

De intuïties voorbij

Een biologische interpretatie van cognitie

Fred Keijzer

Abstract

Beyond intuitions: A biological interpretation of cognition

How can the study of cognition become an ordinary science that is intrinsically connected to the other natural sciences? Since the cognitive revolution in and around psychology, ‘cognition’ has become the standard term to refer to the processes that make us – humans – intelligent. The interpretation of this cognitive domain and cognition itself, however, has never become really clear. First, cognition is a mental concept that is conceptually linked with theories and ideas that are not self-evidently connected to the world as described by the natural sciences. In addition, cognition tends to remain a phenomenon that we recognize ‘on sight’, without the need for an explicit demarcation criterion, a ‘mark of the cognitive’. In this paper, I abandon this intuition-based demarcation of cognition and propose an unequivocal biological one. This biological demarcation does not build on our current intuitions concerning cognition and in any many cases will not be in line with these. As a consequence, the direct conceptual connection between cognition and the traditional notion of ‘mind’ will be cut and the term ‘cognition’ will acquire a fundamentally different meaning. However, the term ‘cognition’ can and will be maintained, as with its new meaning it still refers to the processes that make us humans – as well as other organisms – intelligent: it still covers the scientific domain that its original form was meant to cover, although now with some additional areas.

The proposal states that cognition is to be interpreted as the interactions between organisms and their environments together with the organismal structures specifically involved in this interaction. This proposal gives a specific material foundation to cognitive phenomena, which can act as the empirical basis for existing and new cognitive theory formation that will place human cognition unequivocally in the wider framework of living organizations.

Some of the implications of the proposal will be further illustrated by differentiating between agents and organisms. When organisms rather than agents form the focal point for cognition, due consideration can be given to ongoing research on intelligence in bacteria, plants and fungi, as well as research concerning the fundamental roles played by nervous systems in animals.

Keywords: embodied cognition; biocognition; enactivism; mark of the cognitive; organisms; nervous system

Sinds de cognitieve revolutie in en rondom de psychologie is ‘cognitie’ een standaardterm geworden om te verwijzen naar de processen die ons – mensen – intelligent maken. De bestudering van cognitieve verschijnselen werd daarmee een specifiek empirisch onderzoekdomein. De interpretatie van dit domein en van cognitie is echter nooit erg eenduidig geworden. Kort gezegd is de situatie dat betrokken wetenschappers intuïtief inschatten wat wel en wat niet cognitief genoemd mag worden en zo de grenzen van het cognitieve domein afbakenen. In dit artikel neem ik afstand van die intuïtieve afbakening van het cognitieve domein en doe het voorstel voor een eenduidige biologische herinterpretatie van cognitie. Concreet gezien betekent dit dat ‘cognitie’ een fundamenteel andere betekenis krijgt, maar dat de term ‘cognitie’ gehandhaafd blijft omdat deze ook dan verwijst naar de processen die ons – net als vele andere organismen – intelligent maken.

De structuur van dit artikel is als volgt. In paragraaf één bespreek ik de vraag naar de omschrijving van cognitie en stel ik dat de term ‘cognitie’ zou kunnen dienen als technische

aanduiding voor een specifiek materieel onderzoekdomein. Ik dissocieer cognitie daarbij van mentale processen en de geest (*mind*). In paragraaf twee introduceer ik een voorstel voor een zeer brede biologische interpretatie van cognitie. In paragraaf drie positioneer ik dit voorstel ten opzichte van een aantal andere biologische interpretaties, in het bijzonder het enactivisme. Paragraaf vier werkt het voorstel in iets meer detail uit aan de hand van een verdere differentiatie tussen actoren en organismen. Daarbij wordt afstand genomen van een actorinterpretatie waarvan gesteld wordt dat deze essentiële aspecten van cognitie buiten beeld houdt. Als alternatief wordt gepleit voor een interpretatie die het organisme centraal stelt. Dit organismale perspectief wordt geïllustreerd aan de hand van recent onderzoek naar de vroege evolutie van zenuwstelsels en de specifieke dierlijke configuratie die daarmee samenhangt.

1. Wat is cognitie?

De term ‘cognitie’ heeft binnen de cognitieve wetenschappen nooit een eenduidige definitie of omschrijving gekregen. Of beter gezegd, geen van de tot nu toe voorgestelde omschrijvingen of definities zijn door een duidelijke en dominante meerderheid van betrokken wetenschappers aanvaard als de standaardinvulling van ‘de processen die ons intelligent maken’. Sommige wetenschappers hanteren een zeer restrictieve opvatting van cognitie die beperkt blijft tot taken die voor mensen complex zijn, zoals schaken en expliciet logisch redeneren. In dit geval is cognitie voorbehouden aan mensen, kunstmatige cognitieve systemen, en misschien een zeer beperkt aantal diersoorten zoals bonobo’s. Andere wetenschappers hanteren cognitie als een breder concept dat ook niet-bewuste perceptuele en geheugenprocessen omvat, zoals in Neissers klassieke omschrijving:

The term ‘cognition’ refers to all processes by which the sensory input is transformed, reduced, elaborated, stored, recovered, and used. It is concerned with these processes even when they operate in the absence of relevant stimulation, as in images and hallucinations. (Neisser 1967: 4)

Daarnaast kan het plannen en uitvoeren van complexe motorische taken als cognitief worden omschreven (Jeannerod 1997). Veel cognitiewetenschappers benadrukken dat ook emoties binnen een breed cognitief kader moeten worden ingepast (Damasio 2000). Sinds de opkomst van ‘belichaamde cognitie’ is de reikwijdte van deze mogelijke interpretaties nog breder geworden. Zo interpreteren sommige auteurs gedrag van eenvoudige dieren en robots cognitief omdat het om zeer complexe vaardigheden gaat en intelligentie sterk afhankelijk is van organisme-omgeving interacties (o.a. Brooks 1999; Beer 2003; Van Duijn, Keijzer en Franken 2006). Dit gedrag lijkt alleen eenvoudig en niet-cognitief omdat wij – onze lichamen – er heel erg goed in zijn geworden na een kindertijd lang oefenen. Een andere claim binnen de belichaamde cognitie stelt dat cognitieve processen niet beperkt zijn tot wat zich onder de huid afspeelt, maar zich tot in de omgeving uitstrekken. Dit is het idee van een *extended mind* (Clark en Chalmers 1998; Clark 2008). In antwoord op de notie van een extended mind is de oproep gekomen om een (interne) *mark of the cognitive* te formuleren (Adams en Aizawa 2001; Adams en Garrison 2013; Shapiro 2011; Rowlands 2010). Weer een andere interpretatie legt een direct verband tussen cognitie en levende systemen, zoals binnen de autopoietische benadering van Maturana en Varela (1980), het oorspronkelijke enactivisme van Varela, Thompson en Rosch (1991; Thompson 2007) en de biogenische benadering van Lyon (2006a, 2006b; Lyon en Keijzer 2007).

Deze conceptuele onbepaaldheid van cognitie is nu ook een issue geworden binnen de cognitieve neurowetenschappen. Bij neuroimaging-onderzoek zijn er diepe problemen met de

psychologische interpretatie van de data die verkregen zijn bij hersenscans (Uttal 2001). Standaard psychologische termen zijn niet eenduidig te vertalen naar de gevonden data (o.a. Anderson en Pessoa 2011; Klein 2010; Poldrack 2006) en inmiddels wordt er gepleit voor een nog te ontwikkelen *cognitieve taxonomie* die wél aansluit bij het onderzoek (Anderson 2015; Poldrack 2010). Kortom, cognitie – de processen die ons intelligent maken – is op dit moment geen eenduidig en helder wetenschappelijk begrip of domein, maar wordt binnen de verschillende domeinen van de cognitiewetenschappen op zeer diverse manieren geïnterpreteerd.

Zonder brede consensus over cognitie blijft het ook onduidelijk wat precies het domein is van de cognitieve wetenschappen, zoals de psychologie maar ook (onder andere) delen van de biologie, medische wetenschappen en computationele wetenschappen. Dit gebrek aan consensus is echter tot nu toe niet algemeen als extreem problematisch ervaren. Binnen de verschillende disciplines zijn er duidelijke vragen om aan te werken en de relevantie van gebieden waar men cognitie anders interpreteert is niet altijd evident. Waarom zou onderzoek naar bijvoorbeeld de *attentional blink* (Raymond, Shapiro en Arnell 1992) rekening moeten houden met bijvoorbeeld de theorievorming over keuzegedrag bij planten (Trewavas 2005, 2009)? In dit licht kan gesteld worden dat deze en andere onderwerpen die als cognitief worden gekenmerkt weinig gemeenschappelijks hebben. In dit geval is het ook maar de vraag of ‘cognitie’ überhaupt wel naar een coherent en eenduidig te maken wetenschapsdomein refereert. Wellicht moeten we genoeg nemen met het idee dat een los domein dat afgebakend wordt door onze alledaagse psychologische toeschrijvingen voldoende is (o.a. Clark 2008; Hutto, Kirchoff en Myin 2014).

Een belangrijke reden voor deze losse interpretatie lijkt te zijn dat de acceptatie van een proces of systeem als zijnde cognitief sterk afhankelijk is van intuïties die gevormd worden binnen de zogenoemde alledaagse psychologie (*folk psychology*). Cognitie en de geest (*mind*) zijn concepten die ontstaan zijn binnen het vocabulaire dat wij allemaal gebruiken om de handelingen van onszelf en onze medemensen te beschrijven en te begrijpen. De toepasbaarheid van dergelijke concepten is sterk afhankelijk van de intuïties van de gebruiker en de systematische theorievorming erover zoals, bijvoorbeeld, in de *philosophy of mind*. De kennis en empirische vragen die een wetenschapper stelt kunnen de intuïtieve oordelen van onderzoekers sterk beïnvloeden, maar het blijft vrijwel onmogelijk om een eenduidige set van criteria op te stellen die algemeen te accepteren zijn.

