

**HET BEWUSTZIEN
VAN DE BIJ**

LARS CHITTKA



VERTAALD DOOR REIN GERRITSEN

NOORDBOEK

INHOUDSOPGAVE

© 2022 Lars Chittka | Uitgeverij
Noordboek

Originele titel: The Mind of a bee
© 2022 by Princeton University Press

Vertaling: Rein Gerritsen

Boekvormgeving: Hermen Grasman
Omslagontwerp: Bart van den Tooren

Alle rechten voorbehouden. Niets
uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd, opgeslagen in een
geautomatiseerd gegevensbestand,
of openbaar gemaakt in enige vorm
of op enige wijze, hetzij elektronisch,
mechanisch, door fotokopieën,
opnamen of op enige andere manier,
zonder voorafgaande schriftelijke
toestemming van Uitgeverij
Noordboek, postbus 234, 8400 AE
Gorredijk, Nederland –
info@noordboek.nl.

NUR: 942 | 730
ISBN: 978 90 5615 983 2

Noordboek is onderdeel van
20 leafdesdichten en in liet fan
wanhoop bv

www.noordboek.nl

9	HOOFDSTUK 1	INTRODUCTIE
27	HOOFDSTUK 2	ZIEN IN VREEMDE KLEUREN
43	HOOFDSTUK 3	DE VREEMDE ZINTUIGLIJKE WERELD VAN BIJEN
65	HOOFDSTUK 4	'HET IS GEWOON INSTINCT' - OF IS HET?
85	HOOFDSTUK 5	DE GRONDSLAGEN VAN BIJENINTELLIGENTIE EN COMMUNICATIE
99	HOOFDSTUK 6	LEREN OVER DE RUIMTE
125	HOOFDSTUK 7	LEREN OVER DE BLOEMEN
151	HOOFDSTUK 8	VAN SOCIAAL LEREN NAAR 'ZWERMINTELLIGENTIE'
175	HOOFDSTUK 9	HET BREIN ACHTER DIT ALLES
201	HOOFDSTUK 10	'PERSOONLIJKHEIDSVerschillen' TUSSEN BIJEN
227	HOOFDSTUK 11	HEBBEN BIJEN BEWUSTZIJN?
251	HOOFDSTUK 12	NAWOORD
256		DANKWOORD
258		NOTEN EN BIBLIOGRAFIE
300		ILLUSTRATIEBRONNEN
307		INDEX

INTRODUCTIE



‘Meent ge, dat een bewoner van Mars of Venus, die boven op een berg staande ons als zwarte stipjes in de ruimte zag komen en gaan langs de straten en pleinen onzer steden, zich op het gezicht van onze bewegingen, onze gebouwen, kanalen en machines een nauwkeurig denkbeeld zou vormen van ons verstand, onze zedelijkheid, onze wijze van liefhebben, denken, hopen, in één woord van ons dieper en waarachtig wezen? Hij zou er zich toe bepalen enkele vrij verrassende feiten te constateeren, zooals wij dat doen bij den bijenkorf, en zou er waarschijnlijk even onzekere, even verkeerde conclusies uit trekken als wij in dit geval. ...

“Waar gaan ze toch heen” zou hij zich afvragen, nadat hij ons gedurende jaren of eeuwen had geobserveerd, “Wat doen ze toch? Wat is het centrale punt en het doel huns levens? Gehoorzamen ze aan een of anderen god? Ik zie niets dat hunne schreden leidt. Den eenen dag schijnen ze kleine voorwerpen te bouwen en te verzamelen, en den volgenden verstrooien ze die weer. Ze gaan en komen, ze vergaderen en verwijderen zich, maar wat ze verlangen is niet te begrijpen¹.”

