

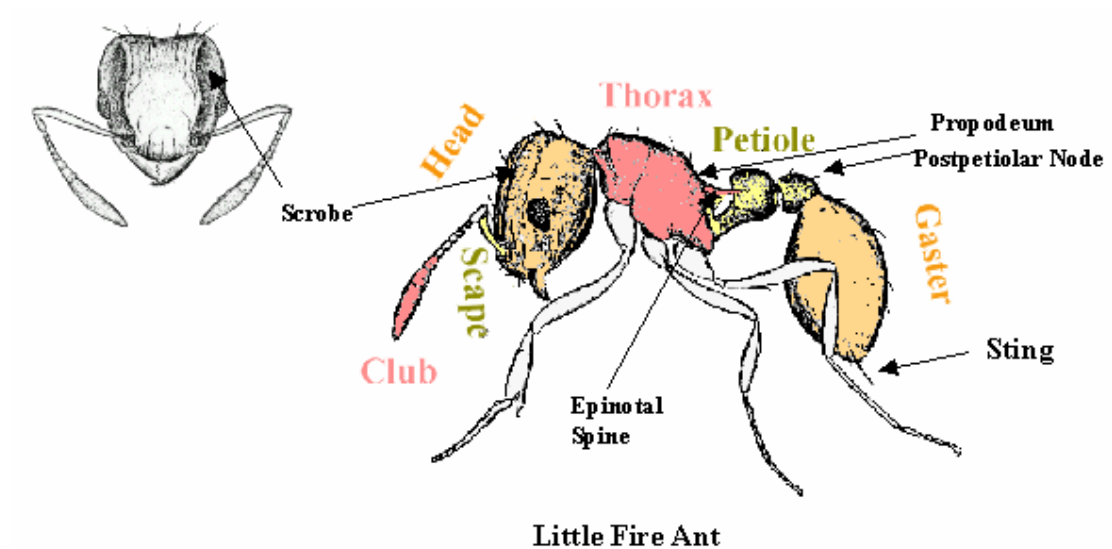
Het collectieve brein van de mier

Een mierenest als intelligent systeem; een functionalistische benadering

Auteur: **Evert Mouw**
Adres: Schapendrift 8, 8075 BA Elspeet
Email: post@evert.net
Telefoon: +31617136653
Studentnummer: 0332291 (KV)

Vak: cognitiefilosofie
Docent: Leon de Bruin

Versie: 2006-01-23



Afb.: Anatomie van een vuurmier [9]

HOLOGRAFIE: De overeenkomst tussen het menselijke brein en het mierenest kan symbolisch worden weergegeven in het holografische beeld.

Wat is holografie? Een opeenstapeling van in een fotografische plaat gegraveerde lichtbundels die, eenmaal samengevoegd en onder een bepaalde hoek belicht, de indruk van een reliëfbeeld geven.

In feite bestaat dat overal en nergens tegelijk. Uit de samenvoeging van de lichtbundels ontstaat iets anders, een derde dimensie: de illusie van reliëf.

Elke zenuwcel in ons brein, elk individu in het mierenest bevat het totaal aan informatie. Maar pas door de collectiviteit kan het bewust zijn, het 'denken in reliëf' aan de dag treden.

Edmond Wells,

Encyclopedie van de relatieve en absolute kennis.

-- Bernard Werber, "De mieren" [10]

Inhoud

1. INLEIDING	3
2. DE BIOLOGIE VAN DE MIER	4
3. MENSELIJK INTELLECT EN MIERENCOGNITIE	9
4. HET NESTBEWUSTZIJN	13
5. REDUCEERBAARHEID VAN DE COLLECTIEVE NESTFUNCTIES	15
6. CONCLUSIES	19
7. BRONNEN	21

1. Inleiding

Mieren bouwen staten die soms miljoenen burgers tellen. Om een mierennest te laten functioneren is ook een communicatiesysteem nodig. Gebleken is dat bij dit communicatiesysteem zelfs gebruik gemaakt wordt van stoffen die sterk lijken op neurotransmitters. Er zijn sterke aanwijzingen dat een mierennest functioneert als een soort superbrein, waarbij elke individuele mier als het ware een stukje van de hersenen vormt. De filosoof Douglas Hofstadter vergelijkt het menselijk brein en bewustzijn met een mierenhoop. De NASA heeft al eens een concept bedacht dat eenvoudige robots zich zouden moeten gedragen als mieren, om op die manier met een aantal simpele robots het oppervlak van Mars te kunnen onderzoeken. En de Franse schrijver Weber laat in zijn roman “Les Fourmis” [10] mensen en mieren met elkaar in contact komen. Kortom, mieren en hun communicatie prikkelen de literaire, filosofische en technische fantasie. Het onderwerp roept vragen op, niet alleen naar het functioneren, maar ook naar de aard van zo’n mierenhoop. Heeft het bewustzijn, zit er intelligentie in, en kan de menselijke intelligentie vergeleken worden met die van een mierenhoop? Vanuit een functionalistische benadering van de cognitiefilosofie worden deze problemen verder toegelicht.