Het is een interessante vraag of deze intuïtieve demarcatie van het cognitieve domein uiteindelijk voldoende is als basis voor een cognitieve wetenschap. Er zijn goede redenen om hieraan te twijfelen. Lyon (2006b) vergelijkt bijvoorbeeld de ontwikkeling van de cognitieve wetenschappen – zonder een eenduidig materieel domein – met de moleculaire biologie die dat wel heeft en in de laatste vijftig jaar de cognitieve wetenschappen ver achter zich gelaten heeft met de opbouw van een cumulatieve kennisstructuur die steeds verder en preciezer wordt ingevuld. De neurowetenschappen passen deze strategie ook toe, met veel succes, maar zoals gezegd, juist de aansluiting daarvan met de cognitieve wetenschappen blijft tot nu toe problematisch (Anderson 2015; Poldrack 2006, 2010; Uttal 2001). Het domein cognitie is veel losser ‘gedefinieerd’ en omvat een groot aantal deeltheorieën die verschillende aspecten ervan beschrijven zonder dat deze in een omvattend, cumulatief groeiend verband passen. Zolang cognitie iets is wat we ‘op het zicht’ moeten herkennen blijft het een ongrijpbaar fenomeen en lijkt gebrek aan een duidelijke algemene theorievorming over cognitie één van de grote beperkingen bij het interpreteren van neurowetenschappelijke data.

In hoeverre is het mogelijk om deze situatie te veranderen en helderheid te scheppen over cognitie? Een mogelijke manier is om cognitie zodanig te definiëren dat het goed aansluit bij de praktijk en het onderzoek van de huidige cognitiewetenschappen (Stepp, Chemero en Turvey 2011). Het nadeel hier is dat dit voorstel de huidige praktijk volgt en geen

richting geeft aan die praktijk om te komen tot een eenduidige demarcatie van cognitie. De hier gekozen alternatieve strategie is om cognitie los te koppelen van de alledaagse intuïtieve afbakening van cognitieve verschijnselen.

Door cognitie te herinterpreteren en te definiëren als een specifiek natuurlijk en materieel domein ontstaat er een basis om theoretische voortgang en consensus af te dwingen, ook als die ingaat tegen sommige alledaagse psychologische interpretaties en intuïties. In dit geval zijn de huidige cognitiewetenschappen niet leidend wat betreft het domein van cognitie en is de voorgestelde demarcatie vooral een voorstel om een werkbaar wetenschappelijk domein af te bakenen, ook al gaat dat in tegen de gevestigde praktijken. De vraag naar een bruikbare cognitieve ontologie binnen de huidige neurowetenschappen, zoals Poldrack en Anderson deze bepleiten, is een aanwijzing dat er in ieder geval een behoefte is om deze mogelijkheid te verkennen en los te komen van de alledaagse interpretatie van cognitie.

In dit artikel zal ik een voorstel doen voor de afbakening van cognitie dat zich niet beroept op oordelen uit de alledaagse psychologie. Volgens dit voorstel is cognitie een breed verspreid biologisch verschijnsel dat bestaat uit de systematische organisme-omgevingsinteracties waarmee organismen hun externe bestaansvoorwaarden manipuleren. De sensomotorische processen die we zo goed kennen van mensen en andere dieren zijn hiervan een goed voorbeeld. Maar er is geen a priori reden om aan te nemen dat dit de enige relevante interacties zijn die het cognitieve domein constitueren. De theorievorming op dit punt zal empirisch gefundeerd moeten zijn en rekening moeten houden met (toekomstig) onderzoek. Of de aanduiding ‘cognitief’ vervolgens veel breder wordt dan onze intuïtieve toeschrijvingen van cognitie of de huidige cognitiewetenschappen is dan niet zo relevant.

Voordat ik inga op de inhoud van dit voorstel is het essentieel om de achterliggende aannames en doelstellingen expliciet te maken. Het voorstel richt zich op het gebruik van ‘cognitie’ als een technische, wetenschappelijke term die *prescriptief* een empirisch terrein afbakent waar de cognitieve wetenschappen zich op zouden moeten richten. Het is geen beschrijving van het cognitieve domein zoals dat op dit moment wordt geaccepteerd. Het voorstel richt zich op theorievorming over sub-persoonlijke processen binnen de cognitieve wetenschappen (Keijzer 2001). Ik koppel de term ‘cognitie’ daarbij los van de alledaagse notie die men vaak als equivalent hanteert voor de menselijke geest (in de betekenis van *mind*). De hier voorgestelde technische interpretatie impliceert daarmee een conceptuele dissociatie tussen *een natuurlijk en materieel cognitief domein* en het grote conceptuele cluster rondom de geest en *mentale processen*. Discussies over mentale processen zijn daarmee niet vanzelfsprekend toepasbaar in de context van cognitie en de verschillende cognitieve wetenschappen zijn binnen dit voorstel niet langer ‘the sciences of the mind’, maar de wetenschappen van cognitie.

De voorgestelde benadering lijkt enigszins op het eliminatief materialisme zoals Churchland (1981) dat ooit formuleerde. Een belangrijk verschil is dat ik geen uitspraken doe over de geest en ook geen voorstel doe voor het elimineren van onze alledaagse psychologie als wetenschappelijk domein. Het expliciete en onmiddellijke doel is om een autonoom cognitief domein te specificeren waar theorievorming mogelijk is die vrij kan bewegen ten opzichte van de vaak eeuwenoude interpretaties van en theorieën over de geest en mentale verschijnselen. Het is weliswaar mogelijk – misschien waarschijnlijk – dat de voorgestelde *cognitieve* theorievorming implicaties heeft voor onze visie op de geest en op mentale processen. Maar omdat de directe conceptuele connectie is doorgesneden blijft er ook aan de kant van de *philosophy of mind* bewegingsruimte om op nieuwe manieren gestalte te blijven geven aan ons mentale vocabulaire, mocht een biologische cognitiewetenschap daadwerkelijk van de grond komen.

Waarom is het belangrijk om hier vast te houden aan de term ‘cognitie’ in plaats van over te stappen naar een terminologie die helemaal los staat van ons mentale vocabulaire? Ik

heb twee redenen. Ten eerste, zoals hierboven is geïllustreerd, wordt cognitie nu al als een technische term gehanteerd en is de invulling ervan aan discussie onderhevig. Het huidige voorstel sluit aan bij dit project om cognitieve verschijnselen wetenschappelijk te expliciteren. Ten tweede is cognitie op dit moment een standaardterm om te refereren naar ‘de processen die ons intelligent maken’, wat die processen ook mogen zijn. Ook al verandert de interpretatie van wat die processen zijn, of hoe breed die processen gedacht worden, de referentie naar menselijke intelligentie blijft als deelverzameling binnen dit domein intact. Het gaat daarom nog steeds om de organisatie en de processen die ook mensen intelligent maken. Het huidige cognitieve domein blijft daarom intact, het wordt in het hieronder beschreven voorstel alleen anders gesitueerd, en de verklaringsmodellen veranderen. Maar dat is normaal binnen de wetenschappen, waar we nu nog steeds over materie spreken ook al is de conceptualisatie daarvan niet meer die van de oude Grieken.

Kortom, het concept cognitie is een passende technische term om het domein van de cognitieve wetenschappen aan te duiden. Het is een term die ook gedissocieerd kan worden van de mentale conceptuele context waar ze oorspronkelijk vandaan komt. Daarmee wordt de notie van cognitie een bruikbaar instrument om los te breken van de oude conceptuele mentale context die echte veranderingen bemoeilijkt.¹

2. Een biologische interpretatie van cognitie

Wat kan cognitie zijn als we deze term gebruiken voor een empirisch te onderzoeken wetenschappelijk domein dat we los van een mentaal conceptueel kader willen expliciteren? Het voorstel is dat cognitie opgevat kan worden als een empirisch domein dat deel uitmaakt van de levende wereld. Het doel is te verdedigen dat dit voorstel coherent is en een alternatief biedt voor een op mentale noties gebaseerde afgrenzing. In deze paragraaf zal ik eerst kort de uitgangspunten beschrijven die in belangrijke mate de vorm van het voorstel bepalen. Vervolgens geef ik een ruwe omschrijving van het centrale idee. In de daarop volgende paragrafen positioneer ik dit idee ten opzichte van een aantal vergelijkbare posities en werk ik het voorstel verder uit op basis van een onderscheiding tussen de concepten ‘actor’ en ‘organisme’.

Uitgangspunten

Het expliciete doel is om een initieel werkbaar *empirisch cognitief domein* te specificeren waar cognitieve theorievorming zich op kan baseren. Het doel is niet om een eenduidige en zo volledig mogelijke specificatie of *definitie* van cognitie te geven. Het interpreteren en begrijpen van cognitieve verschijnselen moet vooral gebeuren op basis van empirische overwegingen. Het huidige doel is om voor dit empirische project een voorstel te leveren voor een eenduidige en eenvoudig te identificeren materiële basis die niet van moment tot moment zal veranderen omdat wij individuele instanties wel of niet als cognitief beoordelen. Daarvoor is alleen een ruwe en voorlopige aanduiding van cognitie nodig, een aanduiding die steeds moet worden geëvalueerd en waar nodig herzien aan de hand van empirische inzichten.

