkingen. Deze hebben gemeen dat ze alle drie wijzen op de onvolledigheid van een wetenschappelijke discipline. Men spreekt over de onvolledigheid van een wetenschap als er een binnen het toepassingsgebied van die wetenschap een onoplosbaar probleem bestaat. Van onvolledigheid ga ik over tot een definitie van materie, en aan de hand daarvan onderzoek ik of menselijk denken tot materie kan worden teruggebracht.

1. Biologie

Sinds Darwin in de negentiende eeuw zijn wereldschokkende inzichten formuleerde, is er veel vooruitgang geboekt. Op bijna alle fronten is Darwin gecorrigeerd, maar zijn hoofdgedachte staat sterker dan ooit overeind: de oorsprong der soorten kan verklaard worden uit de natuurwetten. De moleculaire ingrediënten voor het ontstaan der soorten zijn in de loop van de twintigste eeuw duidelijk geworden, ook al tasten we nog grotendeels in het duister wat het mechanisme betreft: heden ten dage is van geen enkel gen met zekerheid bekend hoe het is ontstaan. Ook hebben we in de twintigste eeuw leren begrijpen op welke manier de ontwikkeling van een organisme uit één enkele moedercel mogelijk is. Een complex proces dat welhaast industrieel aandoet.

De eerste die levende organismen beschouwde als een mechanisch uurwerk is Descartes. Ruwweg drie eeuwen na dato lijkt het er sterk op dat Descartes dit goed heeft gezien. Indien het uurwerk wordt opgewaardeerd tot een klonen-producerende fabriek, en het levend organisme neergewaardeerd tot een primitieve levensvorm, zoals een virus of een eencellige, gaat de vergelijking zeer ver op. Onderstaande tabel licht deze vergelijking toe.

fabriek	organisme
besturingsinformatie	chromosomen



bouwmachines	eiwitten
ruwe materie	voedsel
afval	uitwerpselen
eindproduct	nageslacht

Alles wat een virus heeft, heeft de klonen-producerende fabriek ook. Beide zijn ze voor hun reproducerende taak sterk afhankelijk van een specifieke omgeving, die zorgt voor de aanvoer van voedingsstoffen. Beide beschikken ze over de volledige informatie die nodig is om kopieën van zichzelf af te leveren. Het belangrijkste verschil is dat de fabriek zijn bouwplan twee-dimensionaal opslaat (diskettes, hard disks en CD's zijn allemaal plat, met maar één laag geschikt voor informatie-opslag) en het organisme drie-dimensionaal (chromosomen kunnen alle kanten in de ruimte opkrullen). Dit heeft uiteraard gevolgen voor de maximaal haalbare complexiteit van het geprogrammeerde object, maar daarop ga ik niet verder in.

Biologen zijn tegenwoordig vrij eensgezind in de overtuiging dat 'leven' niets mysterieus is, niets organisch-dynamisch-onvoorspelbaars, maar botweg een staaltje hoogstaande programmatuur in een specifieke hardware-omgeving (eiwitten, vetten, enzovoorts). Uitgangspunt voor mijn betoog zijn nu de volgende drie stappen:

- a) De bouw van een organisme wordt bepaald door het erfelijk materiaal: als je iets verandert aan het DNA in de moedercel, dan verandert ook het uiterlijk van het betreffende individu.
- b) De gedragsrijkdom van een individu is bepaald door zijn bouw: een vlieg kan niet praten omdat hij geen stembanden heeft; een mens kan niet vliegen omdat hij geen vleugels heeft.
- c) De gedragsrijkdom van een soort is bepaald door dat van de individuen afzonderlijk: bijen kunnen elkaar duidelijk maken, middels kunstig uitgevoerde dansjes, waar de buit ligt. Anderzijds bouwen bijen geen operahallen. Ze kunnen immers niet zingen!