De indeling van deze tekst ziet er in grote lijnen als volgt uit: eerst wordt er een inleiding gegeven in de biologie van de mier en de communicatie en samenwerking in een mierennest. Daarna is het mogelijk om een vergelijking te maken tussen het “brein” van een mierennest en de menselijke intelligentie. Daarbij worden ook de voordelen en beperkingen van het mierennest uitgelicht. Ook de vraag of er zelfs sprake kan zijn van bewustzijn van een mierennest zal worden opgeworpen. En als dat zo is, wat zijn dan de kenmerken van het mierennestbewustzijn, en is dat bewustzijn reduceerbaar tot de samenstellende mieren? Deze laatste vraag is relevant voor zowel de aard van een mierennest als voor het meer algemene onderwerp van de reduceerbaarheid van het bewustzijn en de verhouding tussen materie en geest.

2. De biologie van de mier

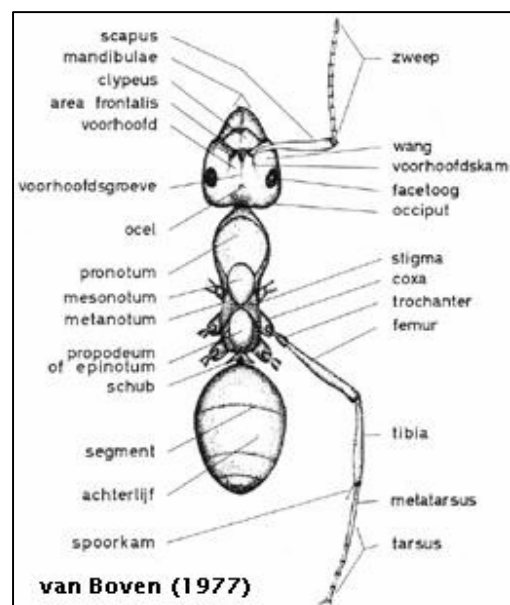
Ga tot de mier, gij luiaard! zie haar wegen, en word wijs; dewelke, geen overste, ambtman noch heerser hebbende, haar brood bereidt in den zomer, haar spijs vergadert in den oogst.

-- Spreuken 6:6-8 [11]

Deze tekst uit de bijbel heeft iedereen wel eens gezien. Vooral de eerste zin is bekend, terwijl het deel achter de puntkomma van meer belang is. De notie dat de mier dit alles doet zonder ambtman of heerser, d.w.z. zonder sociale hiërarchie, is juist zo kenmerkend voor de organisatie in een mierennest. Hoe komt het dat mieren geen leidinggevenden, hiërarchie, organogrammen en bureaucratie nodig hebben? Dit schijnbare gemis aan organisatie belet niet dat er complexe mierenstaten met miljoenen burgers bestaan, waarin een subtiele taakverdeling bestaat. Mieren werken op een andere manier samen dan sociale zoogdieren of mensen. Om het functioneren daarvan te begrijpen moet eerst ingegaan worden op de biologie van de mier. De studie naar mieren heet *myrmecologie*.

Anatomie

Mieren zijn een onderdeel van de vliesvleugeligen (Hymenoptera), waartoe ook bijen en wespen behoren. Een mier heeft net zoals ieder ander insect zes poten, facetogen, voelsprietten, kaken, en een kop. Verder heeft het een thorax (middenlijf) en een gaster (achterlijf). Mieren hebben normaliter geen vleugels. Alleen vruchtbare mieren hebben tot en met de paringsperiode vleugels, die na de paring afvallen. Mieren zijn aangepast aan het leven op en onder de grond. De communicatie



weerspiegelt dat: mieren laten geursporen, de zgn. feromonen, op de grond achter om andere mieren te attenderen op voedsel of gevaar. Deze feromonen tonen enige gelijkenis met neurotransmitters omdat ze direct inwerken op het zenuwstelsel van de mier.

De meeste mieren zijn goed in staat om zichzelf te verdedigen met behulp van hun kaken. Evolutionair gezien primitieve soorten hebben meestal een angel, maar er zijn ook veel soorten waarvan de angel is omgevormd tot een soort spuit waarmee mierenzuur wordt gespoten. Enkele soorten kunnen met hun angel een sterk gif inspuiten. Deze wapens worden niet alleen gebruikt om prooi te bemachtigen, maar zijn vooral ook nodig om een mierenstaat te beschermen tegen concurrerende staten.

Sociaal systeem

Vaak wordt in pacifistische kringen beweerd dat van alle dieren alleen de mens oorlog voert, en het daarmee het enige beest op aarde is. Maar dan is men kennelijk blind en zonder empathie voor de talloze slachtoffers die er dagelijks vallen onder de mieren die aan georganiseerde oorlogvoering deelnemen. Enkele mierensoorten zijn zelfs zo gericht op oorlog, dat ze zonder oorlog te voeren binnen enkele jaren uitgestorven zouden zijn. Een voorbeeld hiervan is de amazonemier *Polyergus*, een slavenhoudende miersoort. Deze mieren hebben kaken ontwikkeld die voornamelijk geschikt zijn om andere mieren te doden. De kaken hebben de vorm gekregen van scherpe sabels waarmee ze het hoofd van een tegenstander snel kunnen doorboren. Maar voedsel eten kunnen ze zelf niet meer met zulke kaken. Ze roven het broedsel van een ander mierenvolk, en de mieren die opgroeien in het nest van de slavenhouders denken door de nestgeur dat ze daar werkelijk bij horen. Het is namelijk de nestgeur die het verschil tussen “wij” en “zij” bepaalt. De slaven bouwen het nest, verzamelen voedsel en voeden hun “meesters”. De Nederlandse onderzoeker Rainier [1] heeft beschreven hoe dat in zijn werk gaat: de aanvalscolonne van twee centimeter breed verlaat het eigen nest en gaat op weg naar de vijand. *“De mieren, die vooraan lopen, spreiden zich steeds pluimsgewijze uit, verlaten de colonne, lopen met een bocht in tegenovergestelde richting langs hun voortmarcherende zusters*

heen, om enige centimeters verder zich weer bij de gelederen aan te sluiten. Zo wordt de spits steeds afgelost en nemen steeds frisse krachten de leiding.”