Een centraal uitgangspunt voor die ruwe aanduiding van cognitie is dat het vooral een *praktisch* voorstel moet zijn dat een duidelijk materieel onderzoekdomein specificiert waarbinnen cognitieve verschijnselen zich afspelen. Dit domein zou daarbij ook liefst nieuwe

¹ Ook al is het hier voorgestelde nieuwe gebruik van de term ‘cognitie’ gepast, het betoog in dit artikel is niet afhankelijk van deze term. Een andere terminologie blijft mogelijk. Voor degenen die niet kunnen of willen meegaan in het voorgestelde gebruik van het woord cognitie stel ik voor om de aanduiding ‘cognitie’ in de tekst mentaal te vervangen door ‘biocognitie’ (Van Duijn 2011). Termen als ‘minimale cognitie’ (Beer 2003) of ‘proto-cognitie’ (Godfrey-Smith, in druk) zijn minder bruikbaar als alternatief omdat het beoogde domein ook menselijke cognitie omvat.

en concrete onderzoeksvragen en theorievorming moeten uitlokken en op deze manier vernieuwend werken. Het is daarbij bijvoorbeeld een desideratum dat het afgebakende domein een breed scala aan meer eenvoudige en meer complexe vormen van cognitie bevat, met de menselijke vorm als ultieme uitdaging. In dit geval is een graduele aanpak mogelijk waarbij het begrijpen van eenvoudiger vormen van cognitie een basis legt voor het beter begrijpen van menselijke cognitie. Kandels beroemde werk met *Aplysia* is een goed voorbeeld van de beoogde voordelen hier, een voorbeeld ook van een aanpak die veel systematischer gehanteerd kan worden. Daarnaast moet het het al bestaand onderzoek zo goed mogelijk incorporeren, tenzij er specifieke redenen zijn om onderdelen uit te sluiten of te herinterpreteren.

Een meer specifiek vertrekpunt voor het huidige voorstel is *belichaamde cognitie* – waaronder ik ook *embedded*, *extended* en *enactive cognition* schaar. De centrale les die ik uit dit veld wil halen is dat ook menselijke intelligentie volledig versmolten is de met perceptie-actie koppelingen tussen een lichaam en een omgeving (bijvoorbeeld Brooks 1999; Hurley 1998; Chemero 2011). Ik zal deze breed gedeelde nadruk op externe perceptie-actie koppeling hier overnemen als vertrekpunt.

Een volgend uitgangspunt dat ik zal hanteren is een *biologisch continuïteitsprincipe*. Menselijke cognitie is weliswaar het paradigmatische voorbeeld van cognitie, maar mensen zijn vanuit een biologisch perspectief maar één levensvorm naast vele andere. Het beperken van cognitie tot een vrijwel exclusief menselijk verschijnsel is een moeilijk te verdedigen vorm van *soortcentrisme*, waarbij we onszelf apart zetten van miljoenen andere diersoorten. Evolutionair gezien is dit niet plausibel. Zelfs al bestaat er een sterke discontinuïteit tussen bijvoorbeeld de redeneervermogens van mensen en die van andere dieren, dan nog bestaat er daarnaast een grote continuïteit voor zaken als perceptie, leren, gedrag, emoties en algemene hersenorganisatie. De filosoof Godfrey-Smith spreekt over cognitie als een verschijnsel dat breed verspreid is binnen het dierenrijk:

But when a fish negotiates its way around a reef, or a rat finds its way back to a food source, the internal processes responsible for these behaviors are varieties of cognition as well. (Godfrey-Smith 2002: 224).

Volgens Godfrey-Smith is cognitie een verschijnsel dat geleidelijk overgaat (*shades off*) in andere biologische processen en waarbij het niet mogelijk is een duidelijke grens te trekken met bijvoorbeeld groei of ontwikkelingsprocessen. Deze nauwe verwevenheid met andere biologische verschijnselen is ook evident in huidige ontwikkelingen binnen zowel de microbiologie (bijvoorbeeld Westerhoff e.a. 2014; Lyon 2015) en de plantkunde (Baluška, Mancuso, Volkmann en Barlow 2009; Trewavas 2005, 2009). Westerhoff en coauteurs stellen bijvoorbeeld dat ‘macromolecular networks in microbes confer intelligent characteristics, such as memory, anticipation, adaptation and reflection’ (Westerhoff e.a. 2014: 1).

Veel werk binnen belichaamde cognitie blijft voorlopig nog georiënteerd op alledaagse intuïties rondom menselijke cognitie (bijvoorbeeld Shapiro 2011; Clark 2008; Rowlands 2010). Deze beperking is hier opzij gezet en dan is het een natuurlijke stap om de nadruk op perceptie-actie koppeling biologisch te interpreteren en uit te werken. De biologische voorwaarde neutraliseert ook het vaak genoemde probleem van ‘pancognitie’. Dit is het idee dat dan eigenlijk alles wat in termen van perceptie-actie geïnterpreteerd kan worden, zoals thermostaten en elektrische deuren, een cognitief systeem zou zijn. Een biologische afbakening van perceptie-actie koppelingen, bijvoorbeeld als organisme-omgevingsinteractie, maakt de toepassing weliswaar veel breder dan wat tot nu toe gebruikelijk is, maar zeker niet universeel. Die brede interpretatie van cognitieve verschijnselen is voor het huidige voorstel ook een voordeel omdat het ruimte biedt aan de

vele niet-menselijke en ook niet-dierlijke verschijnselen die nu al regelmatig door onderzoekers cognitief worden genoemd. Het uitgangspunt van continuïteit zorgt er hier voor dat de cognitieve interpretatie aan kan sluiten bij dit onderzoek.

Een ander uitgangspunt is dat het cognitieve domein een eenduidig en breed karakter zou moeten hebben dat niet afhankelijk is van moeilijk vast te stellen en te expliceren beperkingen. Het domein moet verschillende verschijnselen kunnen incorporeren en met elkaar in verband brengen. Dit uitgangspunt vormt bijvoorbeeld een reden om cognitie niet te beperken tot organismen met een (centraal) zenuwstelsel. Deze beperking ligt misschien voor de hand als het gestelde doel vanuit de neurowetenschappen benaderd wordt, maar heeft belangrijke nadelen omdat het nu al als cognitief omschreven verschijnselen bij bacteriën en planten uitsluit. Het cognitieve domein moet daarom breder getrokken worden. Zenuwstelsels als cognitieve afbakening suggereren ook een essentieel verschil tussen cognitie bij organismen met en zonder een zenuwstelsel, terwijl dat gedragsmatig niet waargemaakt wordt en het ook een belangrijke empirische vraag is wat basale zenuwstelsels precies doen of toevoegen aan bestaande mogelijkheden tot gedrag (Keijzer, Van Duijn en Lyon 2013). Bovendien is een zenuwstelsel niet altijd eenvoudig te herkennen en vervult het zeer diverse functies (Jékely, Keijzer en Godfrey-Smith 2015). Kortom, het is voor meer basale levensvormen niet duidelijk waarom nu net zenuwstelsels het centrale onderscheidende criterium zouden vormen en ook praktisch levert het niet een heel eenduidig onderscheid op dat voldoet als afbakening van een cognitief domein. Een demarcatie die dieper gaat heeft mijns inziens de voorkeur.

Ten slotte is er de relatie van dit biologische voorstel met het expliciet buitengesloten conceptuele domein van mentale verschijnselen. De concepten die in het mentale domein thuishoren, verdwijnen niet zomaar en ook zijn er elementen binnen de voorgestelde biologische interpretatie van cognitie die niet op voorhand duidelijk of eenduidig in het cognitieve of het mentale domein horen. Vooral ons bewustzijn lijkt met evenveel recht in beide domeinen thuis te horen. Ik zal niet proberen om hier een uitgewerkt standpunt in te nemen, maar deze problematiek doorschuiven naar een later stadium. In dit artikel zal ik het voorstel voor een biologische afbakening van cognitie presenteren zonder gebruik te maken van evidente mentale concepten en zonder in te gaan op mogelijke implicaties voor het mentale domein.

Cognitie: een voorstel voor een strikt biologische interpretatie

Het probleem bij de bestaande intuïtieve interpretatie van cognitie is dat deze conceptueel niet gebaseerd is op een specifiek materieel domein. Cognitieve termen zoals denken en voelen zijn oorspronkelijk onafhankelijk van dit materiële domein geformuleerd en worden nu secundair aan een materieel domein gekoppeld, zoals nu gebeurt binnen de neurowetenschappen. Het voorstel hier is om te komen tot een conceptualisatie van cognitie die eenduidig vanuit een materieel domein vertrekt. Het gestelde doel is het formuleren van een materieel domein van verschijnselen waarvan de aanwezigheid (voor zover we dat nu in kunnen schatten) noodzakelijk en voldoende is om te spreken van cognitieve verschijnselen. Dit is het voorstel:

Cognitie is een wijd verspreid biologisch verschijnsel dat bestaat uit systematische externe organisme-omgevingsinteracties samen met de bijbehorende organismale organisatie waarmee organismen hun externe bestaansvoorwaarden manipuleren.

Het basale organisatieniveau van levende systemen bestaat uit een geheel van complexe biochemische processen. Deze biochemische processen, samen met de producten die ze genereren, bijvoorbeeld complexe moleculen, membranen, weefsels en buiten-cellulaire

structuren (zoals schelp, bindweefsel en bot), constitueren elk individueel levend systeem. De meest basale vormen bestaan uit eencelligen, met name bacteriën en archaea, terwijl meercellige organismen bestaan uit grote groepen samenwerkende cellen en hun vaak extensieve buiten-cellulaire structuren. Een centraal concept hierbij is *metabolisme*, ‘the integrated network of biochemical reactions that supports life in a living organism’ (Henderson’s Dictionary of Biology 2005). ‘Metabolisme’ beschrijft zo deze biochemische processen als een samenhangend geheel dat levende systemen in stand houdt en opbouwt.

Dit geïntegreerde netwerk van metabolische reacties en haar producten is voor haar voortbestaan echter afhankelijk van een breed scala aan factoren die daar extern aan blijven. Het netwerk is bijvoorbeeld afhankelijk van een voldoende toevoer van energie, van de aan- en afvoer van nuttige, respectievelijk schadelijke stoffen, en van algemene chemische en fysische randvoorwaarden, zoals een chemische omgeving die niet interfereert met deze biochemische processen en een fysische omgeving die binnen bepaalde temperaturen blijft en niet de fysieke integriteit van het netwerk verstoort. Met andere woorden, het geheel van metabolische processen en de daarmee samenhangende, zelf gegenereerde materiële structuren die samen een levend systeem constitueren – ik zal verder de term ‘organisme’ gebruiken – is sterk afhankelijk van de omstandigheden buiten dit organisme.

