

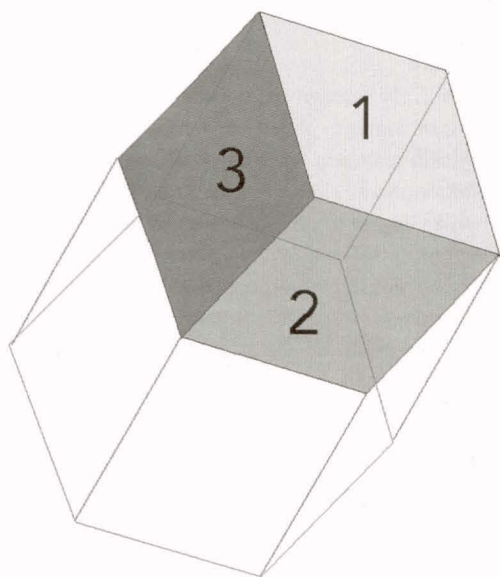
Rond of niet rond, dat is de vraag

Onno Bakker

Vele geleerden hebben zich al gebogen over het ontstaan van de vorm van de bijenraat. Dit loopt van Pappus, een Alexandrijnse wiskundige uit de 3e eeuw, via Kepler en Swammerdam tot een recent artikel van Prof. Tautz. De meesten zijn tot de conclusie gekomen dat de cel een zogenaamd rhombisch dodecaeder is, hetgeen betekent dat de bodem bestaat uit drie 'wybertjes'. Tautz echter zegt aan te tonen dat de bodem van de cel rond moet zijn door de fysische eigenschappen van de was. In dit artikel wordt geprobeerd na te gaan wat nu de werkelijkheid is.

272

De cel als rhombisch dodecaeder (fig. 1) bestaat uit twaalf vlakken en de cel is eigenlijk de helft ervan. Naast de zes vlakken die de zijanten vormen is de bodem samengesteld uit drie rhomben (wybertjes). Deze vorm is door velen beschreven maar de eersten waren Kepler (in 1611) en Swammerdam (in 1673). Velen hebben zich al gebogen over het ontstaan van zoiets regelmatig als de bijenraat. Pappus dacht dat de bijen wel over een soort 'geometrische voorkennis' moesten beschikken om zo iets te kunnen maken, want als je een ruimte zo efficiënt mogelijk wilt vullen met zo min mogelijk materiaal kom je op een zeshoek



Figuur 1. Een cel in een bijenraat kan worden beschreven als de helft van een rhombisch dodecaeder en is hier afgebeeld. De drie rhomben (wybertjes) zijn aangegeven met een cijfer.

uit. Met andere woorden, de bijen werden gezien als wiskundigen die de hoeken uit konden rekenen, zij hadden intelligentie. Deze redenering staat ook bekend als het efficiency- principe dat door de bekende bijenkenner Réaumur werd aangehangen, alsmede door Darwin.

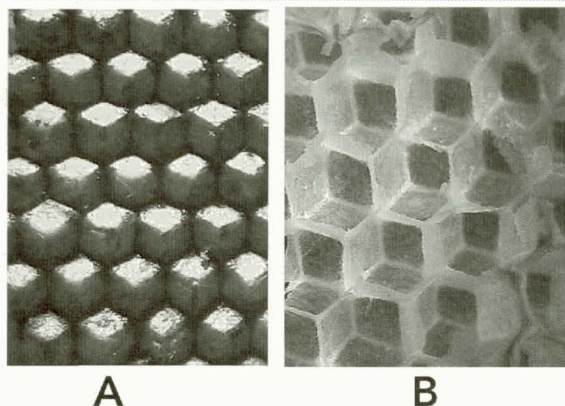
Aan de andere kant staat de opvatting dat de cel als rhombisch dodecaeder wordt gevormd door gelijkwaardige druk van alle kanten, dus van zes bijen om een bouwbij heen en van drie andere tegenover dezelfde bouwbij (vergelijkbaar met zeepbellen). Deze opvatting, waarbij de vorm van de raat voortkomt uit het natuurlijk gedrag van de bijen wordt erg mooi en beeldend beschreven door Gerstung in zijn boek 'Der Bien und seine Zucht'.

De cel als zeshoek met ronde bodem

In een recent artikel in het wetenschappelijke tijdschrift 'Naturwissenschaften' geeft de groep van Prof. Tautz resultaten weer van haar studies naar de vorm van de cel. Als hij dan een afgietsel maakt van natuurbouw die is gevormd dan krijgt hij een zeshoek met een ronde bodem. Dus, concludeert hij, is de bodem van een cel rond en hebben al degene die zeggen dat de bodem uit drie rhomben bestaat het mis. Dit is slechts schijn en ontstaat doordat er drie cellen bij elkaar komen en als je dan door de transparante was kijkt denk je daardoor dat het drie rhomben zijn. Ook laat hij gesmolten was stollen in aanwezigheid van 'kunstbijen' in de vorm van rubber stoppen bij een temperatuur zoals die in de kast tijdens de bouw voorkomt. Uit deze proeven blijkt dat was van nature eigenschappen heeft die ervoor zorgen dat de was zeshoekig stolt.