Hoe kunnen de “slaven” hun meesters voeden als die meesters niet eens zelfstandig kunnen eten door hun oorlogskaken? Mieren zijn in evolutionair opzicht verder in de sociale ontwikkeling dan de mens. De mens is gelijktijdig een individu en een lid van een groep; zowel een eenling als een sociaal wezen. Die mier is veel meer lid van een groep, en zowel de anatomie als de gedragingen en emoties van een mier zijn op het belang van de groep gericht. De anatomie van een mier is ingrijpend op het functioneren in de groep gericht. Een mier heeft twee magen. Zijn tweede maag is voor persoonlijk gebruik en voor de vertering van voedsel bedoelt. De eerste maag is niet voor eigen gebruik, maar voor gebruik door de hele groep. Een mier kan de inhoud van deze sociale maag weer naar de mond uitwerpen om deze via mond op mond contact als voedsel aan te bieden aan een andere mier. Dit proces wordt gebruikt om voedsel te verdelen in een mierenstaat en wordt in het Engels *trophallaxis* genoemd. Zo voeden de slaven dus hun meesters.

Hun sociale systeem wordt *eusociaal* genoemd omdat er ook taakspecialisatie plaatsvindt op het gebied van de voortplanting. Alleen de koninginnen leggen eieren. De gewone mieren, de werksters, zijn steriele wijfjes. De mannetjes doen slechts kort dienst om de koninginnen te bevruchten voordat ze haar arbeidzame leven aanvangt. De koningin is dus slechts een eierlegmachine. Sommige mierensoorten hebben meerdere koninginnen. Omdat de productie van nieuwe werkers erg belangrijk is spelen de chemische signalen van de koningin wel een grote rol. De dood van een koningin kan bij soorten die slechts een enkele koningin hebben tot gevolg hebben dat de hele kolonie ten onder gaat. Maar de koningin heeft geen macht zoals bij menselijke regeerders. De manier waarom mieren lid zijn van het collectief heeft meer weg van de manier waarop lichaamscellen bij een lichaam horen dan de manier waarop mensen onderdeel zijn van een staat. Dat een mier alleen als onderdeel van een groter geheel gezien moet worden is ook af te leiden uit het feit dat een eenzame mier vaak volkomen hulpeloos en gedesoriënteerd is. Daarom duidde de myrmecoloog Wheeler [2] een mierenstaat aan met het woord *superorganisme*.

Superorganisme

Een voorbeeld van een superorganisme vormt de mierenstaat van de trekmier *Eciton* uit Panama [14]. Deze mier heeft geen vast nest of vaste verblijfplaats, maar zwerft als een nomade rond, steeds op zoek naar nieuwe voedselbronnen. Bij al dat rondzwerfen moet er vaak heel wat meegesleept worden. Gedode prooien die te groot zijn om snel te verorberen worden vaak meegenomen tot de volgende rustplaats. Als zo'n prooi te groot is voor een enkele mier om te tillen, zullen de mieren moeten samenwerken. Dat is minder gemakkelijk dan het lijkt. Elke mier afzonderlijk heeft een zeer beperkt aantal hersencellen, en mieren hebben ook geen complexe taal ter beschikking zoals mensen die kennen. Wel kunnen ze communiceren met lichaamshouding, met de voelsprietten, en door middel van de feromonen die direct op de hersenen inwerken en daardoor een directe communicatie toestaan. Daarmee kunnen ze bepaalde gedragingen bij andere mieren stimuleren. Elke mier beschikt over een groot aantal vaste gedragspatronen of handelingen, zoals "ga vechten", "zoek voedsel", "sleep prooi", "bouw nest", etcetera. Als een mier veel signalen krijgt die zijn "zoek voedsel" gedrag stimuleren, dan zal ze met een grote waarschijnlijkheid dat gedrag gaan vertonen. Als ze zelf honger heeft of als ze veel voedsel vindt dan zal ze zelf ook het signaal "zoek voedsel" gaan uitzenden. Maar als ze niet veel voedsel vindt en ze geen honger heeft, zal ze juist signalen afgeven die het zoeken van voedsel afremmen of die een ander gedrag aanbevelen. Omdat elke mier dit doet en elke mier zelf een afweging maakt is het systeem geheel gedecentraliseerd en chaotisch, maar toch organiseert het zichzelf op een uiterst effectieve manier. De *Eciton* trekmiere kunnen gemakkelijk samenwerken bij het slepen van prooi omdat ze niet alleen afgaan op de signalen van anderen, maar ook zelf initiatief nemen als ze zien dat er behoefte is aan hulp. De *Eciton* hebben als voordeel dat ze een speciale kaste grote werksters hebben die heel goed zijn in het slepen. Het sleepwerk wordt dus gedaan door de grote exemplaren, terwijl de kleinere werksters zich meer met andere zaken bezighouden. Meer complexe taken, zoals het verdelen van de arbeidskrachten over verschillende taken zoals voedselvoorziening, nestbouw, broedzorg, nestverdediging, verkenning en dergelijke, gaat op een soortgelijke manier. Dit prioriterend en probleemoplossend vermogen, wat ook wel "intelligent gedrag" genoemd kan worden, is

pas aanwezig als er veel mieren bij elkaar zijn. Dan pas krijgt de emergente eigenschap “intelligentie” de kans om zich te manifesteren. Een klein groepje mieren is helemaal hulpeloos, een eenzame mier raakt gedesoriënteerd, maar met velen vormen ze een superorganisme.