Organismen zijn in staat om deze externe omstandigheden op allerlei manieren te manipuleren door een breed scala aan interactieve processen, zoals de chemotaxis die veel bacteriën laten zien, het oriënteren van plantenwortels ten opzichte van relevante stoffen in de bodem, het vinden en innemen van voedsel door dieren, en het oplossen van Rubiks kubus door mensen. Deze interactieve processen tussen elk organisme en haar omgeving vormen een domein van systematische en aan het organisme externe relaties die samen een plausibel materieel aanwijsbaar cognitief domein vormen. In dit voorstel bestaat cognitie uit het web van relaties tussen een organisme en haar omgeving waarmee dit organisme haar externe bestaansvoorwaarden manipuleert. Analoot aan, en als aanvulling op de notie van *metabolisme* zal ik de term *cobolisme*² gebruiken om te verwijzen naar dit externe geïntegreerde netwerk van organisme-omgevingsinteracties die elk organisme omgeeft samen met de daarbij horende organismale organisatie. Alleen en alle processen die deel uitmaken van een dergelijk cobolisme zijn volgens dit voorstel cognitief. De sensomotorische processen zoals we die kennen bij mensen en andere dieren zijn een duidelijk voorbeeld van cobolisme, maar het voorstel interpreteert dit cobolisme veel breder, en daarmee ook cognitie. Hoe dit er verder precies uit moet gaan zien is vervolgens een kwestie van verdere conceptuele ontwikkeling in samenhang met empirische theorievorming. Ik kom hier in paragraaf vier nog op terug.

Samenvattend, cognitie wordt in dit cobolisme-voorstel opgevat als een breed biologisch verschijnsel dat verwijst naar de manier waarop organismen processen buiten hun metabolische organisatie manipuleren ten bate van die metabolische organisatie. Deze algemene omschrijving specificceert een breed domein van verschijnselen die we als cognitief aanmerken. Binnen dit domein is er een enorme diversiteit en zijn er vele verschillende gradaties van complexiteit waar menselijke vormen van cognitie ook bij horen. Er zal een verdere differentiatie nodig zijn binnen dit domein op basis van empirisch gestuurde theoretische overwegingen. Ondanks al deze diversiteit levert het centraal stellen van organisme-omgevingsinteractie een praktisch en theoretisch goed verdedigbaar criterium voor een onafhankelijke materiele basis van cognitieve verschijnselen.

3. Positionering van het voorstel

² De term ‘cobolisme’ is gebaseerd op een afkorting van ‘cognitief’ samengevoegd met de stam van ‘metabolisme’. De associatie met ‘co-’ in de betekenis van ‘samen’ sluit goed aan bij het gebruik van de term.

De hier voorgestelde afbakening van cognitie sluit aan bij een aantal andere recente benaderingen die ook cognitie – of bewustzijn – met biologie verbinden, maar wijkt daar op verschillende punten ook van af. Belichaamde cognitie gecombineerd met een algemeen biologisch continuïteitsprincipe zijn hierboven al genoemd als het vertrekpunt van het cobolisme-voorstel. Het meest relevante verschil is dat bij belichaamde cognitie perceptie-actie koppelingen vaak genoemd worden als de kern van cognitie, ook bij zogenaamde minimale cognitie (o.a. Brooks 1999; Beer 2003; Keijzer 2001). Deze perceptie-actie terminologie is gebaseerd op een dierlijk soort lichaam dat dient als vertrekpunt. Binnen het cobolisme-voorstel is de dierlijke configuratie een specifieke vorm die niet fundamenteel is, maar een specifieke multicellulaire vorm die pas bij de Cambrische Explosie – ongeveer 540 miljoen jaar geleden – zijn definitieve vorm heeft gekregen (Trestman 2013; Keijzer, Van Duijn en Lyon 2013). Ik zal dit punt straks verder uitwerken als een meer gedetailleerde illustratie van het voorstel.

De nadruk op de biologische wortels van mentale en cognitieve processen is ook terug te vinden bij filosofen als Goodson (2003), Lyon (2006a, 2006b), Sheets-Johnstone (2011) en Godfrey-Smith (2002, in druk). Zonder te claimen dat deze auteurs het cobolisme-voorstel zouden onderschrijven kan gezegd worden dat ook deze auteurs de continuïteit van levende en van cognitieve processen benadrukken. Godfrey-Smith schrijft bijvoorbeeld dat:

all the systems we know of that are clear and uncontested cases of systems with minds are also living systems. The same is true of nearly all the usual contested candidates for having a mind – simple animals. The exceptions to this generalization about contested cases are sophisticated AI systems. A converse principle is also true: all known (metabolically) living systems engage in some cognitive or proto-cognitive processes. (Godfrey-Smith, in druk)

Lyon stelt de biologische basis van cognitie ook centraal en pleit voor een biogenische benadering van cognitie die niet menselijke cognitie als vertrekpunt neemt, maar algemene biologische principes. Een biogenische benadering vormt een methodologisch principe voor de wetenschappelijke aanpak van cognitieve verschijnselen: bestudeer eerst minder complexe vormen van cognitie en probeer deze te begrijpen en daarbij een werkbaar theoretisch kader op te bouwen voor te proberen menselijke cognitie aan te pakken. Haar centrale voorbeeld hierbij bestaat uit cognitief te noemen verschijnselen bij bacteriën (Lyon 2015). Het huidige voorstel past binnen een dergelijke biogenische benadering, al is dit voorstel compatibel met een brede spreiding van onderzoek naar cognitie die ook menselijke cognitie omvat.

Er is ook een belangrijk verband tussen het cobolisme-voorstel en de autopoietische traditie zoals die teruggaat op het vroege werk van Maturana en Varela (1980; Villalobos 2013). Autopoiese, te omschrijven als zelfproductie binnen een biochemische metabolische organisatie, werd later centraal voor het enactivisme van Varela waarbinnen subjectieve ervaring centraal werd gesteld (Varela, Thompson en Rosch 1991; Thompson 2007). Deze traditie is complex en omvat veel verschillend werk en discussies. Ik kan hier alleen enkele zaken noemen die direct relevant zijn. Het huidige voorstel sluit aan bij de oorspronkelijke stelling van, vooral, Maturana waarbij elke vorm van leven ook een vorm van cognitie is, een punt dat later door Stewart geformuleerd werd als ‘life = cognition’ (Stewart 1995). Het cobolisme-voorstel is strikt genomen echter niet autopoietisch met de daaraan verbonden specifieke theoretische implicaties en problemen zoals Di Paolo (2005) die naar voren bracht. In plaats van autopoiese benadrukt het cobolisme-voorstel het belang van metabolisme als de constitutieve basis voor cognitieve processen en de normatieve basis voor positieve en negatieve feedback voor een cobolisme. Cognitie is in het huidige perspectief specifiekere dan een volledige gelijkshakeling van cognitie en leven.

Sinds het oudere werk van Maturana en Varela is er door de opkomst van het enactivisme echter het nodige veranderd in deze theorievorming over cognitie en ervaring (Froese en Di Paolo 2011; Villalobos 2013). De nadruk op autopoïese en de bijbehorende chemische processen is hier verschoven naar een breder concept van autonomie, maar ook van adaptiviteit en *sense-making* – een relationeel domein van interacties tussen een interne dynamica en een externe omgeving (Froese en Di Paolo 2011). Deze context vormt ook de basis voor een biologische interpretatie van actoren als basis van cognitie (Barandiaran, Di Paolo en Rohde 2009; Moreno en Mossio 2015). Froese en Di Paolo formuleren het als volgt: er zijn drie voorwaarden waar een systeem aan moet voldoen voordat het geaccepteerd kan worden als *a genuine agent*:

(i) a system must define its own individuality (identity), (ii) it must be the active source of activity in relation to its environment (interaction asymmetry), and (iii) it must regulate this activity in relation to certain norms (normativity). (Froese en Di Paolo 2011: 10)

Vervolgens dient deze specifieke interpretatie van actoren in combinatie met een van het metabolisme ontkoppelde interpretatie van zenuwstelsels als verdere voorwaarde voor het toeschrijven van cognitie: ‘Cognition is the regulated sensorimotor coupling between a cognitive agent and its environment’ (ibid. 18, nadruk toegevoegd). In tegenstelling tot Maturana’s (en Varela’s) oorspronkelijke interpretatie waar cognitie intrinsiek verbonden is met een levende organisatie, wordt cognitie hier veel specifieker geïnterpreteerd. Deze interpretatie is ook niet noodzakelijk gebonden aan levende systemen zolang een systeem maar aan een aantal relevante voorwaarden voldoet (Froese en Ziemke 2009).

Zolang het gaat om de brede biologische basisvoorwaarden sluit het cobolisme-voorstel goed aan bij deze systematische benadering van cognitie binnen het moderne enactivisme en bij de theorievorming over biologische autonomie (o.a. Moreno en Mossio 2015). Er is echter een belangrijk verschil als het gaat om de interpretatie van cognitie, wat onder andere naar voren komt in de mate van detail van beide benaderingen. Het cobolisme-voorstel blijft heel algemeen terwijl theorievorming over biologische autonomie streeft naar een gedetailleerde uitwerking van cognitie en actorschap als een biologisch fenomeen. Het cobolisme-voorstel probeert ‘cognitie’ een nieuwe betekenis te geven die gebaseerd is op een specifiek materieel domein. Aan de hand van deze ruwe domeinbepaling moet verdere wetenschappelijke theorievorming maar bepalen wat het verschijnsel cognitie precies inhoudt. Bij theorieën over biologische autonomie wordt geprobeerd cognitie te formuleren als een biologisch fenomeen terwijl de intuïtief relevante eigenschappen van cognitie intact blijven.