Bovengenoemde drie stappen kun je natuurlijk ook samenvatten in één zin: de gedragsrijkdom van een soort is bepaald door zijn DNA, net zoals de rekenkracht van een computerprogramma is bepaald door de binaire code. Werkende computerprogramma's die qua code zeer weinig van elkaar verschillen, vertonen een vergelijkbare output bij gelijke input. Op dezelfde wijze vertonen diersoorten die genetisch weinig van elkaar verschillen ook een gelijkaardige gedragsrijkdom. Dit blijkt zeer duidelijk uit de verschillende manieren waarop de natuur het eiwit cytochroom-c heeft geprogrammeerd: daarvan is de structuur bekend voor bacteriën, fungi, planten, dieren en mens. Conclusie: organisch leven en gedragsrijkdom zijn volledig herleidbaar tot intelligente programmatuur.

De evolutieboom die op grond van genetische gegevens kan worden samengesteld toont duidelijk een toenemende gedragsrijkdom, met als voorlopig hoogtepunt de chimpansee. Dit dier is duidelijk in staat tot de tweede orde van abstractie en de tweede orde van intentionaliteit. Er is sprake van een tweede orde van abstractie als het dier onderscheid kan maken tussen een klasse van objecten en haar eigenschappen; van een tweede orde van intentionaliteit, als het dier aan anderen intentionaliteit kan toekennen. Andere zoogdieren scoren aanmerkelijk zuiniger, maar beheersen wel de eerste orde van intentionaliteit (het vermogen om intenties te hebben) en de eerste orde van abstractie (het vermogen om onderscheid te maken tussen een object en zijn eigenschappen). Terug in de evolutionaire ladder wordt de gedragsrijkdom almaar geringer: reptielen, amfibieën, vissen, tot aan de eencelligen.

Er is echter één uitzondering op bovengenoemd verband tussen DNA en gedragsrijkdom: de mens. Evolutionair gezien is de mens een tweelingbroertje van de chimpansee (ze zijn slechts vijf miljoen jaar geleden



gedivergeerd), en toch is het gedragsverschil tussen mens en chimpansee onvergelijkbaar veel groter dan dat tussen chimpansee en zoogdieren die honderd miljoen jaar geleden zijn gedivergeerd. Een verbluffende discontinuïteit is te zien in abstraherend vermogen en intentionaliteit. Waar de evolutie vijf miljard jaar nodig heeft gehad om twee ordes van abstraherend vermogen te programmeren, hebben vijf miljoen jaar volstaan om een oneindig aantal verdere ordes van abstraherend vermogen te programmeren. De mens maakt immers niet alleen onderscheid tussen een klasse van klassen van klassen (enzovoorts) van objecten en haar eigenschappen, maar is in staat om het abstraherend proces zelf te abstraheren. Deze laatste abstractie zou je 'oneindige orde' van abstractie kunnen noemen, omdat die uitstijgt boven alle eindige ordes.

Waar haalt de mens dit unieke abstractievermogen vandaan? Niet uit de genen, want die deelt hij met de chimpansee. Toch leert de biologie dat gedragsrijkdom alleen maar uit de genen kan komen. Het antwoord op de strikt biologische vraag waar de mens zijn gedragsrijkdom vandaan heeft, ligt daarom buiten de biologie. Met andere woorden: de biologie is een onvolledige wetenschap.

2. Wiskunde

Onlangs zei Frederick Brooks, ter gelegenheid van de ontvangst van de ACM Allen Newell Award voor zijn toepassingen van computer science: *'It is time to recognize that the original goals of artificial intelligence were not merely extremely difficult, they were goals that, although glamorous and motivating, sent the discipline off in the wrong direction'*. Er is dus iets mis met de oorspronkelijk idee van artificial intelligence, volgens welke een computer in principe in staat is om het menselijk denken over te nemen. Wat is er dan precies mis mee? Roger Penrose heeft het allerduidelijkst uitgelegd in zijn boek *The Emperor's New Mind*. Penrose heeft gebruik gemaakt van de stelling van Kurt Gödel, een Oostenrijks wiskundige, volgens wie er in elk voldoende krachtig, wiskundig systeem een stelling bestaat die waar is maar niet uit axioma's kan worden afgeleid. Dat is een hele mondvol die ik zal proberen begrijpelijk te maken. Eerst nog een heel klein beetje geschiedenis.