Het concept “superorganisme” is in biologische kringen niet onomstreden [3]. Eisen die door critici gesteld worden, zijn dat de eenheden in permanent contact moeten staan met elkaar en dat de evolutie van de soort beheerst moet worden door het collectieve superorganisme en niet door een individuele koningin. Beide eisen zijn slechts gedeeltelijk in te vullen. De mieren van een kolonie staan in semi-permanent contact met elkaar, waardoor de uitwisseling van feromonen vele malen langzamer gaat dan de uitwisseling van neurotransmitters in een menselijk brein. Deze traagheid heeft invloed op de cognitieve prestaties van een mierennest. Wat betreft de evolutie kan gesteld worden dat weliswaar alleen de koningin zich voortplant, maar dat zij daarbij wel geheel afhankelijk is van de hele kolonie.

3. Menselijk intellect en mierencognitie

*Is de intelligentie van een mierennest vergelijkbaar met menselijke intelligentie?
Zijn er in een mierenkolonie functies aanwezig die een vorm van intelligentie
veronderstellen?*

Een definitie van intelligentie is niet te geven zonder afbreuk te doen aan het begrip. Bij het bespreken van intelligentie zijn zaken zoals lerend vermogen, geheugen, aanpassend en probleemoplossend vermogen en de mogelijkheid om waar te nemen en te voelen allemaal van belang. Bovendien vereist intelligentie een actualisator.

Een mens heeft ongeveer 100 miljard hersencellen. Een mierenvolk met een miljoen burgers is al behoorlijk groot. Als we de kleinste schakeleenheid of *node* als uitgangspunt nemen, dan is puur gelet op het aantal *nodes* de intelligentie van een mierenvolk beperkter. Een mier heeft een centraal zenuwstelsel dat bestaat uit ongeveer 250 000 hersencellen, dus de *nodes* in een mierenvolkbrein hebben wel meer capaciteit dan de afzonderlijke hersencel in een mens. Toch moet een afzonderlijke mier als node gezien worden, net zoals een afzonderlijke hersencel in de mens, omdat alleen de *node* de mogelijkheid heeft met willekeurige andere *nodes* te communiceren. Een hersencel in mier X kan niet communiceren met een willekeurige andere hersencel in mier Y.

De cognitieve processen in een mierenvolkbrein werken langzaam. De verbindingen tussen de *nodes* zijn semi-permanent omdat de mieren niet continu onderling contact hebben. Het kan lang duren voordat signalen langs een keten van mieren gegaan zijn. Deze traagheid stelt ernstige beperkingen op. De beleving van tijd en het waarnemen van tijdsgebonden gebeurtenissen is daardoor veel beperkter.

Toch kan het mierenvolkbrein waarnemen, verlangen en beslissingen nemen. Het collectief handelt als er te weinig voedsel is, en doet dit na het belang van meer voedsel eerst afgewogen te hebben tegen andere belangen. Het kan prioriteiten verschuiven tussen

voedsel zoeken, nestbouw, broedzorg, en andere gedragingen die van belang zijn voor het superorganisme. Dat doet het aan de hand van een collectief weten of een collectieve kennis van de behoeften van het collectief. Deze kennis is niet direct aanwezig in de losse *nodes*, de samenstellende delen of de individuele mieren. Pas in de interactie tussen de *nodes* komt deze kennis tot stand.

Het mierenvolkbrein kan ook emoties tonen. De aanwezigheid van een vijand wordt niet visueel waargenomen, maar wordt door middel van de feromonen doorgegeven aan het collectief. De feromonen, die direct inwerken op de zenuwcellen van de individuele werksters, hebben daarbij dezelfde functie als neurotransmitters in het menselijk brein. Het waar te nemen gedrag, namelijk het neerleggen van andere taken en het innemen van gevechtsposities en verhoogde waakzaamheid van grote hoeveelheden werksters en het in veiligheid brengen van broedsel en koninginnen, is functioneel vergelijkbaar met het in gevechtparaatheid brengen van een menselijke staat en ook met het aannemen van een vechthouding van een individueel mens. De adrenaline in een mens komt functioneel overeen met de agressieferomonen die de hersenen van de mieren aan elkaar uitwisselen. In al deze gevallen is het organisme in een staat van gevechtsgereedheid als gevolg van een externe bedreiging.