In de gangbare, intuïtief plausibele interpretaties van cognitie is het echter niet evident dat er sprake is van een noodzakelijk conceptueel of zelfs organisatorisch verband tussen leven en cognitie. Ook al zijn er veel verbanden tussen beide, ze zijn conceptueel eenduidig te dissociëren in gedachtenexperimenten en de belofte van kunstmatige intelligentie en robotica. Uiteindelijk is dit de oude discussie die al door de Turing Test expliciet werd gemaakt: Als wij op basis van alledaagse overwegingen een mechanisme niet meer kunnen of willen onderscheiden van een menselijk voorbeeld, dan moet dit voldoende zijn om er cognitie aan toe te schrijven. Maar als de evidente eigenschappen van cognitie aanwezig kunnen zijn zonder een biologische organisatie, dan wordt het een complexe zaak om te verdedigen dat die biologische organisatie een voorwaarde voor cognitie is.

Het cobolisme-voorstel legt een ander verband tussen cognitie en biologie. Het neemt expliciet afstand van de intuïtieve herkenbaarheid van cognitie en *definieert* cognitie in termen van een cobolisme. Deze verandering zet bijvoorbeeld de Turing Test buitenspel omdat de uitkomst daarvan niet langer relevant is voor het toeschrijven van cognitie. Zoals

gezegd ligt de motivatie om deze grote stap te maken bij het streven om een eenduidig en werkbaar materieel domein af te bakenen waar een toekomstige cognitiewetenschap zich op kan baseren: zolang de aanwezigheid van cognitie afhankelijk is van subjectieve toeschrijvingen die elke specifieke implementatie terzijde kunnen schuiven is er een te beperkte empirische basis voor een systematische en cumulatieve wetenschappelijke aanpak.

De grote vraag die deze claim oproept is natuurlijk hoe plausibel het is om te veronderstellen dat cognitie een dergelijke ingrijpende gedaanteverandering nodig heeft. Een beroep op toekomstige wetenschappelijke resultaten is al vaak genoeg gedaan zonder zich uit te betalen. Tegelijkertijd lijkt er het risico te zijn dat een ander belangrijk domein van cognitieve verschijnselen buiten deze cognitiewetenschap zal vallen. Immers, waarom zouden kunstmatige intelligente systemen niet cognitief kunnen zijn en op deze manier via de definitie buitengesloten moeten worden? Het essentiële punt is echter niet dat de mogelijkheid ontkend wordt dat kunstmatige systemen vergelijkbaar zijn met organismen en daarom ook cognitief *kunnen* zijn. Het punt is dat het tot nu toe nog *onzeker* is of kunstmatige systemen vergelijkbaar zijn met organismen op de punten die er uiteindelijk toe doen voor cognitie. Het is op dit moment onduidelijk of we op termijn zullen concluderen dat kunstmatige systemen (zoals we die nu kennen) wel of niet een vergelijkbare cognitieve organisatie hebben als organismen. Om daar achter te komen zal er een duidelijke focus moeten komen op die biologische organisatie. Kortom, de bestudering van cognitie heeft baat bij een niet-arbitrair materieel domein waarbinnen het onderzoek kan doen.

Dit antwoord klinkt zonder verdere ondersteuning misschien nog steeds academisch en zonder duidelijke praktische implicaties, vooral als het gaat om menselijke cognitie. Om te laten zien dat die praktische implicaties er wel degelijk zijn en om deze ook zichtbaar te maken zal ik een schets geven van de nieuwe conceptuele mogelijkheden die hier ontstaan.

4. Actoren, organismen en zenuwstelsels

Een manier om de implicaties van een biologische interpretatie helderder te krijgen is door te kijken naar het verschil tussen actoren en organismen. Beide noties staan centraal in deze discussie en ze worden bij belichaamde cognitie vaak ook als equivalenten gebruikt. De uitdrukkingen actor-omgevingssysteem en organisme-omgevingssysteem komen beide regelmatig voor zonder dat hier sprake is van een significant verschil (o.a. Keijzer 2001; Beer 2003). De meeste organismen die hier als voorbeeld dienen zijn ook vanzelfsprekend als een actor te interpreteren en de biologische autonomie-positie (o.a. Froese en Di Paolo 2011) noemt *echt* actorschap expliciet als een voorwaarde voor cognitie. Cognitie draait in dit perspectief immers om meer dan het in stand houden van een metabolisme.

Ook ik denk dat cognitie meer is dan het faciliteren van metabolische processen, maar dan alleen vanuit de overtuiging dat dit als een empirisch gegeven vanzelf naar voren zal komen bij complexe vormen van cognitie. Het is onwenselijk om niet-metabolisme gerelateerde aspecten als *voorwaarde* te stellen om van cognitie te spreken. Belangrijker, het is voor cognitie conceptueel beperkend en misleidend om organismen primair te interpreteren als actoren.

Actoren

De term 'actoren' wordt op veel verschillende manieren gebruikt. De koppeling aan een organisme zoals Froese en Di Paolo voorstellen is maar één van de opties. Binnen de filosofie gebruikt men actoren in de context van een rationeel domein van redenen met problemen zoals *belief revision*. Bij belichaamde cognitie worden actoren vaak gezien als entiteiten met sensomotorische capaciteiten en binnen de AI en computerwetenschappen werkt men met software-actoren (Wooldridge en Jennings 1995). Al deze opties staan haaks op het huidige

voorstel voor een biologische interpretatie van cognitie. Ook de biologische herinterpretatie van actoren is een inperking die de eenduidige biologische basis ter zijde schuift en vervangt door de nauwelijks te beantwoorden vraag: Is er in individueel geval x sprake van ‘echt actorschap’? De notie van actoren (en actorschap) is afhankelijk van dezelfde soort intuïtieve oordelen die de demarcatie van cognitie zo moeilijk maakt. Het cobolisme-voorstel en actorschap zijn alleen hierom al geen goede combinatie.

Er is echter nog een ander en dieper probleem verbonden aan de notie van actoren en actorschap voor het cobolisme-voorstel. Dit wordt duidelijk als we kijken naar wat volgens mij de meest essentiële eigenschappen zijn van een beschrijving in termen van actoren. Er is sprake van een actor (en van actorschap) wanneer wij een beschrijving hanteren die in ieder geval drie delen omvat: een omgeving (bijvoorbeeld te beschrijven in termen van proposities of stimuli), een actor wiens eigenschappen omschreven kunnen worden in termen van relaties tot die omgeving (bijvoorbeeld in termen van propositionele attitudes of gedragsdisposities), en een verbinding tussen die twee domeinen (bijvoorbeeld in termen van waarnemen en handelen of een sensomotorische organisatie). Deze interpretatie benadrukt twee essentiële vooronderstellingen bij het hanteren van dit concept: (a) een externe wereld onder een specifieke beschrijving, en (b) hetzelfde beschrijvingsdomein maar nu als karakterisering van de actor.³ Kortom, spreken in termen van actoren gaat samen met een verdubbelde wereldbeschrijving die als vooronderstelling gehanteerd wordt.

Een centraal voorbeeld van het gebruik van een dergelijke beschrijving is onze alledaagse psychologie (*folk psychology*) met wereldbeschrijvingen als ‘Morgen is het mooi weer’ en actorbeschrijvingen als ‘Jan denkt dat het morgen mooi weer is.’ Concepten als ‘morgen’, ‘mooi’ en ‘weer’ en hun syntactische combinatie worden hier als vanzelfsprekend gebruikt, net als een specifieke relatie ‘denken’ tussen een entiteit ‘Jan’ en die wereldbeschrijving. Dit soort beschrijvingen en meer systematisch afgeleiden ervan zijn voor ons superhandig om te begrijpen hoe en waarom actoren handelen. Dennetts beroemde *intentional stance* is een goed voorbeeld van het belang van deze manier van verklaren. Ik wil ook absoluut geen algemene kritiek leveren op het gebruik of het belang van concepten als actor en actorschap in een breed scala aan toepassingen. Ik wil alleen kritiek leveren op het gebruik van dit conceptuele kader als de basis van waaruit we kunnen begrijpen hoe organismen cognitief functioneren.

Er zijn verschillende problemen die een fundamentele rol van actoren en actorschap voor het begrijpen van cognitie bemoeilijken. Ten eerste blijft het fysieke systeem dat de actor constitueert en beide wereldbeschrijvingen verbindt grotendeels buiten beeld en is dit conceptueel niet noodzakelijk voor de toepasbaarheid van een actor beschrijving: actorschap is even goed toepasbaar op organismen als op bovennatuurlijke, abstract filosofische en software-actoren. De mogelijke stap om alleen organismen tot ‘echte’ actoren te bestempelen blijft discutabel en past niet goed bij het brede gebruik van ‘actor’. Ten tweede bepaalt de actorbeschrijving de relevantie van het verbindende organisme. Als gedacht wordt in termen van een gradiënt van actoren die reikt van eenvoudig en dom tot complex en slim dan is de domme vorm niet iets om heel lang bij stil te staan. Het is ook niet evident dat de bestudering van domme systemen op een fundamentele manier kan bijdragen aan het begrijpen van een conceptueel kader dat we al helder vinden. Vanuit dit perspectief zijn de basale vormen van actorschap geen bijzonder interessant domein dat het belang van het cobolisme-voorstel ondersteunt. Ten derde is het onduidelijk waar de wereldbeschrijving voor zowel de actor als de omgeving vandaan komt binnen de gegeven verklaring. Wereldbeschrijvingen worden door ons gehanteerd, maar dit betekent niet dat ze zonder nadere verklaring in een cognitieve theorie mogen worden geïncorporeerd.