MAURICE MAETERLINCK



Het begrijpen van vreemde levensvormen is niet eenvoudig, maar als je van een uitdaging geniet, is het niet nodig om daarvoor in de ruimte naar op zoek te gaan. Vreemde levensvormen bestaan ook hier, overal om je heen. Ik bedoel daarmee niet per se de zoogdieren met grote hersenen – wier psychologie vaak bestudeerd wordt met de bedoeling daar iets mensachtigs in aan te

¹ Maurice Maeterlinck. *Het leven der bijen*. Vertaling van Mevrouw G.M. van der Wissel-Herderschee. C.L.G. Veldt, Amsterdam, 1908, p. 1. Oorspronkelijke titel *La vie des abeilles* uit 1901.



Foto 1.1 De vreemdheid van de bijenwereld. Veel aspecten van het leven van een bij of van een bijengemeenschap vinden geen parallel in de mensenwereld. Unieke vormen van zintuiglijke gewaarwording, instinctmatig gedrag en sociale interactie kunnen aan de basis staan van de wiskundig optimale honingraat, een structuur zonder gelijke in de dierenwereld in termen van regelmaat en functionaliteit.

treffen. Met insecten zoals bijen bestaat zo'n verleiding niet. Noch de bijengemeenschappen noch hun individuele psychologie lijken in ook maar iets op die van de mens. (Figuur 1.1) Sterker nog, hun waarnemingswereld verschilt zoveel van de onze, het wordt aangestuurd door compleet verschillende waarnemingsorganen en hun leven staat in het teken van het bereiken van totaal verschillende doelen, dat we ze gerust mogen beschouwen als vreemdelingen in het ondermaanse.

In onze ogen lijken insectsamenlevingen op soepel geoliede machines waarin het individu een ondergeschikte rol vervult, maar een overhaaste buitenaardse waarnemer zou bij de menselijke samenlevingsvorm tot dezelfde slotsom kunnen komen. In de loop van dit boek is het mijn doel je ervan te overtuigen dat iedere individuele bij een bewustzijn heeft. Een bij is zich bewust van de wereld om haar heen en van haar eigen kennis van die wereld, waarbij inbegrepen ook

autobiografische herinneringen. Een bij maakt een inschatting van de daden van haar acties en zij beschikt over het vermogen om basale emoties en intellect te hebben. Dit zijn de belangrijkste eigenschappen van een bewustzijn. En dit bewustzijn wordt gedragen door prachtig uitgewerkte hersenen. In vergelijking met de 86 miljard zenuwcellen die de menselijke hersenen hebben, bevatten de hersenen van een bij er slechts een luttele miljoen. Maar elk van die cellen heeft een fijnvertakte structuur die qua complexiteit nog het meest op een volgroeide eik lijkt. Elke zenuwcel staat in verbinding met tienduizend andere cellen – dus er bestaan meer dan een miljard van dergelijke verbindingen in de hersenen van een bij – en iedere verbinding is op z'n minst potentieel plastisch, dat wil zeggen, ze is veranderlijk op basis van individuele ervaringen. Deze elegante miniatuurhersentjes zijn zoveel meer dan simpele input-outputmachines. Het zijn biologische voorspellingsapparaten, voortdurend op zoek naar nieuwe mogelijkheden. Zelfs zonder aanwezigheid van een stimulus zijn ze spontaan actief, zelfs 's nachts.

HOE HET IS OM EEN BIJ TE ZIJN

Om te onderzoeken hoe het er in een bijenbewustzijn uitziet, is het behulpzaam om het eerstpersoonsperspectief in te nemen van een bij, en je dan af te vragen welke aspecten van de wereld om je heen voor jou van belang zijn en hoe ze dat zijn. Ik nodig je uit om jezelf voor te stellen hoe de wereld er voor jou als bij uitziet. Om te beginnen. Stel je eens voor dat je over een uitwendig skelet beschikt – zo'n beetje als het harnas van een ridder. Daaronder zit echter geen huid. Je spieren staan in directe verbinding met het harnas. In feite ben je hard vanbuiten, zacht vanbinnen. Je beschikt ook over een ingebouwd chemisch wapen, dat ontworpen is als een injectienaald en waarmee je elk dier van gelijke grootte kunt doden en dat extreem pijnlijk kan zijn voor dieren van duizendmaal jouw afmetingen. Dit wapen gebruiken kan echter ook wel eens het laatste zijn wat je doet, omdat het gebruik ervan ook jouzelf kan doden. Stel je nu eens voor hoe de wereld eruitziet, gezien vanuit de cockpit van een bij.