Creativiteit in het zoeken van oplossingen is het mierenvolkbrein ook niet vreemd. Bekend is dat mieren altijd in staat zijn om na enige tijd de kortste route naar een voedselbron te vinden [5]. Ook al worden de aanvoerroutes onderbroken, omgelegd, verstoord, of het voedsel verplaatst, steeds weer vinden de mieren na korte tijd de kortste route naar het dichtstbijzijnde voedsel. Ook als de route zeer complex is. Het bijzondere hiervan is dat de individuele mier maar een beperkt navigatie- en oriëntatievermogen heeft. Zo maakt de woestijnmier *Cataglyphis* gebruik van *path integration*: aan de hand van de polarisatie van het zonlicht kan hij de route die hij gelopen heeft weer teruglopen. Als de mier opgepakt wordt en ergens anders wordt gedropt, dan volgt hij koppig nog steeds hetzelfde pad. Pas als de mier de oorspronkelijke afstand afgelegd heeft zal zij onraad vermoeden en in een spiraal rond gaan lopen om het nest weer te vinden [4]. Ondanks de beperkingen van de individuele werkmier weten de mieren toch snel en

efficiënt de kortste route naar voedsel te vinden. Hoe doen ze dat? Immers, deze eigenschap is, omdat ze niet in de afzonderlijke mier aanwezig is, emergent. De manier waarop een mierenvolkbrein routes weet te vinden kan worden uitgedrukt in pseudocode [1, 4]:

1. Eerst lopen de werksters willekeurig en schijnbaar doelloos rond. Daarbij wordt een groot oppervlak bestreken.
2. Als een werkster geen voedsel vindt, laat ze wel een feromoon achter met de nestgeur.
3. Vind een werkster voedsel, dan laat ze op haar weg terug naar het nest een feromoon achter dat aangeeft dat er voedsel is.
4. Andere werksters volgen het spoor van voedselferomonen en versterken het spoor als ze zelf voedsel terug brengen. Een enkele mier zal op de terugweg alternatieve paden proberen, en als ze die vindt zal ze die sterk markeren.

Hoewel dit simpel genoeg is, kan deze methode alleen werken door gebruik te maken van de interactie van de werksters. Het individuele gedrag van een werkster lijkt compleet zinloos als het niet in de context van het collectief wordt geplaatst. Hetzelfde geldt voor individuele neuronen in een menselijk brein. Het kunnen gebruiken van deze voedselroutes is niet een functie van een individuele mier, maar van een collectief.

Of een mierenvolkbrein beschikt over een geheugen is niet zo duidelijk. Er is weinig bewijs voor. Wel veronderstelt het vermogen om te kunnen leren ook de aanwezigheid van een geheugen. Myrmecologen vermoeden dat mierenkolonies als collectief wel degelijk leergedrag vertonen. Een voorbeeld daarvan is de manier waarop de parasolmier *Atta* zich aanpast. De parasolmier kweekt schimmels op bladeren. Als deze schimmels bedreigd worden door *Escovopsis*, een parasiet, dan is waar te nemen dat er na enige tijd meer werksters van een kaste geboren worden die gespecialiseerd zijn in het bestrijden van *Escovopsis* [6]. Dit is een vorm van aanpassend gedrag of leergedrag van de kolonie, hoewel het twijfelachtig is of hierbij ook een duidelijke geheugenfunctie werkzaam is.

Concluderend kan gesteld worden dat een mierenvolk intelligent gedrag toont. De aanwezigheid van een aantal functies zoals emoties, verlangen, beslissingen nemen, creativiteit en geheugen bieden daar voldoende motivatie voor. Deze intelligentie is echter beperkt, zowel qua snelheid als qua geheugen en capaciteit. Alleen relatief eenvoudige intelligente functies zijn aanwezig.

4. Het nestbewustzijn

Kan er sprake zijn van bewustzijn van een mierennest? Wat zijn de kenmerken van het mierennestbewustzijn?

De individuele mier staat geheel ter beschikking van het collectief. De neiging om mierenstaten te vergelijken met menselijke staten ligt voor de hand, maar levert zelden zinvolle vergelijkingen op. Juist omdat de afzonderlijke mier geen individu is zoals wij dat ervaren gaat die vergelijking niet op. Een mier is volkomen altruïstisch. Er bestaat bij mieren geen hiërarchie, geen groepsdwang. De afzonderlijke mier is niet lid van een collectief, maar is een deel van het collectief zelf. Bij mensen wordt een staat waarbij het individu geheel ondergeschikt is aan het collectief vaak totalitair genoemd. Een kenmerk van totalitaire staten is de aanwezigheid van een vorm van dictatuur. Bij mierenstaten ontbreekt een dergelijke dwang omdat die niet nodig is. Alleen het collectief telt.

Functioneert een afzonderlijke mier dus vooral als onderdeel van het collectief, is het dan te verwachten dat zij ook deel uitmaakt van een soort collectief bewustzijn? Is de aanwezigheid van een aantal intelligente functies voldoende om te kunnen spreken van een bewustzijn? In dit geval is het de vraag of een kolonie zichzelf bewust is. Hoe zou het zijn om een mierenvolk te zijn? Deze vraag is niet te beantwoorden. We kunnen het de mieren ook niet vragen. Er is met geen enkele zekerheid vast te stellen dat er een mierenvolkbewustzijn is dat zichzelf bewust is, ook al is er een mierenvolkintelligentie die op het eigen behoud gericht is. Gezien de beperkingen van deze intelligentie is het ook niet zo aannemelijk dat er een sterke vorm van bewustzijn aanwezig is.