³ Het ligt misschien voor de hand om hier aan interne representaties te denken, maar dat is niet noodzakelijk. De actorbeschrijving kan ook in externalistische termen gebeuren zoals gedragsdisposities.

Stel dat de Jan die denkt dat het morgen mooi weer is geen mens is maar de perenboom in mijn tuin. Denkt Jan echt dat het morgen mooi weer is? Als perenboom is hij nu, eind september, druk bezig met het nemen van beslissingen over het nog wel of niet vasthouden van zijn blad, en het afrijpen van zijn peren. Het is mogelijk dat Jan onder invloed van de laatste paar mooie dagen nu de ‘verwachting’ heeft dat dit morgen ook nog wel aan zal houden en hij geen haast maakt met het winterklaar maken van de blaadjes. In dit geval is het aan de ene kant legitiem om Jan te beschrijven als een actor die ‘denkt’ dat het morgen mooi weer zal zijn. Tegelijkertijd lijkt het evident dat de omschrijving ‘Het is morgen mooi weer’ geen goede weergave is van wat er bij Jan allemaal aan de hand is.

Jan de perenboom laat zien met welk gemak een omgevingsomschrijving in een op actoren gebaseerde verklaring wordt geïntroduceerd, en gebruikt om de actor te omschrijven. De actor als fysieke entiteit blijft daarbij buiten beeld totdat de eigenschappen van die fysieke entiteit evident niet meer aansluiten bij de gedane actorbeschrijving. Hoe we dan wel met deze gevallen moeten omgaan, wordt dan onduidelijk. Davidson zegt het zo:

We have many vocabularies for describing nature when we regard it as mindless, and we have a mentalistic vocabulary for describing thought and intentional action: what we lack is a way of describing what is in between. This is particularly evident when we speak of the ‘intentions’ and ‘desires’ of simple animals; we have no better way to explain what they do. (Davidson 1999: 11)

Bij het beschrijven van atypische actoren wordt het evident dat zowel de inhoud als de aard van de aanwezige ‘oordelen’ en ‘intenties’ sterk afhankelijk zijn van onze intuïties en het doel van de actorbeschrijving. Het is om deze redenen dat ik in het huidige voorstel de notie van actoren terzijde schuif bij het formuleren van een fysiek cognitief domein en dit domein expliciet formuleer in termen van biologische organismen.⁴ Het huidige doel is immers om het vocabulaire aan *mindless* beschrijvingen uit te breiden door een onafhankelijk cognitief domein te omschrijven.

Organismen

Binnen de filosofie van de biologie is er de nodige discussie over de term ‘organisme’ (Huneman en Wolfe 2010; Nicholson 2014). Veel problemen rondom de notie van organismen ontstaan doordat het vaak onduidelijk is of samenstellingen van meerdere cellen nu wel of niet een individuele entiteit vormen: Bij dieren lijkt dit evident wel het geval, bij een graspol wordt het onduidelijk en bij een slijmzwam problematisch. Hier wil ik vasthouden aan een variant van de klassieke interpretatie die Cheung als volgt formuleert: ‘At the end of the eighteenth century, the term became a generic name for individual living entities with inside-outside-interfaces and an inner “organization” of parts’ (Cheung, 2010, p.155). Deze klassieke interpretatie is nog steeds goed toepasbaar op eencelligen, ook al waren dit niet de levende entiteiten waar men indertijd aan dacht (Arnellos, Moreono en Ruiz-Mirazo 2014). Met eencelligen als basisorganismen ligt er een biologisch domein waarop cognitie van toepassing is. Verder onderzoek kan dan helpen beslissen of, en zo ja in welke gevallen, we de term organisme willen gebruiken voor meercellige vormen. Ik zal de term organismale organisatie hier gebruiken om meercellige vormen aan te duiden waarbij ik in het midden laat of dit wel of niet een individueel organisme vormt.

Nadenken over organismen en meercellige organisaties als basis van cognitie zonder onmiddellijk in een actorinterpretatie te vervallen is lastig, maar het expliciet afstand nemen

⁴ Dit impliceert geen ontkenning van de toepasbaarheid of het belang van actorbeschrijvingen. Actorbeschrijvingen vormen hier alleen niet het vertrekpunt om naar organismen te kijken. Los daarvan blijven actorbeschrijvingen, zoals de *intentional stance*, steeds toepasbaar op organismen.

van actoreigenschappen geeft een leidraad. Een eerste punt is om niet te vertrekken vanuit de dubbele wereldbeschrijving die actoren kenmerkt. Het organisme staat centraal, niet een algemene omschrijving van de omgeving of actor. De relevante vraag is steeds hoe het specifieke cobolisme van een organisme functioneert: welke systematische organisme-omgevingsinteracties vinden er plaats en welke organismale organisatie is hiervoor aanwezig?

Het inmiddels klassieke voorbeeld van een dergelijke interactie bij eencelligen is de manier waarop *E. coli* (en vele andere soorten) bacteriën langs de gradiënt van een chemische attractor bewegen (o.a. beschreven in Van Duijn, Keijzer en Franken 2006). De bacterie gebruikt daarvoor twee gedragingen, vooruitbewegen en draaien, en heeft een intern moleculair geheugen dat de frequentie van beide gedragingen afhankelijk maakt van veranderingen in de concentratie van de stof. De variatie in chemische concentraties is daarbij een externe component van het gehele proces. Chemotaxis is maar één vorm van gedrag binnen een netwerk van gedragsmogelijkheden die samen het cobolisme van *E. coli* constitueren en de randvoorwaarden voor de metabolische basis in stand houden.

Dit cobolisme vormt ook de basis van de wereld waarbinnen een organisme functioneert. Passende wereldbeschrijvingen voor een cognitieve theorie moeten dan ook hier vandaan komen. Binnen het huidige voorstel is de objectief beschreven wereld niet een gegeven dat direct geïncorporeerd kan worden in een cognitieve theorie. Een zonsondergang heeft bijvoorbeeld misschien invloed op een bacterie, maar dan vanwege eigenschappen als de verandering in lichtintensiteit of temperatuur, en zeker niet vanwege de complexe visuele *array* die wij waarnemen. Voor elke organismale organisatie rijst dan de vraag welke aspecten van de externe wereld in het cobolisme naar voren komen en hoe die weer te geven. Een historisch voorbeeld van een poging om tot organisme-afhankelijke wereldbeschrijvingen te komen is Von Uexkülls notie van *Umwelten* (Von Uexküll 1921). Hij beargumenteerde dat verschillende diersoorten hun eigen omgeving hadden die afhankelijk was van de perceptuele en gedragsmogelijkheden van de soort. Binnen de ethologie is dit concept vaak geïnterpreteerd als los equivalent voor de niche waarbinnen dieren functioneren. *Affordances* vormen een ander concept dat hier erg bruikbaar is. Het werd geïntroduceerd door Gibson en verder ontwikkeld binnen de ecologische psychologie (Chemero 2011). Gibson omschreef *affordances* als de mogelijkheden die de omgeving aan een dier aanbiedt om er iets mee te doen (Gibson 1979). Gibson richtte zich daarbij op visuele oppervlaktestructuren die een belangrijk deel van de dierlijke omgeving constitueren, maar er lijkt geen onmiddellijke reden te zijn waarom er geen equivalent geformuleerd kan worden op de veel kleinere schaal van een bacteriële omgeving. Kortom, er zijn meerdere mogelijkheden om wereldbeschrijvingen te binden aan specifieke organismen en een biologische interpretatie van cognitie kan hier gebruik van maken.

Tot zover lijken de verschillen met een op (biologische) actoren gebaseerde interpretatie van cognitie niet zo groot. Maar dat wordt anders zodra een aantal fundamenteel verschillende organismale organisaties naast elkaar worden gezet. Zoals gezegd is het concept organisme niet eenduidig toepasbaar op veel meercellige organisaties. In deze context wil ik individuele eencelligen (bacteriën, archaea en eukaryoten) gebruiken als een relatief eenduidige basis voor cognitie. Individuele bacteriën zoals de net genoemde *E. coli* zijn daarbij herkenbare equivalenten van de traditionele organismen. Maar dat verandert zodra wordt gekeken naar het collectieve gedrag van deze eencelligen. Een groot deel van de intelligent gevonden gedragingen van bacteriën vinden plaats in de vorm van complexe interacties tussen de individuen en op basis van signalen die het gedrag van de individuele organismen op een collectief niveau beïnvloeden (Westerhoff e.a. 2014; Lyon 2015). Het is de vraag of een dergelijk collectief als actor of organisme kan worden gezien, maar het is wel degelijk een domein dat als cognitief aangemerkt zou moeten worden. Het grote verschil is dan dat een groot deel van de organisme-omgevingsinteracties bestaan uit organisme-

organisme interacties. Dergelijke bacteriële aggregaties zijn een opstapje naar de vele verschillende vormen van meercelligheid die nu bestaan en die vaak los van elkaar zijn geëvolueerd (Bonner 2000). Lang niet al deze meercellige vormen voldoen aan de traditionele criteria voor organismen of zijn eenduidig als individu te interpreteren. Toch zijn de verschijnselen hier interessant vanuit een cognitief perspectief omdat het gaat om zeer diverse manieren waarop organismen hun cobolisme interindividueel of gezamenlijk organiseren.

Cognitie – als cobolisme – hoeft in deze context niet strikt aan individuele organismen gekoppeld te worden maar kan ook plaatsvinden binnen en rondom groepen en organismale organisaties. Deze situatie heeft als gevolg dat cognitie gezien moet worden als een verschijnsel dat niet noodzakelijk gebonden is aan een individueel organisme en dat de grenzen van een als cognitief aangemerkt systeem geïnterpreteerd moeten worden aan de hand van de eigenschappen van de organismale organisatie. Het bestaande onderscheid tussen intern en extern aan het systeem is bijvoorbeeld niet vanzelfsprekend in dit geval. Extern aan de samenstellende cellen of organismen kan intern zijn ten opzichte van de meercellige organisatie. Ik denk niet dat dit een conceptueel probleem is maar dat het juist ruimte geeft om de bestaande en zeer diverse biologische organisaties te karakteriseren en te begrijpen.

