

Werkverdeling in een bijenvolk, een platte organisatie (1)

Romé van der Zee

Hoe lukt het duizenden bijen om onderling zeer uiteenlopende taken te verrichten? Hoe wordt het werk verdeeld? Vragen die telkens weer opkomen als je het gedrag van de bijen observeert. In het voetspoor van vroege voorgangers als Lindauer en von Frisch is het gedragsonderzoek de laatste decennia in een stroomversnelling geraakt. Maar ook het neurofysiologisch- en genetisch onderzoek naar de organisatie van het bijenvolk krijgen steeds meer aandacht. In een tweetal artikelen vat ik de resultaten van dit onderzoek samen.

270

Een sociale groep kan overleven door haar leden zo goed mogelijk in te zetten op de meest urgente activiteiten. Daarvoor moeten die leden samenhangende activiteiten ontwikkelen, of die leden nu bijen of mensen zijn. In het gedragsonderzoek bij mensen bestaat eenzelfde belangstelling voor de verhouding tussen genetische expressie, neurofysiologie en gedrag. Door naar verschillen en overeenkomsten tussen bijen en mensen te kijken ontstaat een dieper inzicht in de achterliggende mechanismen van het (sociale) gedrag.

Geen centrale planning

De organisatie van een bijenvolk is zo interessant omdat duizenden bijen gecoördineerd taken verrichten, zonder een centrale autoriteit. Het is een platte organisatie waarbij initiatieven worden genomen op het laagste niveau. Bij beslissingen spelen competitie en toeval een doorslaggevende rol.

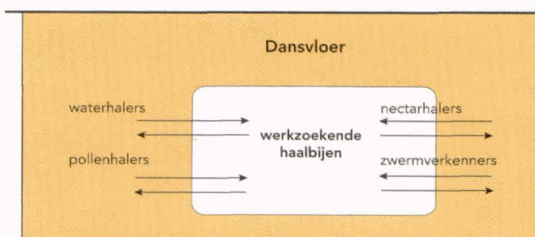
Haalbijen worden in onderlinge competitie verspreid over de verschillende haalbronnen, als water, pollen, en nectar overeenkomstig de behoefte van het volk. De werving vindt plaats op de dansvloer in het bijenvolk, waar werkloze bijen in contact gebracht worden met passende arbeid. Zeer aantrekkelijke drachtbronnen worden voorgedanst, minder aantrekkelijke verdwijnen van de vloer. En ondertussen heeft geen enkele bij overzicht over het geheel: Natuurlijke selectie op basis van het sterkste signaal. De signalen die van de bijendans uitgaan zijn beperkt maar zinvol. Er wordt alleen een intensieve kwispeldans uitgevoerd als er een aantrekkelijke drachtbron is, én de nectarbehoefte van het volk groot is.

Een tweede gegeven is, dat iedere werkloze bij maar

één dans volgt. De keus voor een bepaalde dans is volstrekt willekeurig, zodat iedere dans wordt waargenomen in het volk. Het gevolg is dat in snel tempo de meest voordelige drachtbron het grootste aantal bijen aantrekt, omdat het aantal dansers dat er reclame voor maakt snel toeneemt.

Het lijkt tijdverspilling dat iedere danser een willekeurig eigen publiek krijgt. In een menselijke markteconomie probeert een individuele consument zoveel mogelijk informatie te verzamelen, om zo tegen zo laag mogelijke kosten een maximale opbrengst te verkrijgen. In een bijeneconomie staat niet de individuele opbrengst, maar het voordeel van de gemeenschap voorop. En dat is niet gediend door werkers die maximale kennis zouden inzetten voor eigen voordeel. Integendeel. Allerlei onderzoek laat zien, dat door de toevallige distributie van werkers op basis van beperkte informatie, een bijna optimale benutting van voedselbronnen ontstaat. Als alle bijen op basis van kennis maar één dracht zouden benutten, ontstaat de mogelijkheid dat die inzet te groot is in verhouding tot de opbrengst, zeker in vergelijking met alternatieven in de omgeving.

Een tweede verschil met een vrijmarkteconomie is de prijsvorming. Prijzen drukken de verhouding tussen vraag en aanbod van goederen uit. En zijn daarmee van invloed op productiebeslissingen. Bij bijen werkt het anders. Niet de prijs, maar de wachttijd op werkers, die nectar willen aannemen bepaalt of doorgedaan wordt met productie, ofwel investering in een drachtbron. Anders gezegd: individuele bijen bewaken de balans tussen vraag (consumptie in het bijenvolk) en aanbod (drachtbronnen) zonder overzicht van de situatie in het totale volk. Een snelle afgifte aan ontvangende bijen van b.v. water, is vergelijkbaar met



een hoge prijs, en leidt tot een systeem waarin snel geworven wordt op waterhalers.

Signalen en tekens

Op welke wijze informeren bijen elkaar? Werksters reageren op iedere vorm van nuttige informatie. Het is zinvol daarbij onderscheid te maken tussen signalen en tekens. Een signaal geeft een heldere eenduidige boodschap af. Een teken is een subtiele waarneming uit de omgeving waarin bijen verkeren.