Maar wat leert nu de directe waarneming?

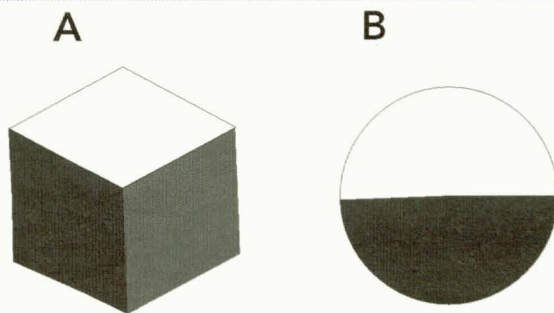
Goethe drong al aan op de directe waarneming als enig juiste manier van wetenschap bedrijven. In vele boeken staan doorsneetekeningen van de raat met altijd een bodem die niet rond is maar rhombisch. Maar ja een tekening is snel gemaakt en als de één de ander natekent is het gauw waar. Er zijn echter ook boeken waarin afgietsels van natuurraat te zien zijn. In het bekende boek van Root ('ABC and XYZ of bee culture') bijvoorbeeld staat een erg duidelijke foto van zo'n afgietsel evenals in het boek 'The Golden Throng' van Teale. In beide gevallen is er maar één conclusie mogelijk: de bodem van de cel is rhombisch



Figuur 2. A. Afgietsel in gips van een vers gebouwde natuurraat waarvan later de was is weggesmolten. De foto is gemaakt door een microscoop (10x vergroting) met strijklucht van boven.

B. Een foto van vers gebouwde natuurraat die juist boven de bodem is doorgesneden. De foto is gemaakt met strijklucht van rechts.

en niet rond. Met al deze dingen in het achterhoofd heb ik zelf ook maar eens een aantal afgietsels gemaakt van vers gebouwde natuurraat. Uit de begeleidende foto's mag duidelijk zijn dat de cel een bodem heeft die bestaat uit drie rhomben en niet rond is. In figuren 2a en 2b ziet u zowel een afgietsel van vers gebouwde natuurraat als de vers gebouwde raat zelf die is doorgesneden ter hoogte van het punt waar de zeshoek overgaat in de bodem. Was de bodem rond geweest dan had het patroon eruit moeten zien als in figuur 3b. Het is echter duidelijk dat het patroon is als in figuur 3a en dat houdt in dat de bodem van vers gebouwde natuurraat rhombisch is en niet rond. Hoe komen de auteurs dan toch tot de conclusie dat de bodem rond moet zijn? Misschien dat er een fout



Figuur 3. A. Schematische weergave van het te verwachten licht-donker patroon wanneer de bodem rhombisch is. **B.** Schematische weergave van het te verwachten licht-donker patroon wanneer de bodem rond is. Vergelijk deze patronen met de foto's in figuur 2.

in de experimentele opzet is geweest. Bij het maken van de eigen afdrucken zag ik ook een aantal cellen met een ronde bodem maar deze waren altijd korter dan de afgietsels die een rhombische bodem lieten zien. Mijn verklaring hiervoor is de aanwezigheid van lucht in de cel. Als je de afgietsels probeert te maken wordt snel duidelijk dat het erg moeilijk is alle lucht uit de cellen te verwijderen. Dit neemt niet weg dat de conclusie dat was uit zichzelf al de neiging heeft in een zeshoekige vorm te stollen, overeind blijft.

Bronnen

- Root, A.I. ABC and XYZ of bee culture, 1947
 Thompson, D'Arcy Wentworth. On Growth and Form, p 525-544 'on the bee's cell' 1942
 Gerstung, F. Der Bien und seine Zucht, 1919.
 Pirk, C.W.W., Hepburn, H.R. Radloff, S.E. en Tautz, J. (2004) Naturwissenschaften 91: 350-353.

bijen

EMBLEMATA

Willem den Elger werd omstreeks 1678 in Den Haag geboren en stierf in 1803 te Rotterdam. Hij studeerde rechten aan de universiteit van Leiden en was zo'n snelle student dat hij al in 1698 tot doctor promoveerde. Hij heeft in zijn korte leven verschillende toneelstukken geschreven en ook een emblemataboek: *Zinnebeelden der Liefde*. Hij karakteriseert de liefde met de traditionele symboliek van de bijenkorven met hun honing en steeklustige bijen.

De liefde heeft haar zoet en bitter

De kopergravure stelt Cupido met een blinddoek voor, want liefde is blind. Gestoken door bijen, heeft hij zijn boogje neergeworpen en is hij naar zijn moeder Venus gevluht. Die grijpt medelijdend zijn pijnlijke hand. Op de voorgrond staan nog een paar duifjes die de liefde symboliseren.

Toon Brekelmans