Planten laten misschien het duidelijkst zien dat deze optie belangrijk is. De organisme-omgevingsinteracties tussen planten en hun omgeving zijn zeer complex en hebben eigenschappen die de betrokken wetenschappers intelligent en cognitief noemen (Trewavas 2005, 2009; Calvo Garzón en Keijzer 2011). Met name onder de grond hebben planten veel tactieken om met deze complexe omgeving om te gaan – voedingstoffen, gifstoffen, predatie, parasieten, samenwerking, concurrentie – en sommige onderzoekers spreken in deze context van een wortelbrein (Baluška, Mancuso, Volkmann en Barlow 2009). Planten (en andere niet evidente individuen vormende organismale organisaties) kunnen met het cobolisme-voorstel eenduidig erkend worden als deel uitmakend van het cognitieve domein.

De implicatie is wel dat het gangbare verband tussen cognitie en een herkenbaar individueel organisme een variabele mogelijkheid wordt. Dat is niet erg. Het is een aanpassing aan de uitkomsten van onderzoek naar intelligente verschijnselen bij levende systemen. Dit onderzoek vereist een aanpassing en modernisering van het te hanteren conceptuele kader om naar cognitieve verschijnselen te kijken. Hoe dat zal uitpakken weet nog niemand maar opent in ieder geval de weg om op heel nieuwe manieren tegen cognitie aan te kijken.

Zenuwstelsels

Er blijft nu nog één groot onderwerp over dat ik als afsluitend voorbeeld wil gebruiken van de implicaties en context van het cobolisme-voorstel. Hoe kan het dat de standaard interpretatie van een individueel, als eenheid bewegend organisme die goed past bij eencelligen, maar niet bij de meeste meercellige organisaties, wel weer van toepassing lijkt te zijn bij – de ook meercellige – dieren? Vanuit een organismaal perspectief is dit geen vanzelfsprekende situatie maar een probleem dat een verklaring behoeft. Hoe kan het dat miljarden cellen niet alleen samenwerken en als een herkenbare eenheid functioneren, maar dat ze dat doen op een manier die veel eigenschappen van eencellige organismen in een meercellige vorm repliceert?

Een vaak voorkomend antwoord is dat dieren een brein of zelfs een geest (*mind*) hebben, maar dat is natuurlijk niet goed genoeg. Ook de notie van een brein vereist nadere uitleg, want wat is een brein en hoe functioneert het? Een dier en zijn omgeving vormen vanuit een actorperspectief een natuurlijk beginpunt om na te denken over dit brein en het in te vullen als een ‘kennishebbend systeem’ of iets dergelijks. Vanuit een organismaal perspectief (en zonder een aanvullend actorperspectief dat de complexiteit wegfilt) is alles anders (Keijzer, 2006). Vergeleken met andere meercelligen zijn ook de meest eenvoudige dieren zeer complex georganiseerde configuraties die op diverse en evolutionair nieuwe

manieren een meercellig georganiseerd cobolisme vertonen. De omgeving waarbinnen dieren in veel gevallen opereren bestaat bijvoorbeeld uit oppervlaktestructuren, zoals Gibson dat zo mooi beschreef. Voor ons is dat vaak zo vanzelfsprekend dat het onzichtbaar blijft. Maar hoe is een verzameling cellen uiteindelijk in staat om als collectief gevoelig te worden voor zulke grootschalige omgevingsstructuren? Dit zijn grote vragen die aan de basis staan van dierlijke vormen van cognitie en perceptie en daarmee ook aan die van onszelf.

Het zijn ook vragen die essentieel zijn bij onderzoek naar de vroege evolutie van zenuwstelsels, mijn eigen onderwerp van onderzoek de afgelopen jaren. Daarbij zijn twee algemene opties te onderscheiden:

Historically, the origin of nervous systems has been discussed in the light of two different conceptual models. We call these the input-output (IO) and internal coordination (IC) models. The two models emphasize two different aspects of the nervous system as a control device. According to IO models, the main role of the nervous system is to receive sensory information and process it to produce meaningful motor output. [...] IC models hold that a central role of early nervous systems was to induce and coordinate activity internal to large multicellular organizations. (Jékely, Keijzer en Godfrey-Smith 2015).

De modellen zijn te combineren en beide aspecten zijn aantoonbaar aanwezig in diverse organismen. Daarnaast is het belangrijk om te benadrukken dat zenuwstelsels niet alleen essentieel zijn voor het organiseren van gedrag maar ook voor fysiologische regulatie en ontwikkelingsprocessen (ibid.). IO-modellen zijn het meest bekend en sluiten goed aan bij een actorperspectief. Over IC-modellen is veel minder geschreven en juist hier wordt aandacht besteed aan het ontstaan van de fundamentele organisatie die kenmerkend is voor dieren met zenuwstelsels, de *Neuralia*. De *Skin Brain Thesis* is een recent voorstel voor een dergelijk IC-model dat de evolutie van een spiersysteem en de daarbij noodzakelijke coördinatie als centrale factor naar voren schuift voor het ontstaan van vroege zenuwstelsels (Keijzer, Van Duijn en Lyon 2013).

Een interessante volgende stap is dat de *Skin Brain Thesis* ook een raamwerk geeft om na te denken over hoe grote meercellige organisaties in eerste instantie gevoelig konden worden voor oppervlaktestructuren in de omgeving, de basis van perceptie door dieren (Keijzer 2015) en onze lichamen (Trestman 2013). De voorouders van de moderne dieren hadden geen harde skeletten maar zachte lichamen. Maar juist het laten bewegen en coördineren van die beweging door een meercellig lichaam vereist een organisatie die gevoelig is voor de wel of niet uitgevoerde bewegingen *en* daarmee voor de beïnvloeding van die bewegingen vanuit de omgeving (Keijzer 2015). Deze laatste gevoeligheid voor de systematische externe consequenties lijkt sterk op een primitieve vorm van de sensomotorische contingenties die O'Regan en Noë gebruiken als basis voor hun verklaring van perceptuele ervaring (O'Regan en Noë 2001). Het interessante aan de *Skin Brain Thesis* is dat deze externe contingenties op een vanzelfsprekende manier gegenereerd worden door de *lichamelijk interne contingenties* die ontstaan bij zelf-geïnitieerde bewegingen door samentrekkend spierweefsel. Als deze interpretatie klopt, dan ligt hier de basis voor een specifiek dierlijke sensomotorische organisatie die niet vanzelfsprekend in termen van input en output te beschrijven is (Keijzer 2015).

Achter de klaarblijkelijke vanzelfsprekendheid dat dieren, en daarmee mensen, de beschikking hebben over complexe zintuigen, hersenen en effectoren, en daarmee als actor kunnen functioneren in onze alledaagse wereld, schuilt een hele wereld die juist niet vanzelfsprekend is. Een wereld ook die buiten beeld blijft als alleen vanuit actoren tegen dit domein wordt aangekeken. Het cobolisme-voorstel maakt deel uit van een pleidooi om beter –

en niet vanuit een actorperspectief – te kijken naar deze biologische vormen van cognitieve organisatie. Ooit was het aardoppervlak met alle heuvels, bergen en zeeën een vanzelfsprekend alledaags gegeven dat we accepteerden zoals het zich aandeed. Pas dankzij systematisch geologisch onderzoek werd de aard en complexiteit duidelijk van de mechanismen die dit aardoppervlak hebben gevormd. Onze alledaagse perceptuele en handelingsmogelijkheden samen met een wereld vol betekenisvolle objecten is net zo goed geen vanzelfsprekend gegeven. Het is tijd om ook daar eens beter te kijken naar de processen die ze vorm geven.

Afsluitend

Sinds de cognitieve revolutie in en rondom de psychologie is ‘cognitie’ een standaardterm geworden om te verwijzen naar de processen die ons – mensen – intelligent maken. In dit artikel heb ik geprobeerd om aannemelijk te maken dat het zinvol is om de betekenis van die term ‘cognitie’ grondig te wijzigen. Cognitie komt dan los te staan van de diep in ons denken en onze cultuur verankerde mentale concepten zoals we die, bijvoorbeeld, gebruiken in alledaagse psychologische verklaringen. Cognitie wordt in dit cobolische voorstel een aanduiding voor de manier waarop levende organismen hun interacties met de omgeving organiseren. Hoe levende systemen, met allerlei verschillende organisatievormen, dit vervolgens doen is iets om door middel van empirisch en theoretisch onderzoek verder uit te zoeken.

Misschien is er nog steeds twijfel of de term *cognitie* wel zo geschikt is als aanduiding van zo’n breed terrein dat los staat van ons mentale vocabulaire. De reden om deze stap toch te zetten is dat cognitie ook nu al een term is die we gebruiken om de basis van onze eigen mentale vermogens aan te duiden. Het punt dat ik heb willen maken is dat die basis niet smal is, maar breed en bestaat uit wijd verspreide organismale eigenschappen.⁵

Literatuur

- Adams, F. en Aizawa, K. (2001) The bounds of cognition. *Philosophical Psychology* **14**, pp. 43-64.
- Adams, F. en Garrison, R. (2013) The mark of the cognitive. *Minds and Machines* **23**(3), pp. 339-352.
- Anderson, M.L. (2015) Mining the brain for a new taxonomy of the mind. *Philosophy Compass* **10**(1), pp. 68-77.
- Anderson, M.L. en Pessoa, L. (2011) Quantifying the diversity of neural activations in individual brain regions, in: L. Carlson, C. Holscher, en T. Shipley (red.) *Proceedings of the 33rd Annual Conference of the Cognitive Science Society*. Austin: Cognitive Science Society.
- Arnellos, A., Moreno, A. en Ruiz-Mirazo, K. (2014) Organizational requirements for multicellular autonomy: Insights from a comparative case study. *Biology and Philosophy* **29**(6), pp. 851-884.