Je hebt een gezichtsveld van 300 graden en je ogen verwerken veel sneller informatie dan die van een mens. Alle benodigde voedingsstoffen onttrek je uit bloemen, die maar een heel klein beetje voeding geven, zodat je vaak kilometers tussen de bloemen moet afleggen om

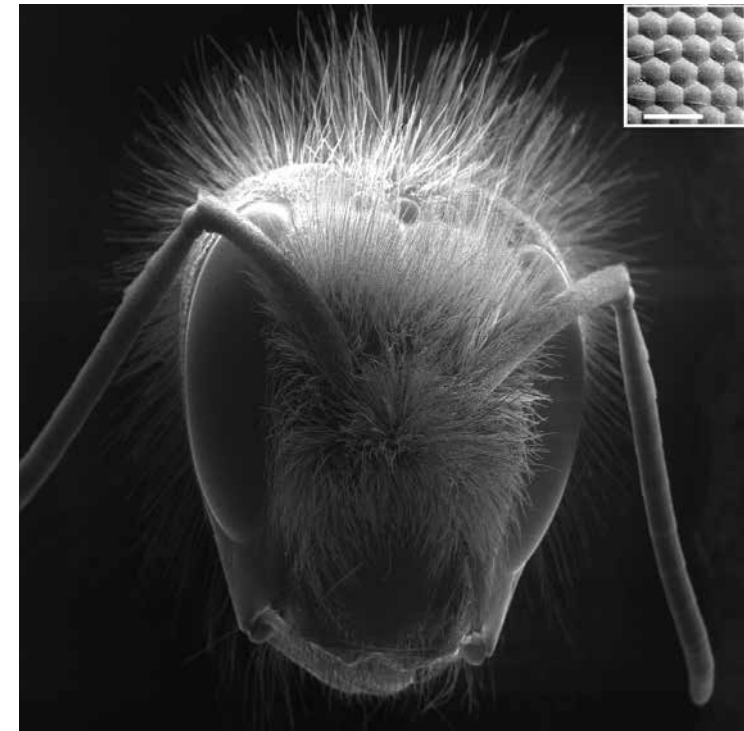
een maaltje bijeen te zoeken. Je moet het opnemen tegen duizenden concurrenten die ook op de lekkernijen afkomen. Je kleurenspectrum is veel groter dan dat van de mens. Je kunt ook ultraviolet licht zien en beschikt ook over een gevoeligheid om te kunnen bepalen in welke richting lichtgolven trillen. Je beschikt over superwaarnemingsorganen, zoals een magnetisch kompas. Je hebt uitsteeksels op je hoofd zo lang als je arm, waarmee je elektrische velden kunt proeven, ruiken, horen en bespeuren. (Figuur 1.2) En je kunt vliegen. Gegeven dat alles, wat gaat er in jouw hoofd om?

DE UITDAGINGEN VAN EEN VERZAMELAAR IN HET WILD

Wat er in een dierlijk bewustzijn omgaat, inclusief het menselijke bewustzijn, is een mengelmoes van informatie uit zijn evolutionaire geschiedenis. Informatie uit de waarnemingsfilters die ontstaan zijn tijdens de evolutie. Informatie uit zijn ervaring die het in zijn geheugen opgeslagen heeft. En zaken die het zich kan voorstellen of waarop het kan anticiperen. Om te onderzoeken wat er zich mogelijk in dat bewustzijn afspeelt, kan het helpen om stil te staan bij de vraag wat voor het dier zelf van belang is in zijn of haar dagelijks leven. Bijvoorbeeld, één ding dat zeker niet voorkomt in het bewustzijn van een werkbij is seks. Werksters zijn steriel en vrouwelijke reproductie is voorbehouden aan de koningin. Daarbij zullen bloemen voor een bij van een geheel ander belang zijn dan voor ons. Omdat planten zonne-energie kunnen omzetten in een energiedrankje – nectar – zijn ze voor de bij en de bijenfamilie van levensbelang. Ook stuifmeel – het zaad van de plant – vormt een belangrijke voedselbron om te verzamelen, omdat ze hoge concentraties bevatten van voedzame eiwitten.