In 1900 formuleerde David Hilbert voor het eerst zijn zogenaamde Emscheidungsproblem (entscheiden betekent beslissen), waarin hij zich afvroeg of er een algoritme bestaat dat alle wiskundige vragen kan oplossen. Het wetenschappelijk onderzoek in die tijd leek gunstige voortekens te bieden in die richting, en Hilbert was hard op zoek naar de weg die tot zo'n algoritme leidt. Eénendertigjaar later publiceerde Gödel zijn dramatische bevindingen. Hilbert was afwezig toen Gödel zijn resultaten voor het eerst op een congres presenteerde, en werd ontzettend kwaad toen hij later de inhoud ervan vernam. Zeer begrijpelijk! Gödels werk was namelijk een lelijke streep door Hilberts rekening.

Om dat in te zien moeten we terug naar de stelling van Gödel: *in elk voldoende krachtig, wiskundig systeem bestaat een stelling die waar is maar niet uit de axioma's kan worden afgeleid*. Een wiskundig systeem bestaat uit axioma's, uitgeschreven in basissymbolen, en rekenregels. Als je de rekenregels goed toepast kun je bijvoorbeeld in de getaltheorie afleiden dat $3+5$ gelijk is aan 8. Een axioma is een uitgangspunt waarvoor geen bewijs kan worden gegeven. Als voorbeeld van een wiskundig axioma noem ik het derde axioma van Peano: verschillende natuurlijke getallen kunnen niet dezelfde opvolger hebben. Het 'voldoende krachtig' van Gödels stelling zorgt ervoor dat het wiskundig systeem een minimum aan uitdrukkingskracht heeft. In Gödels werk, dat over getaltheorie ging, bereikte hij die kracht door de zogenaamde μ -operatie te definiëren. Deze operatie geeft het kleinste getal dat aan een bepaalde voorwaarde voldoet. Ik zeg het erbij opdat de lezer zich niet tekort gedaan voelt, want de hele μ is voor mijn betoog van luttel belang. Om zijn stelling te bewijzen heeft Gödel zijn uitgebreide getaltheorie gecodificeerd, dat wil zeggen, alle symbolen en operaties door getallen en bewerkingen op die getallen vervangen. Op een heel slimme manier, uiteraard. Zodanig namelijk, dat elke 'zin' (bijvoorbeeld: "het kleinste oneven getal is 1") overeenkomt met een getal (het zogenaamde Gödelgetal van die zin), en andersom, dat uit elk Gödelgetal op eenduidige wijze de overeenkomende zin kan worden afgeleid. Op



deze manier correspondeert elk axioma met zijn Gödelgetal, en zo ook elke stelling of bewijs. Het is alsof je alle mogelijke moppen op een rijtje zet (bijvoorbeeld op alfabetische volgorde), en vervolgens een getal roept. Als de toegesprokene zijn huiswerk goed heeft gedaan en de hele lijst moppen inclusief ordening uit zijn hoofd kent, zou hij in een schaterlach kunnen uitbarsten. Het slimme van Gödel is dat je niets uit je hoofd hoeft te leren. Hij heeft gewoon een wiskundig recept meegegeven dat je in staat stelt bij elk getal de overeenkomstige zin te construeren.

Gebruik makend van zijn codificatie heeft Gödel niet alleen maar aangetoond dat er een stelling bestaat die zijn eigen onbewijsbaarheid stelt, maar bovendien dat deze stelling waar is. *Hiermee heeft Gödel op algemene wijze aangetoond dat wiskundige waarheid meeromvattender is dan formele bewijsbaarheid.* Er hoeft maar één tegenvoorbeeld te bestaan voor de stelling dat wiskundige waarheid identiek is aan formele bewijsbaarheid, om die stelling op te blazen. Welnu, dat tegenvoorbeeld is de Gödelstelling.