Bij discussies over bewustzijn staat vaak het subjectieve karakter van het bewustzijn centraal. Is de kolonie in staat tot het hebben van subjectieve ervaringen of *qualia*? Deze *qualia* zijn in werkelijkheid de unieke ervaring van een intelligent systeem die veroorzaakt worden door unieke omstandigheden, zodat de *qualia* daarop ook teruggevoerd kunnen worden. Kan een mierenbewustzijn een eigen identiteit of een eigen

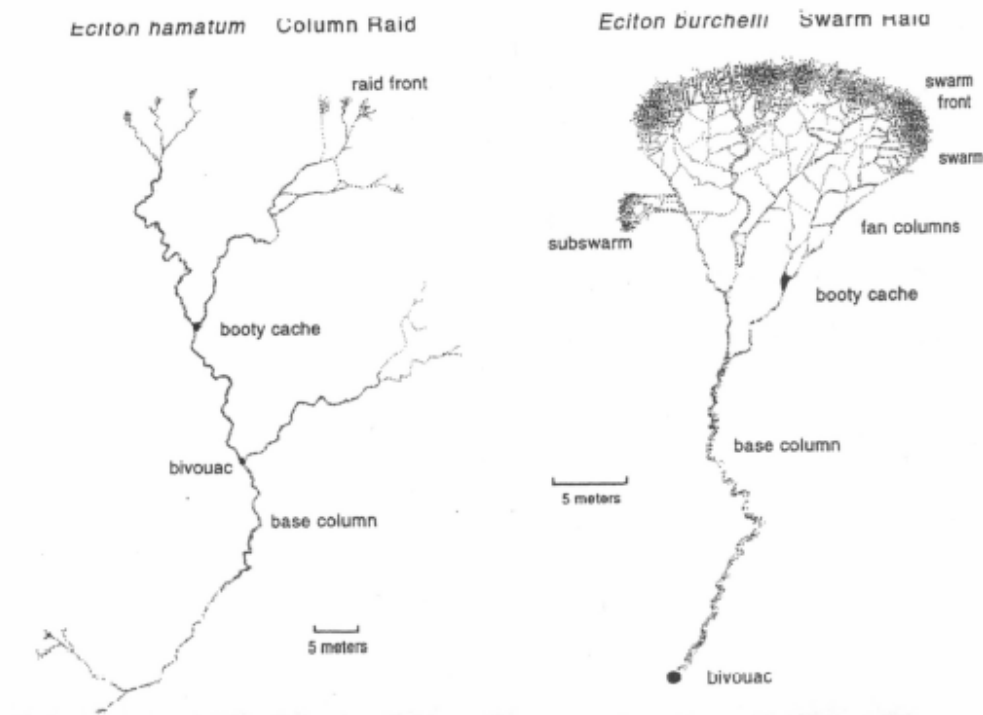
beleving koppelen aan een waarneming? De samenstelling en de omstandigheden van elk mierenest zijn uniek, en dus is er een kans dat de resultante van die samenstellende delen ook uniek is en daarmee zijn omgeving op een unieke manier waarneemt.

Dat is echter niet voldoende. Voor bewustzijn is het nodig dat er iets is wat zich bewust is, wat weet heeft van, het feit dat er waargenomen wordt. Dit is een vorm van meta-waarnemen: intern waarnemen dat de aandacht gericht wordt op een bepaalde vorm van waarnemen, en aan de hand daarvan kunnen besluiten om die waarneming te handhaven of om de aandacht juist op iets anders te richten. Bijvoorbeeld de keus om de aandacht te richten op nestbouw of op foerage. Als we dat vermogen zien als een eerste vorm van bewustzijn, dan kan gesteld worden dat een mierenvolkbrein dat kan. Immers, een mierenkolonie kan heel snel zijn aandacht op iets anders richten bij acuut gevaar, en ook op lange termijn kan het andere prioriteiten stellen. Dat veronderstelt een evaluerend vermogen, dat dus een meta-waarneming uitvoert op de meer primaire waarnemingen.

5. Reduceerbaarheid van de collectieve nestfuncties

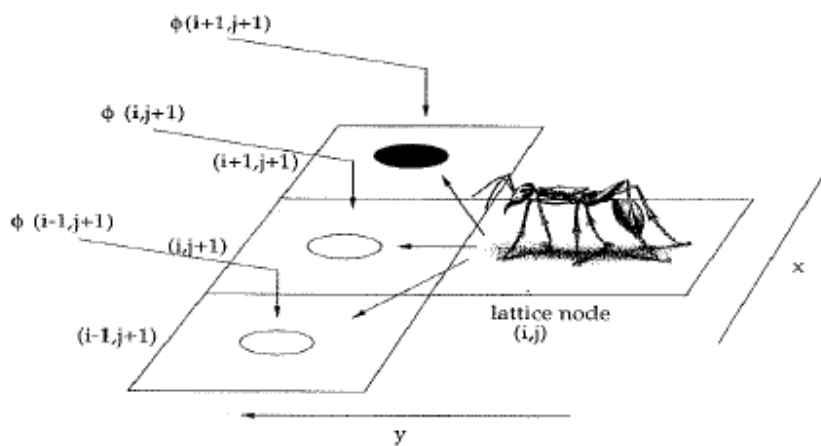
Zijn de functies die de intelligentie en het bewustzijn van een mierenvolkbrein vormen ook reduceerbaar tot de samenstellende mieren?

Ontstaan er nieuwe emergente cognitieve eigenschappen in de samenwerking van individuele mieren in een mierennest? Of is een mierenvolkbrein slechts een optelsom van de cognitieve capaciteiten van de individuele mieren? Volgens de sociobiologie, een vakgebied dat begon met het bestuderen van vliesvleugeligen maar nu ook andere sociale patronen onderzoekt, is complex groepsgedrag mogelijk zonder dat er sprake is van een bewuste keuze bij de individuen [7]. Een voorbeeld hiervan is de manier waarop de trekmier *Eciton* zich uitwaaiert als het op zoek gaat naar prooi. Het resulterende patroon van routes die de mieren nemen ziet er zeer georganiseerd uit, maar is de resultante van simpele automatismen van de individuele mieren.