Foto 1.2. Beelden van een hommelmel en hoe het een bloem zou kunnen zien.

A. Elektronmicrograaf van de kop van een hommelmel. De voelsprieten kunnen oppervlaktetexturen en luchtstromen bespeuren, alsook geuren, smaken, temperaturen en elektrische velden waarnemen. De grote gebolde ogen aan beide zijden van de kop kunnen gelijktijdig in alle richtingen kijken (behalve naar achteren) en zijn gevoelig voor ultraviolet en gepolariseerd licht. Deze samengestelde ogen bestaan uit duizenden 'micro-ogen' (zogenaamde ommatidia), ieder met zijn eigen hexagonale lens (zie de inzet op een schaal van 50 μm), waarvan elk een pixel bijdraagt aan een beeld. **B en C.** Een indruk van hoe het beeld van een stervormige bloem valt op de gebolde ogen van een hommelmel op een afstand van vier centimeter. Let op de slechte visuele resolutie en het sterk vertekende beeld vanuit dit perspectief.



A



B

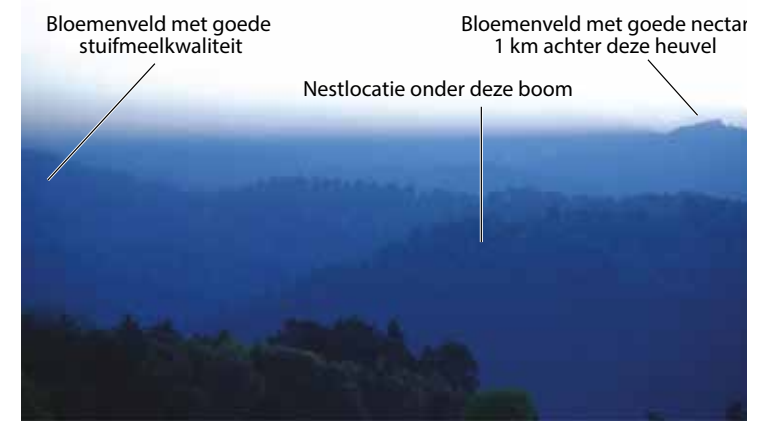


C

Om verder te onderzoeken wat er nog meer omgaat in het bewustzijn van een wezen waarvoor planten van levensbelang zijn, proberen we ons voor te stellen hoe het leven van een jonge bij eruitziet als zij het huis verlaat. De uitdaging hier bestaat erin te onthouden waar dat huis ook alweer stond en welke landschapskenmerken er in de buurt zijn, plus het lokaliseren van belangrijke bloemenvoorraden. Sterker nog, na er een aantal malen op uit te zijn geweest wordt van de bij verwacht dat zij een surplus aan voedsel meebrengt, anders komen haar jongere familieleden om van de honger. Het moge duidelijk zijn dat onze onderzoekende bij beschikt over een groot archief van evolutionaire kennis – ze hoeft, bijvoorbeeld, niet te leren hoe te vliegen, en ze beschikt over de aangeboren kennis dat gekleurde en geurige stipjes in het landschap bloemen kunnen zijn.

Er bestaan echter vele soorten van informatie waar de evolutie niet de nodige gids kan zijn, omdat van de ene generatie op de andere een hoop onvoorspelbaar is. Zo beschikt de bij niet over aangeboren kennis waar de bloemen zijn, hoe ze er precies uitzien, hoe ze te behandelen, of ze nectar of stuifmeel bevatten, of ze een rijke bron zijn of niet, of dat de bloemen, zelfs als ze een goede voedingsbron zijn, niet reeds leeggehaald zijn door de concurrent. Al deze zaken moeten door iedere jonge bij onderzocht worden en aangeleerd. Met andere woorden, een bij heeft een hoop te leren in haar korte volwassen leven van misschien drie weken, anders zal ze nooit de weg terugvinden naar huis noch een goede bloemenfoerageur worden.