⁵ Ik wil Martin Lenz en Tanny Dobbelaar bedanken voor hun feedback op de eerste versie van deze tekst. De afbeelding op de omslag is mede te danken aan Hugo Heikenwaelder, Oostenrijk (Email: heikenwaelder@aon.at; www.heikenwaelder.at) en terug te vinden op <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Universum.jpg>

- Baluška, F., Mancuso, S., Volkmann, D., en Barlow, P. (2009) The ‘root-brain’ hypothesis of Charles and Francis Darwin: Revival after more than 125 years. *Plant Signaling and Behavior* **4**(12), pp. 1121-1127.
- Barandiaran, X.E., Di Paolo, E. en Rohde, M. (2009) Defining agency: Individuality, normativity, asymmetry, and spatio-temporality in action. *Adaptive Behavior* **17**(5), pp. 367-386.
- Beer, R. D. (2003) The dynamics of active categorical perception in an evolved model agent. *Adaptive Behavior* **11**(4), pp. 209-243.
- Bonner, J.T. (2000) *First Signals: The Evolution of Multicellular Development*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Brooks, R.A. (1999) *Cambrian Intelligence: The Early History of the New AI*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Calvo Garzón, P. en Keijzer, F.A. (2011) Plants: Adaptive behavior, root brains and minimal cognition. *Adaptive Behavior* **19**(3), pp. 155-171.
- Chemero, A. (2011) *Radical Embodied Cognitive Science*. Cambridge, MA: MIT press.
- Cheung, T. (2010) What is an “organism”? On the occurrence of a new term and its conceptual transformations 1680-1850. *History and Philosophy of the Life Sciences* **32**(2-3), pp. 155-194.
- Churchland, P.M. (1981) Eliminative materialism and the propositional attitudes. *Journal of Philosophy* **78**(2), pp. 67-90.
- Clark, A. (2008) *Supersizing the Mind: Embodiment, Action, and Cognitive Extension*. Oxford: Oxford University Press.
- Clark, A. en Chalmers, D. (1998) The extended mind. *Analysis* **58**(1), pp. 7-19.
- Damasio, A. (2000) *The Feeling of What Happens*. London: Vintage.
- Davidson, D. (1999) The emergence of thought. *Erkenntnis* **51**, pp. 7-17.
- Di Paolo, E.A. (2005) Autopoiesis, adaptivity, teleology, agency. *Phenomenology and the Cognitive Sciences* **4**(4), pp. 429-452.
- Froese, T. en Di Paolo, E.A. (2011) The enactive approach: Theoretical sketches from cell to society. *Pragmatics and Cognition* **19**(1), pp. 1-36.
- Froese, T. en Ziemke, T. (2009) Enactive artificial intelligence: Investigating the systematic organization of life and mind. *Artificial Intelligence* **173**(3-4), pp. 366-500.
- Gibson, J.J. (1979) *The Ecological Approach to Visual Perception*. Boston, MA: Houghton-Mifflin.
- Godfrey-Smith, P. (2002) Environmental complexity and the evolution of cognition, in: R.J. Sternberg en J.C. Kaufman (red.) *The Evolution of Intelligence*. Hove, UK: Psychology Press, pp. 233-249.
- Godfrey-Smith, P. (in druk) Mind, matter, and metabolism. *Journal of Philosophy*.
- Goodson, F.E. (2003) *The evolution and function of cognition*. Mahwah NJ: LEA.
- Huneman, P., en Wolfe, C.T. (2010) The concept of organism: historical philosophical, scientific perspectives. *History and Philosophy of the Life Sciences* **32**(2-3), pp. 147-154.
- Hurley, S.L. (2002) *Consciousness in Action*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Hutto, D. D., Kirchoff, M. D. en Myin, E. (2014) Extensive enactivism: why keep it all in? *Frontiers in Human Neuroscience* **8**.
- Jeannerod, M. (1997) *The Cognitive Neuroscience of Action*. Oxford: Blackwell.
- Jékely, G., Keijzer, F.A., en Godfrey-Smith, P. (2015) An option space for early neural evolution. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*.
- Keijzer, F.A. (2001) *Representation and Behavior*. Cambridge, MA: MIT Press.

- Keijzer, F.A. (2006) Differentiating animality from agency: Towards a foundation for cognition, in: R. Sun en N. Miyake (red.), *Proceedings of CogSci/ICCS 2006*. Alpha NJ: Sheridan Printing, pp.1593-1598.
- Keijzer, F.A. (2015) Moving and sensing without input and output: Early nervous systems and the origins of the animal sensorimotor organization. *Biology en Philosophy* **30**(3), pp. 311-331.
- Keijzer, F.A., Van Duijn, M. en Lyon, P. (2013) What nervous systems do: Early evolution, input-output, and the Skin Brain Thesis. *Adaptive Behavior* **21**(2), pp. 67-84.
- Klein, C. (2010) Philosophical issues in neuroimaging. *Philosophy Compass*, **5**(2), pp. 186-198.
- Lawrence, E. (red.) (2005) *Henderson's dictionary of biology (13th edition)*. Harlow, UK: Pearson.
- Lyon, P. (2006a) The biogenic approach to cognition. *Cognitive Processing*, **7**(1), pp. 11-29.
- Lyon, P. (2006b) *The Agent in the Organism: Toward a Biogenic Theory of Cognition* (PhD thesis). Canberra: Australian National University.
- Lyon, P. (2015) The cognitive cell: bacterial behavior reconsidered. *Frontiers in Microbiology* **6**.
- Lyon, P. en Keijzer, F.A. (2007) The human stain: Why cognitivism can't tell us what cognition is en what it does, in: B. Wallace (red.) *The Mind, the World and the Body*. Exeter, UK: Imprint, pp. 132-165.
- Maturana, H.R. en Varela, F.J. (1980) *Autopoiesis and Cognition: The Realization of the Living*. Dordrecht: Reidel.
- Moreno, A. en Mossio, M. (2015) *Biological Autonomy: A Philosophical and Theoretical Enquiry*. Springer.
- Neisser, U. (1967) *Cognitive Psychology*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Nicholson, D. J. (2014) The return of the organism as a fundamental explanatory concept in biology. *Philosophy Compass* **9**(5), pp. 347-359.
- O'Regan, J.K., en Noë, A. (2001) A sensorimotor account of vision and visual consciousness. *Behavioral and Brain Sciences* **24**(5), pp. 939-973.
- Poldrack, R. A. (2006) Can cognitive processes be inferred from neuroimaging data? *Trends in Cognitive Sciences* **10**, pp. 59-63.
- Poldrack, R. A. (2010) Mapping mental function to brain structure: How can cognitive neuroimaging succeed? *Perspectives on Psychological Science* **5**, pp. 753-761.
- Raymond, J.E., Shapiro, K.L. en Arnell, K.M. (1992) Temporary suppression of visual processing in an RSVP task: An attentional blink? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* **18**(3), pp. 849-860.
- Rowlands, M. (2010) *The New Science of the Mind: From Extended Mind to Embodied Phenomenology*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Shapiro, L. (2011) *Embodied cognition*. Abingdon: Routledge.
- Sheets-Johnstone, M. (2011) *The Primacy of Movement*. Amsterdam: John Benjamins Publishing.
- Stepp, N., Chemero, A. en Turvey, M.T. (2011) Philosophy for the rest of cognitive science. *Topics in Cognitive Science* **3**(2), pp. 425-437.
- Stewart, J. (1995) Cognition = life: Implications for higher-level cognition. *Behavioural processes* **35**(1), pp. 311-326.
- Thompson, E. (2007) *Mind in life: Biology, phenomenology, and the sciences of mind*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Trestman, M. (2013) The Cambrian explosion and the origins of embodied cognition. *Biological Theory* **8**(1), pp. 80-92.

- Trewavas, A. (2005) Green plants as intelligent organisms. *Trends in Plant Science* **10**(9), pp. 413-419.
- Trewavas, A. (2009) What is plant behaviour? *Plant, Cell and Environment* **32**(6), pp. 606-616.
- Uttal, W.R. (2001) *The New Phrenology: The Limits of Localizing Cognitive Processes in the Brain*. Cambridge, MA: MIT press.
- Varela, F., Thompson, E. en Rosch, E. (1991) *The Embodied Mind*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Van Duijn, M. (2011) *The Biocognitive Spectrum: Biological Cognition as Variations on Sensorimotor Coordination*. Dissertatie: Rijksuniversiteit Groningen.
- Van Duijn, M., Keijzer, F.A. en Franken, D. (2006) Principles of minimal cognition: Casting cognition as sensorimotor coordination. *Adaptive Behavior* **14**(2), pp. 157-170.
- Villalobos, M. (2013) Enactive cognitive science: revisionism or revolution? *Adaptive Behavior* **21**(3), pp. 159-167.
- Von Uexküll, J. (1921) *Umwelt und Innenwelt der Tiere (Zweite Auflage)*. Berlin: Springer.
- Westerhoff, H.V., Brooks, A.N., Simeonidis, E., García-Contreras, R., He, F., Boogerd, F.C., Jackson, V.J., Goncharuk, V. en Kolodkin, A. (2014) Macromolecular networks and intelligence in microorganisms. *Frontiers in Microbiology* **5**.
- Wooldridge, M. en Jennings, N.R. (1995) Intelligent agents: Theory and practice. *Knowledge Engineering Review* **10**(2), pp. 115-152.

Over de auteur

Fred Keijzer is universitair hoofddocent *philosophy of mind and science* aan de Rijksuniversiteit Groningen. Hij werkt aan onderwerpen binnen de context van belichaamde cognitie, op dit moment met name de evolutie van vroege zenuwstelsels en het dierlijke sensomotorische systeem.