U kunt zich nu misschien de wanhopige reactie van Hilbert op Gödels werk voorstellen: als er een ware maar formeel onbewijsbare stelling bestaat, bestaat er ook een ware oplossing van een probleem zonder dat er een algoritme bestaat dat die oplossing, uitgaande van de axioma's en gebruik makend van de rekenregels, kan becijferen. *Das Entscheidungsproblem ist entschieden*, maar helaas niet zoals de reductionisten dat graag hadden gezien.

Voor zijn bewijsvoering tegen *artificial intelligence* gebruikt Penrose behalve de stelling van Gödel ook de stelling van Turing. De stelling van Turing geeft aan dat er geen enkele procedure bestaat die kan beslissen of een gegeven stelling al dan niet bewijsbaar is. Deze stelling brengt bovendien in kaart welke de reikwijdte is van ideale computers (met oneindig veel geheugencapaciteit). Op onderstaande wijze toont Penrose aan dat het menselijk denken wezenlijk superieur is aan dat van een ideale computer:

Het is een ervaringsfeit, en tegelijkertijd het fundament van wetenschappelijk onderzoek, dat onderzoekers door een abstracte redenering een wiskundige juistheid van een onjuistheid kunnen onderscheiden, en daarmee tot consensus komen.

Als de mens puur machinaal (algoritmisch) denkt, dan moet zijn algoritme om tot het wiskundig waarheidsoordeel te komen derhalve universeel zijn; immers, als de algoritmes van persoon tot persoon verschillen zou het echt niet lang duren totdat er onenigheid ontstaat over hoeveel $3+4$ nu is: 8 volgens mijn algoritme, en 7 volgens dat van jou.

Dit algoritme is ingebed in een systeem met eigen Gödelstelling; indien de mens zijn eigen algoritme kent, kan hij volgens de procedure van Gödel ook de Gödelstelling van het bijbehorend systeem construeren.

Gödel heeft net aangetoond dat algoritmisch, *deductief* redeneren niet toestaat de Gödelstelling te 'beslissen' (dat wil zeggen, de waarheid of onwaarheid ervan aan te tonen).

Het algoritme uit punt (2) moet derhalve fundamenteel ontoegankelijk zijn voor de mens.

De basis van artificial intelligence is echter juist dat het menselijk denken machinaal werkt, en dus volledig teruggebracht kan worden tot de computerwerking van het menselijk brein.

Huidig biologisch onderzoek biedt geen enkele indicatie dat bepaalde biologische onderdelen van de mens (of zijn brein) fundamenteel niet toegankelijk zouden zijn; als alle materie in de mens in principe toegankelijk is, dan moet ook de programmering in het DNA toegankelijk zijn, en daarmee het algoritme uit punt (2) dat de mens gebruikt om tot een wiskundig waarheidsoordeel te komen.

Penrose roept vervolgens uit: 'To my thinking, this is as blatant a *reductio ad absurdum* as we can hope to achieve, short of an actual mathematical proof!' De latijnse termen *reductio ad absurdum* betekenen een bewijs



uit het ongerijmde. De aanname van het ongerijmde in bovenstaande redenering is het tweede punt: *als de mens machinaal denkt*. Die aanname blijkt tot een absurde conclusie te leiden, namelijk dat het menselijk algoritme tegelijkertijd wel (punt 7) en niet (punt 5) kenbaar moet zijn.

Mijns inziens volgt uit de redenering van Penrose niet alleen dat het menselijk denken wezenlijk superieur is aan dat van de computer. Indien we materie definiëren als *dat aspect van de realiteit dat gehoorzaamt aan wiskundig-kwantitatieve wetten*, kan dat menselijk denken principieel niet tot de materie worden teruggevoerd. Computerwerking steunt immers op wetmatigheid in de natuur, dat wil zeggen, op natuurwetten. Welke natuurwetten er in de toekomst ook mogen worden ontdekt, ze zullen hooguit leiden tot nieuwe soorten computers, maar deze zullen nooit het rekenvermogen van een ideale computer overtreffen. De computer gebruikt de wetmatigheid in de natuur in feite ten behoeve van informatieverwerking. Het menselijk denken onderscheidt zich blijkbaar van computer-denken doordat het niet slechts informatieverwerking inhoudt. Er is een wezenlijk verschil tussen *begrijpen* en informatie verwerken.