De eerste vlucht van een bij is het meest gevaarlijk. Onder hommels zal ongeveer tien procent van de verzamelaars na hun eerste vlucht niet terugkeren naar hun kolonie. Sommigen zullen zich de precieze plek van hun thuis niet meer weten te herinneren, anderen vallen ten prooi aan insectenetende vogels of aan de op bloemen zittende-en-wachtende krabspinnen. Om deze uitdagingen op hun juiste waarde in te schatten, stellen we ons een mensenkind in deze situatie voor. Nemen we eens aan dat het kind in ons experiment zo'n zes jaar oud is, van schoolgaande leeftijd, wat ruwweg overeenkomt met de talenten van een paar dagen oude bij die gaat verzamelen. Je laat ze los in de wildernis – dat wil zeggen een omgeving zonder herkenbare oriëntatiepunten, zoals gebouwen. (Figuur 1.3)



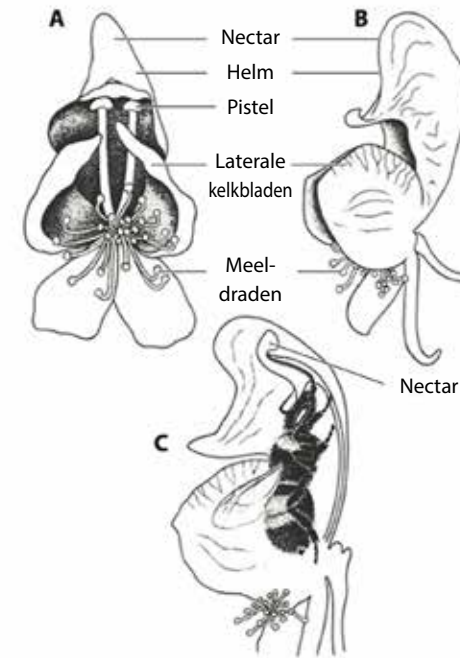
Figuur 1.3 De uitdagingen om een stationaire navigator te zijn in een natuurlijke omgeving. Anders dan in een stedelijke omgeving, die vaak unieke navigatiepunten heeft die gemaakt zijn om op te vallen, is de natuurlijke omgeving, zoals beboste heuvels, verzadigd van zichzelf herhalende patronen en vormen die geen enkel uniek markeringspunt bieden. Toch slagen bijen erin kilometerslange afstanden af te leggen in zo'n omgeving, waarbij ze zich niet alleen kunnen herinneren waar hun thuis is, maar zich ook de verscheidenheid aan vindplaatsen weten te herinneren, ook al verschillen die per dagdeel. Als mensen gedwongen werden om zonder moderne technologie of betrouwbare gidsen hun taken in zo'n omgeving te doen, zouden de meesten niet opgewassen zijn tegen zo'n ruimtelijke uitdaging.

Laten we het de kinderen gemakkelijker maken door hun omgeving vrij te houden van roofdieren. Hun enige opdracht is voedsel mee terug te brengen dat, net zoals bijenvoedsel dat is, misschien zo'n vijf kilometer ver van huis verwijderd is. Ze moeten erbij stilstaan dat ze genoeg proviand meenemen voor onderweg en mocht dat opraken, dan moeten ze kunnen terugvallen op voldoende vindrijkheid dat alsnog te vinden. Om iets te vinden dat lijkt op de complexiteit van de flora, nemen we aan dat ze voedsel moeten zien te winnen uit dingen die lijken op puzzeldozen, zonder dat ze daarbij instructies van hun ouders krijgen hoe die te openen. Als dat eenmaal gedaan is moeten ze naar huis toe zien te komen, zonder een vriendelijke voorbijganger te ontmoeten die hen de weg naar huis vertelt. Hoeveel kinderen, denk je, zullen het einde van de dag halen en hoeveel daarvan zouden met voldoende voedselvoorraad thuiskomen?