Afb.: Waaierpatroon van foeragerende trekmier [7]

Om deze patronen tot uitvoering te brengen is een complex systeem nodig. Deze taak zou voor met elkaar samenwerkende mensen al heel erg lastig zijn. Toch kan dit complexe systeem tot stand gebracht worden met bouwstenen die betrekkelijk eenvoudig functioneren. Er zijn mathematische modellen voorhanden die het jacht- en loopgedrag van deze mieren goed kunnen benaderen, waarbij elke mier een simpele afweging maakt op basis van de hoeveelheid feromonen die het op de grond voor zich aantreft [13].



Afb.: Een trekmier kiest uit drie richtingen op basis van geursporen [8]

De mier kiest uit grofweg drie richtingen: recht naar voren, links aanhouden, of rechts aanhouden. Bij voorkeur neemt het een pad waar al wel feromonen aanwezig zijn (waarde 1), maar niet teveel mieren al gelopen hebben (waarde 2) of waar nog helemaal geen mieren geweest zijn (waarde 0). Op die manier ontstaat al snel een waaierpatroon. Dit waaierpatroon is echter emergent. Het is een eigenschap van een grote groep trekmiere, niet van een afzonderlijke trekmier.

Toch volgt hieruit niet dat de vorming van deze waaier toegeschreven kan worden aan een bewust proces. Het gaat allemaal automatisch, en het is inderdaad verklaarbaar vanuit de gedragingen van de individuele mieren. Kenmerkend voor bewuste processen is vaak dat er flexibiliteit en sturing mogelijk zijn. De waaierpatronen van de trekmier zijn wel

aangepast aan de omstandigheden van het terrein, maar de trekmier is niet in staat om volgens andere patronen te gaan foerageren. Dat wijst dus toch meer op een niet-bewust collectief proces dan op een bewust proces. Het is heel goed mogelijk dat dit geldt voor heel veel complexe groepsgedragingen van de mier. Al deze complexe patronen zijn goed reduceerbaar tot en verklaarbaar met simpele regels waar een individuele *node* zich aan houdt.

Het probleem van de causale relevantie [15] is hiermee nog niet opgelost. Waarom gaat een kolonie meer energie steken in nestbouw? Wordt dit causaal veroorzaakt door de feromonale balans of door een hogere intelligente functie die belangen tegen elkaar afweegt, of door beide? Dank zij de hoge reduceerbaarheid weten we dat de twee causale oorzaken synchroon aan elkaar optreden, maar dan nog is er een causale overtolligheid. Een enkele oorzaak zou afdoende moeten zijn om de toegenomen nestbouw te kunnen verklaren. Als verklaringsmodel lijkt het in ieder geval beter werkbaar om met de emoties, intenties en behoeften van een mierenvolkbrein te werken dan met een onoverzichtelijke, zeer complexe chemische structuur op meer het niveau van de actualisator. Bovendien doet een puur reductionalistische verklaring afbreuk aan de mogelijkheid dat het mierenvolkbrein ook te actualiseren is in een heel andere fysische gesteldheid. Simulatiesoftware en NASA robots die zich gedragen zijn duidelijk van een heel andere technische aard dan de chitineskeletten van mieren, maar tonen wel precies dezelfde functies, intelligente patronen, en aanpassingen aan de omgeving. Dus hoewel een mierenvolkbrein erg goed reduceerbaar is tot de gedragingen van de individuele *nodes*, voert het een stap te ver om het helemaal te reduceren tot het chemische of fysische niveau omdat zo'n reductionistisch verklaringsmodel niet langer bruikbaar is voor gelijksoortige systemen die met een andere technologie werken. Daarmee wordt duidelijk dat de causale relevantie van het fysische niveau laag is. Als verklaringsmodel zijn vooral de gedragingen van de individuele *nodes* en de hogere emergente eigenschappen die zij daarmee in stand brengen van belang.

Het is zelfs zo dat het gedrag van een individuele mier niet goed kan worden begrepen zonder kennis te hebben van de hogere emergente eigenschappen. Een mier die

afgezonderd raakt is snel gedesoriënteerd en heeft niet veel overlevingskansen. Zo'n eenzame mier weet niet wat het moet doen. Pas in het raamwerk van het mierenvolk, als onderdeel van ene mierenvolkbrein, krijgt het een soort taakbesef.

De omgeving van een mier kan meerdere kansen en bedreigingen bieden. De beperkte mogelijkheden van een mier staan hem slechts één gedragsprioriteit toe. (Bijvoorbeeld eten, vechten, bouwen, broedzorg of verkennen.) Alleen in het collectief is een mierenvolk in staat om gebalanceerd te reageren op de verschillende prikkels uit de omgeving. Deze mogelijkheid om de aandacht op meerdere gedragingen te richten is daarmee een emergente eigenschap die niet aan te treffen is (niet te reduceren is) bij de afzonderlijke mier.