3. Natuurkunde

Vanaf het begin is er algemene consensus geweest over het feit dat onvoorspelbaarheid in de quantummechanica een tot dan toe onbekend karakter droeg. Tegenwoordig meent de grote meerderheid van specialisten dat onvoorspelbaarheid een fundamentele eigenschap van de natuur is: *er kan geen theorie komen die voorspelt wat de quantummechanica – op het gebied waar zij van toepassing is – open laat*. Dit wordt de volledigheid van de quantummechanica genoemd: er zal nooit een theorie komen die wel voorspelt wat de quantummechanica niet voorspelt. Met andere woorden, de natuurkunde is *onvolledig*: er bestaan strikt natuurkundige vragen die niet door de natuurkunde kunnen worden beantwoord. Een voorbeeld van zo'n vraag is of een foton al dan niet spiegelt op een halfspiegelend oppervlak. Naarmate de natuurkundige kennis van het spiegelsproces in de loop van de negentiende en twintigste eeuwen toenam, werd het steeds duidelijker dat de natuurkundige gemeenschap niet iets belangrijks over het hoofd zag, maar dat de natuur zich nu eenmaal zodanig gedraagt dat een voorspelling van het gedrag van een enkel foton principieel onmogelijk is.

Het toeval, dat door de quantummechanica op een wel zeer bijzonder voetstuk is gezet, vormt een groot probleem voor het filosofisch materialisme. Als alles materie is, dan ook toeval. En als natuurwetten de materie beschrijven, *dan is het ten enen male onverklaarbaar waarom toeval zich principieel niet laat beschrijven door de natuurwetten*. Het is dus geenszins verwonderlijk dat het toeval door materialisten op een haast ritueel-mystieke manier wordt behandeld. Wetenschap is echter gebaat bij duidelijkheid. Wie accepteert dat toeval principieel niet beschrijfbaar is door natuurwetten, accepteert evenzeer dat er naast materie ook een ander, wezenlijk daarvan onderscheiden, constitutief principe van de realiteit bestaat.

Evenals het toevalsconcept, dat vóór de quantummechanica allang bestond, maar door de quantummechanica een nieuwe dimensie heeft gekregen, is ook de correlatie door de quantummechanica in een nieuw licht komen te staan. Een klassieke vorm van correlatie is die van de seizoenen en de gemiddelde temperatuur: in de zomer is het warmer dan in de winter. Soms verhouden zich de gecorreleerde termen als oorzaak en gevolg, soms zijn ze beide het gevolg van een andere oorzaak. In het genoemde voorbeeld is het duidelijk dat zowel de seizoenen als de gemiddelde temperatuur het gevolg zijn van de manier waarop de aarde om de zon draait.

De gecorreleerde tweedeeltjes-experimenten van de jaren tachtig hebben aangetoond dat de quantummechanische correlaties op een belangrijk punt verschillen van de klassieke. Beschouw een doos met één rode en één blauwe knikker. Als twee proefpersonen elk één knikker uit de doos halen kunnen ze de kleur van elkaars knikker te weten komen zonder de knikker van hun tegenspeler te zien. In de quantummechanica is dit niet meer het geval, omdat een tweeknikker-systeem niet mag worden behandeld als twee onafhankelijke



éénknikker-systemen: een tweeknikker-systeem mag weliswaar de eigenschap hebben dat bij meting altijd twee ongelijke kleuren worden aangetroffen, maar het is niet toegestaan om daaruit te concluderen dat de rood gebleken knikker altijd rood is geweest.

Een onlangs gepubliceerd gecorreleerd driedeeltjes-experiment heeft dit typisch niet-klassieke aspect van de quantumwereld nog pijnlijker geïllustreerd. Dit experiment is – zoals tot nog toe altijd weer – in volledige overeenstemming met de voorspellingen van de quantummechanica. Het verschil tussen de twee-deeltjes- en driedeeltjes-experimenten is het volgende: het anti-klassieke gedrag van een driedeeltjes-systeem is klaarblijkelijk voor elke afzonderlijke driedeeltjes-gebeurtenis (dat wil zeggen, de drie deeltjes hoeven maar één keer te worden gemeten), terwijl het anti-klassieke gedrag van een tweedeeltjes-systeem pas blijkt uit de statistiek (dat wil zeggen, er zijn vele herhaalde metingen van de twee deeltjes nodig).