Het is duidelijk dat de enkeling die daarin slaagt degene is die beschikt over een uitzonderlijk ruimtelijk geheugen, goede zoekvaardigheden en motorische leertechnieken, alsmede een goed ontwikkeld gevoel om de kwaliteit van de verschillende voedingsbronnen te herkennen. Na een paar dagen zouden sommige kinderen hier beter en beter in worden. Ze zullen zich herinneren waar de beste fruitautomaten staan, ze zullen zich erop richten vooral deze te bezoeken (en anderen als zodanig te herkennen) en ze zullen manieren vinden om de kortste afstand tussen hun vindplaatsen af te bakenen. Deze situatie zal echter niet van permanente duur zijn. Ten tonele verschijnt ook een andere groep kinderen en sommige onvoorziene veranderingen. Een rijke vindplaats verdwijnt en nieuwe dienen zich aan, die nader onderzocht moeten worden. Dit zijn slechts enkele uitdagingen waarmee de bij geconfronteerd wordt en die daarom een plaatsje innemen in haar bewustzijn. In het navolgende zullen we zien dat deze uitdagingen vele vormen van gecompliceerde beslisvaardigheid vereisen en tevens de aanwezigheid van een efficiënte organisatie van het geheugen.

HET BEWUSTZIJN VAN EEN SHOPPER IN EEN BLOEMENSUPERMARKT

Bloemen zijn eigenlijk de geslachtsorganen van een plant. Hun kleuren, geuren en patronen zijn zo ontwikkeld dat ze dieren verleiden tot seksuele interactie omdat veel planten, gegeven hun immobiliteit, niet zonder die hulp kunnen. Ze hebben dieren nodig om het zaad van de mannelijke bloemen over te brengen naar de vrouwelijke. Bijen verlenen dit soort diensten niet gratis. Ze moeten beloond worden voor hun moeite. Vanuit dit perspectief mogen bestuivingssystemen gezien worden als biologische markten waar dieren kunnen kiezen uit verschillende ‘merken’ (bloemensoorten) op basis van hun kwaliteit (suikergehalte van de nectar, bijvoorbeeld) en de planten strijden om de gunst van de ‘klanten’ (de bestuivers). Bijen leren om de reclameboodschappen van de bloemen te lezen, die ze koppelen aan de kwaliteit van het product dat iedere bloem te bieden heeft. De aanbiedingen op deze markt zijn altijd in beweging: een bloemperkje dat in de ochtend veel nectar had kan tegen de middag uitgeput zijn, of leeggezogen zijn door concurrenten. De ochtend daarop kan het weer volop nectar te bieden hebben, maar het kan drie dagen daarna ook



Figuur 1.4 Een bloem als natuurlijke puzzeldoos. **A.** Frontaal zicht en **B.** zij-aanzicht van een akoniet (*Aconitum variegatum*) en **C.** een hommelt in de bloem, die zijn tong in de kelk van de bloem steekt om nectar op te zuigen. Onervaren hommels slagen er vaak niet in de nectar te ontdekken en degenen die succesvol zijn, hebben vaak wel tien pogingen nodig om zich deze techniek eigen te maken.

voorgoed gedaan zijn. In het licht van deze veranderingen dienen de verzamelaars hun informatie te updaten en exploitatie te combineren met het vooruitkijken naar alternatieve bronnen.

Veel van de werking van het bijenbrein kan alleen begrepen worden als we de uitdagingen van die voortdurend veranderende markt, waarin ze hun werk doen, in ogenschouw nemen. De druk waaronder ze moeten opereren wordt vaak uitgedrukt in termen van fysieke prestaties. Een bij kan, bijvoorbeeld, slechts haar eigen gewicht aan nectar en stuifmeel met haar meedragen. Een bij moet misschien wel duizend bloemen bezoeken en tien kilometer vliegen om haar honingmaag slechts één keer te vullen. En om één theelepeltje honing te krijgen, moet een bij vaak honderd van zulke vluchten uitvoeren. En