6. Conclusies

In een mierenest zijn intelligente functies waar te nemen, en zelfs enige vorm van bewustzijn is te vermoeden. Deze cognitieve processen zijn goed te verklaren uit de werking van de samenstellende delen, de individuele mieren. Complexe emergente eigenschappen blijken verklaarbaar te zijn uit simpele mechanismen die bij de losse mieren aanwezig zijn. Het complexe gedrag is echter geen simpele optelsom van eigenschappen die al aanwezig zijn bij de individuele mieren.

Als deze intelligente en vermoedelijk zelfs bewuste processen mogelijk zijn in een mierenvolkbrein met zo veel beperkingen, zoals het beperkte aantal *nodes* en de traagheid van verwerking, dan mag er wel heel veel verwacht worden van systemen die deze beperkingen niet hebben. Het is aannemelijk om te verwachten dat de veel complexere systemen die zoogdieren hebben ook veel meer en beter ontwikkelde cognitieve functies zullen bezitten en ook meer emergente eigenschappen zullen vertonen die niet te reduceren zijn tot de individuele *nodes*.

Omdat een mierenest goed te bestuderen is kan de samenhang tussen de samenstellende delen en de emergente hogere functies eenvoudiger bewezen worden dan bij meer complexe systemen zoals de menselijke hersenen. De mate waarin de hogere functies reduceerbaar zijn komt bij mieren sneller aan het licht dan bij mensen.

Opvallend is dat veel cognitieve processen in een mierenest ontstaan middels een systeem dat in biologisch opzicht behoorlijk veel verschillen vertoont met de hersenen van een individueel organisme. Een superorganisme heeft een ander soort architectuur van het brein dan een individueel organisme. Toch zijn zaken als intelligent gedrag waarneembaar in zo'n collectief. Intelligentie blijkt niet afhankelijk te zijn van de onderliggende realiserende techniek. Het is mogelijk met een andere architectuur van het brein ook intelligentie voort te brengen. Hieruit blijkt de waarde van het functionalisme bij het verklaren van zulke verschillende intelligente systemen.

De verleiding is groot om een parallel te trekken naar de menselijke samenleving. Zouden menselijke sociale systemen ook intelligent gedrag en zelfs bewustzijn kennen? Deze vraag valt buiten de reikwijdte van ons onderwerp, maar laat de lezer zich toch eens prikkelen met deze vraag. Ik sluit af met en laat het woord hierover aan de schrijver en filosoof Pirsig:

Wanneer samenlevingen en steden niet worden beschouwd als verzinsels van de `mens', maar als hogere organismen dan de biologische mens, worden verschijnselen als oorlog en genocide en alle andere vormen van menselijke uitbuiting begrijpelijker. De `mensheid' heeft er nooit belang bij gehad zichzelf af te slachten. Maar het hogere organisme, de Reus, dat een patroon is van waarden dat aan de biologische menselijke lichamen is opgelegd, maalt er niet om wanneer het een paar lichamen meer of minder verliest om zijn hogere belangen veilig te stellen.

-- Robert M. Pirsig, "Lila" [12]

7. Bronnen

- [1] *Het leven der mieren*, A. Raignier
1957, 2e druk, Utrecht.
Uitgeverij het Spectrum, Antwerpen (Prisma serie)
- [2] *The Ant Colony as an Organism*, Wheeler
1911 in the Journal of Morphology
- [3] *Wikipedia: Superorganism*
<http://en.wikipedia.org/wiki/Superorganism>
(verkregen op 2005-12-28)
- [4] *De verbazingwekkende GPS van ons hoofd*, Hanspeter A. Mallot
juli - september 2005 in EOS / Scientific American (special Psyche en Brein)
Mallot baseert zich mede op de onderzoeker Wehner
- [5] *Optimization*, (auteur onbekend)
<http://la.advancedarchitecture.org/Research/Ants/Optimization>
(verkregen in 2005-12)
- [6] *A colony-level response to disease control in a leaf-cutting ant*, Hart, A.G.; Bot,
A.N.M.; Brown, M.J.F.
2002 in Naturwissenschaften 89, 6, p.275-277
- [7] *A Speculative Model of How Groups Respond to Threats*, Eric Jay Wolterstorff
Chapter Six: Complex group behavior from simple interactions, positive feedback
loops. 2003-08-12, online beschikbaar op
<http://shiftingculture.com/research/monograph.htm>
Wolterstorff refereert naar: Wilson, Edward O. 1998. Consilience: The Unity of

Knowledge. New York: Vintage.

- [8] *The blind leading the blind: Modeling chemically mediated army ant raid patterns*, Deneubourg J.-L., Goss S., Franks N.R. & Pasteels J.M. 1989, *J. Insect Behav.* 2, 719-725

- [9] Afbeelding van een vuurmier. University of Florida.
http://flrec.ifas.ufl.edu/entomo/ants/ant_anatomy.htm

- [10] *De mieren* (roman), Bernard Werber

- [11] *Spreuken 6:6-8* (Bijbel, Statenvertaling)

- [12] *Lila* (roman), Robert M. Pirsig
hoofdstuk 17

- [13] *Pattern Formation and Optimization in Army Ant Raids*, Ricard V. Solé, Eric Bonabeau, Jordi Delgado, Pau Fernández en Jesus Marín

- [14] *Foraging Navigation in the Eciton Army Ants*, Y. M. 2003, online beschikbaar op
http://courses.washington.edu/insects/454Students/TermPaper/TPexamples/TP_2003MY.doc

- [15] *Functionalism – Introduction*, John Heil 2004, deel III in zijn boek *Philosophy of Mind* Oxford University Press, ISBN 0-19-925383-8