Een signaal is een actie die een bij uitvoert om andere bijen te informeren. De verschillende bijendansen bijvoorbeeld zijn signalen, zij verschaffen informatie over kenmerken van een drachtbron. Deze zijn altijd gericht op een beperkt aantal werksters.

Er zijn ook signalen die minder specifiek werken en gericht zijn op de informatie-overdracht aan zo veel mogelijk bijen. Ze veranderen de gevoeligheid voor informatie, zodat de kans dat er een reactie ontstaat stukje bij beetje groter wordt. Door hun algemene aard kunnen zij veel bijen tegelijkertijd beïnvloeden in hun werkzaamheden, en soms tot massale actie brengen. Een voorbeeld van een dergelijk signaal is het trilsignaal, waarbij een werkster kort haar lijf laat trillen, terwijl ze een andere werkster bij de voorpoten houdt. Deze bijen vertonen dit trilgedrag wel 20 keer per minuut en kunnen dit meer dan een uur volhouden. Ze leggen daarbij grote afstanden door het volk af. Dit signaal wordt doorgegeven aan bijen van alle leeftijden, en zelfs de moeder wordt niet overgeslagen. Het gevolg is een sterke activiteitstoename in het volk voor iedere taak die verricht wordt.

Het signaal kwispeldans trekt zowel visueel als auditief de aandacht van andere bijen. De zoektijd voor het vinden van een voedselverwerker is daarentegen een onzichtbare, onhoorbare variabele, die ertoe leidt dat haalbijen in alle rust hun positie kunnen bepalen t.a.v. de bijendans. De 'zoektijd' is dus ook informatie die onderling doorgegeven wordt en is een goed voorbeeld van een teken.

Vergelijk het signaal met een advertentie voor een wintersportoord. Als je, eenmaal aangekomen op je bestemming, vervolgens uren in de rij voor de skiliften moet staan (teken), vorm je in alle rust je mening over die advertentie, en of je in de toekomst terug zult komen.

Informatie tussen werksters verloopt bijna altijd via tekens, en is daardoor indirect. Als er dagenlang pollen gehaald is, en het verzamelen gestopt kan worden, wordt er geen bijeenkomst belegd om dit te bespreken. Hoe meer pollen verzameld wordt, des te

hoger is het eiwitgehalte in het tussen de werksters uitgewisselde voedsel. Dit wordt als een teken opgevat dat pollen verzamelen niet meer nodig is. De gemeenschappelijke omgeving, vol van betekenis, stuurt op deze wijze het individueel gedrag van de bijen.

Beperkte informatie is voldoende

Een terugkerende haalbij volgt hoogstzelden de bijendansen. Zelf danst zij ook alleen bij uitzondering. Zij verstuurt maar twee keer een boodschap tijdens haar verblijf in het nest. Een verzoek om hulp bij het afgeven van de nectar, en een verzoek om voedsel voor het opnieuw uitvliegen. De wachttijd bepaalt haar beslissing om te stoppen of door te gaan. Een zeer beperkte vorm van informatieoverdracht. En toch voldoende voor een optimaal werkend systeem.

Waarom gebruikt die bij geen andere informatie? Blijkbaar is er een afweging tussen de hoeveelheid tijd die gestoken moet worden in meer informatie verkrijgen, over b.v. alternatieve drachtbronnen, en het tijdverlies dat daardoor optreedt. Tijd die beter besteed kan worden door zo snel mogelijk weer naar de reeds bekende dracht te vliegen.

Deze wijze van informatie verwerken kan worden opgevat als een zelfregulerend systeem met onafhankelijk werkende groepen, die pas overschakelen, als de tijd- en energie-investering in een bepaalde dracht zo onaantrekkelijk wordt, dat ingezet moet worden op een nieuwe informatievoorziening. Signalen worden daarbij alleen gevolgd of gegeven waar tekens niet volstaan.

Conclusie

Waarom is dit systeem zo gegroeid? Omdat in een decentraal systeem als hier beschreven een zeer snelle aanpassing tot stand kan komen tussen sterke en snelle veranderingen in tijd en ruimte. Drachtbronnen kunnen binnen korte tijd in aantrekkelijkheid veranderen, net als de behoeften binnen een bijenvolk. In een organisatie gebaseerd op centrale planning zou een beperkte groep super kennisbijen voortdurend geïnformeerd moeten worden over alle informatie van belang in de omgeving. In een volgend artikel besteed ik meer aandacht aan de genetische en neurofysiologische aspecten van het bijgedrag.

Literatuur

- Seeley, Thomas D., The wisdom of the hive.
- Robinson, Gene E., From society to genes with the honey bee. *American Scientist*, vol. 86, nummer 5 p. 456
- Schneider, Stanley E. and Lewis, Lee A., The vibration signal, modulatory communication and the organization of labor in honey bees, *Apis mellifera*. *Apidologie* 35 (2004) p. 117-131.