Figuur 1.5 Winkelen in de bloemensupermarkt. Een bij die over een bloemenweide heen vliegt wordt geconfronteerd met een verwarrende hoeveelheid waarnemingsprikkel, zoals kleuren en geuren van vele bloemensoorten. Net zoals een menselijke shopper dat doet, moet de bij precies die bloemensoorten identificeren (de 'producten') die de beste kosten/kwaliteit-ratio hebben (dat wil zeggen de beste nectar en stuifmeel na het investeren van zoveel inspanning). Ze dient zich deze bloemenreclame te herinneren (dat wil zeggen hun kleur, vorm en geur) en haar aandacht op de beste bloemen te richten, waardoor ze niet afgeleid wordt door andere bloemen.

dan hebben we nog geen aandacht gehad voor de mentale moeite die een bij daarin steekt. Om duizend bloemen te bezoeken moet een bij duizend bloemenpuzzels ontcijferen, die af en toe net zo ingewikkeld in elkaar zitten als een deurslot. (Figuur 1.4) En geen twee plantensoorten zitten qua mechaniek precies eender in elkaar, wat bijen ook moeten aanleren om zich toegang te kunnen verschaffen tot de nectar.

Als ze over een bloemenweide heen vliegt wordt de bij *iedere seconde* bestookt met prikkels (kleurpatronen, geurenmengsels, elektrische velden) door een veelheid van bloemen van verschillende soorten. Dat vraagt van de bij dat zij alleen aandacht heeft voor de meest relevante

stimuli en de rest onderdrukt. Tussen de bezoeken aan duizend bloemen door zijn er zo'n vijfduizend andere die haar onbekend zijn of te weinig opleveren of haar pas op een later tijdstip iets opleveren. (Figuur 1.5)

Terwijl ze aan het verzamelen is moet de bij ook omgaan met de frustratie tientallen bloemen aan te treffen die net leeggezogen zijn door haar naaste concurrent, wat leidt tot het risico om te verhongeren, en ze moet een beslissing nemen wanneer genoeg is en dan op zoek gaan naar alternatieve voedingsbronnen. Met haar bezoek van duizenden bloemen per dag dienen zich gelijktijdig regels aan. Bijvoorbeeld, leveren tweezijdig symmetrische bloemensoorten (zoals het leeuwenbekje) meer op dan meerzijdig symmetrische soorten (zoals narcissen), ongeacht de specifieke soort en kleur? Leerregels worden over het algemeen niet gezien als behorend tot het insectenbewustzijn, maar zoals we straks zullen zien leidde de druk van de bloemenmarkt bij de bij tot het ontstaan van zulke intelligente operaties. Bovendien, terwijl ze moet zien om te gaan met al deze toevalligheden, moet ze ook nog aanvallen van jagers zien te ontwijken en onthouden bij welke bloemensoorten zich de meeste jagers ophouden. Ze moet bovenal de weg naar huis weer zien te vinden, ongeacht de grilligheid van haar vluchtroute en ongeacht de windvlagen die haar daarvan kunnen afbrengen.

COMPLEXE BESLISSINGEN, COMMUNICATIE EN WERKZAAMHEDEN AAN HUIS

Als ze eenmaal weer thuis is, kan een bij tot de ontdekking komen dat een beer net bezig is haar nest overhoop te halen. Wat te doen? Moet ze zich eerst ontdoen van haar kostbare lading, of gelijk de beer aanvallen waardoor ze het risico loopt zelf gedood te worden? Zou ze zo vervelend om de kop van de beer heen moeten zoemen dat dit de beer afschrikt? Of moet ze in het geniep in een andere boom gaan zitten wachten tot de aanval voorbij is? Je zult misschien denken dat deze keuzes aangeboren zijn, maar individuele bijen kunnen verschillende keuzes maken al naar gelang hun eigen predisposities.

Als de beer weg is, moet het nest hersteld en de gestolen honingvoorraad weer aangevuld worden. Honingraten bouwen vereist de constructie van exact hexagonale cellen uit reepjes van zacht materiaal, afkomstig uit de onderbuik, waarbij de cellen ongeveer even