In filosofisch opzicht is het van groot belang dat de natuur in één en dezelfde driedeeltjes-gebeurtenis onvoorspelbaarheid met correlatie combineert. Uit het gegeven dat er in de natuur principieel onvoorspelbare processen optreden, hadden we geconcludeerd dat er een niet-materieel principe moet bestaan dat constitutief is voor de natuur. *Nu blijkt dat onvoorspelbaarheid gepaard gaat met correlatie, kan men niet anders dan de conclusie trekken dat genoemd niet-materieel principe niet alleen niet strijdig is met causaliteit, maar haar vereist.*

Natuurkunde schijnt de enige discipline te zijn waarin correlaties niet vanzelfsprekend als een gevolg van een dieper liggende oorzakelijkheid worden erkend. In de medische sector bestaat hierover niet de geringste twijfel. Hoe onderzoekt een arts de werking en eventuele bijwerkingen van nieuwe medicijnen? Neem een voldoende grote groep patiënten waarvan de helft het te testen medicijn gebruikt en de andere helft een *placebo* krijgt toegediend (een pilletje zonder enige medische werking). Als de proef wetenschappelijk verantwoord wordt uitgevoerd weten noch de toedieners de artsen, noch de patiënten of ze met het medicijn of met het *placebo* te maken hebben. Op deze manier wordt de kans op psychologische effecten geminimaliseerd. Deze werkwijze heet 'dubbelblind'.

Wat een negatief uitgevallen dubbelblinde toets uitwijst, is dat de genezende werking niet van het toegediende medicijn uitgaat. Maar indien er, voor dezelfde patiënten, artsen en medicijnen, niet-dubbelblind toch een correlatie optreedt, betekent dat niet dat er geen oorzaak voor de genezing is, maar simpelweg dat niet het medicijn die oorzaak is. Bijvoorbeeld het vertrouwvol inpraten van de arts. Waarom niet? De studie der menselijke psychologie toont aan dat op dit gebied nog alles mogelijk is. Of iets dat nog moeilijker te traceren is: elke keer dat de arts een gegeven medicijn uit zijn kast haalt stoot hij zijn pennendoos van het bureau; een aantal patiënten bukt zich om die doos op te rapen, en de bukbeweging maakt een geklemde nekzenuw los, waardoor de klacht verdwijnt. Hier is dus wel sprake van correlatie met het medicijn, maar niet van directe causaliteit van medicijn naar genezing. En toch zou het onjuist zijn om uit correlatie niet oorzakelijkheid te concluderen, ook al ligt die oorzakelijkheid in een bijzaak als de bukbeweging.

De volledigheid van de quantummechanica impliceert fundamentele onvoorspelbaarheid. Correlaties impliceren causaliteit. *De combinatie in de natuur van quantummechanische volledigheid en correlatie – van fundamentele onvoorspelbaarheid en causaliteit –, niet naast elkaar, maar als aspecten van één fenomeen, wijst op het bestaan van een bron die op causale manier keuzes maakt in de natuur, die niet door de natuurkunde beschreven kunnen worden.* Ervan uitgaande dat de natuurkunde alle materiële wisselwerking beschrijft, bestaat er derhalve iets niet-materieels dat invloed uitoefent op de materie. Deze invloed valt per definitie buiten het domein van de natuurkunde, en toch zijn de natuurkundige wetten als het ware veroordeeld tot de beschrijving van de gevolgen ervan. De natuurkunde moet het daarom met statistische beschrijvingen doen, en draagt daarmee het onmiskenbaar stempel der onvolledigheid.



4. Filosofische conclusies

De onvolledigheid van biologie, wiskunde en natuurkunde wijzen op een niet-materieel aspect in de mens. Een filosofisch model van onze wereld dat consistent wil zijn met genoemde ontdekkingen in de twintigste eeuw mag daarom niet *monistisch* zijn (uitgaan van één enkel principe), zoals het materialisme of het idealisme. Probleem is immers dat de mens gehoorzaamt aan twee soorten wetten: aan natuurwetten en aan geestelijke wetten, die het domein van de vrijheid beslaan. De wetten zijn weliswaar van volledig verschillende aard, maar de mens is één. Het dualisme van Descartes is daardoor kansloos, evenals dat van Kant. Hoe staat het dan met het aristotelisch-thomistisch model: is dat misschien te rijmen met bovengenoemde feiten? Mijns inziens wel. In het kader van deze lezing zal ik me beperken tot twee voorde hand liggende tegenwerpingen.

Het thomisme kent een vegetatieve ziel toe aan planten, en een sensitieve aan dieren. Deze ziel bepaalt als *forma substantialis* hun metafysische essentie. Hoe kan dan een dier wezenlijk gelijkwaardig zijn aan een computer? Welnu, ook een computer heeft zijn thomistische ziel, die men 'processief' zou kunnen noemen. Deze ziel voldoet aan de belangrijkste thomistische eigenschap van zielen, namelijk dat ze principes van werking zijn. De processieve, vegetatieve en sensitieve zielen hebben gemeen dat ze vergaan met de materiële ordening, in tegenstelling tot de menselijke ziel (*Summa Theologiae* I 76, ad 4), die de vernietiging van het lichaam overleeft. Het verschil tussen de verschillende *formae immensae* (zielen van computers, planten en dieren) is niet wezenlijk maar gradueel. Dit blijkt duidelijk uit het feit dat het biologisch gezien onmogelijk is om een scherpe lijn te trekken tussen plant en dier, net zomin als een scherpe lijn getrokken kan worden tussen seksuele en asexuele voortplanting, of tussen organisch leven en niet-leven. Dat dierlijk leven zoveel rijker is dan computer-output is daarom niet het gevolg van een wezenlijk, maar slechts gradueel hogere ziel, die volledig kan worden teruggebracht tot programmeringsintelligentie. Het antwoord op de titel vraag luidt hiermee dat menselijk denken een niet-materiële bezigheid is die weliswaar gebruik maakt van de signaal-verwerkende activiteiten van het menselijk brein, maar daarvan wezenlijk onderscheiden is.

Is deze visie daarom Cartesiaans, in de zin dat de ziel een toevoegsel is aan de geordende materie? Geenszins: de dierlijke ziel bestaat immers uit de programmeringsintelligentie, en deze is uiteraard niet materieel. Het thomistische principe dat de ziel een substantiële vorm is, wordt daarmee geen geweld aangedaan. De substantiële vorm van de mens staat operaties toe op verschillende niveaus: van spijsverteren via breinfuncties tot denken. De enige ordeningsonafhankelijke ziel is de menselijke, waardoor de mens als enig organisme in staat is tot geestelijke handelingen: willen en denken.

Omdat dit congres uitgaat van de Stichting Medische Ethiek wil ik graag besluiten met enkele woorden over ethiek. De enige wezenlijke discontinuïteit in de natuur is niet het onderscheid tussen organisch leven en anorganische structuur, maar tussen begeesterd en onbegeesterd leven. Dieren zijn onbegeesterd –mij is geen enkele tegenindicatie bekend– en daardoor niet in staat tot ethische handelingen. Wel hebben dieren hun gedragscode. Het verschil tussen gedragscode en ethiek is dat een gedragscode materiële noodzaak is (beantwoordt aan natuurwetten), terwijl ethiek geestelijke noodzaak is (beantwoordt aan geestelijke wetten). De geestelijke wetmatigheid, grond van ethiek, bestaat in de terugslag op de *handelende partij* van zijn of haar eigen handelen: moord op een onschuldige is altijd schadelijk voor de handelende partij. Dat er ook schade optreedt bij het slachtoffer is eveneens wetmatig, maar in eerste instantie van materiële oorsprong, net zoals bij dieren.

Overgenomen met toestemming van uitgeverij Colomba.