

Anatomie & Morfologie

Tekst Wietse Bruinsma

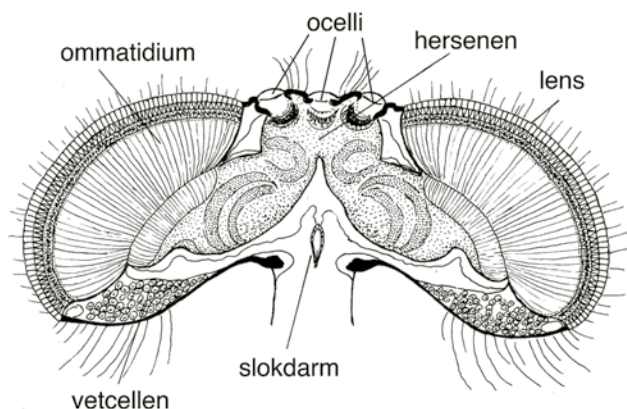
Zintuigen: de verschillende soorten ogen van de honingbij

Zintuigen van insecten zitten anders in elkaar dan de onze, maar ze doen hetzelfde: informatie over de omgeving ontvangen en doorsturen naar de hersenen. In wezen bestaat een zintuigcel van insecten uit een cel van het ectoderm met aan het eind een zenuw die de cel met de hersenen verbindt. Het is de bouw van het zintuig die bepaalt of dit reageert op druk (tastzin), geur, smaak, geluid of licht. De zintuigen liggen over hele lichaam verspreid, maar de lichtgevoelige zintuigen, die het onderwerp zijn van deze aflevering, zitten alleen maar op de kop. Insecten hebben twee verschillende soorten ogen: enkelvoudige en samengestelde.

Enkelvoudige ogen

De bij heeft drie enkelvoudige ogen, of *ocelli*, in een driehoek geplaatst. Bij de werkster en de koningin boven op de kop, bij de dar iets boven het midden van de voorkant van de kop (figuur 1).

De ocelli bestaan uit een bolle lens (in feite een verdikking van de cuticula), met vlak daaronder een laag cellen (irisellen) die de lens hebben afgescheiden. Daar weer onder ligt een laag lichtgevoelige cellen (*retinulacellen*), die verbonden zijn met zenuwvezels. Rondom de retinulacellen liggen pigmentcellen die samen de iris vormen. De retinulacellen liggen in groepjes (*retinula* genaamd) bijeen en staan loodrecht op de lens. Samen vormen die groepjes de *retina*, het lichtgevoelige deel van de ocellus. In het midden ervan ligt een lichtgevoelig staafje (*rhabdroom*), dat dient voor een chemische omzetting van het licht dat door de lens naar binnen valt. Dat wordt vervolgens omgezet in een elektrisch signaal dat via de ocellaire zenuw naar de hersenen gaat. De ocelli kunnen geen beeld van de omgeving vormen. Ze kunnen alleen maar lichtintensiteit en daglengte meten, maar dat zijn dan ook heel nuttige functies voor een volwassen bij.



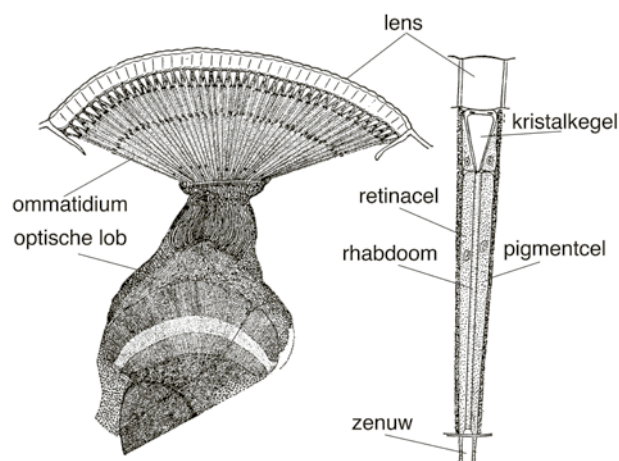
Figuur 1. Dwarsdoorsnede kop van dar. Met toestemming overgenomen uit Dade, 1977. *Anatomy and dissection of the honeybee*. International Bee Research Association.

Samengestelde ogen

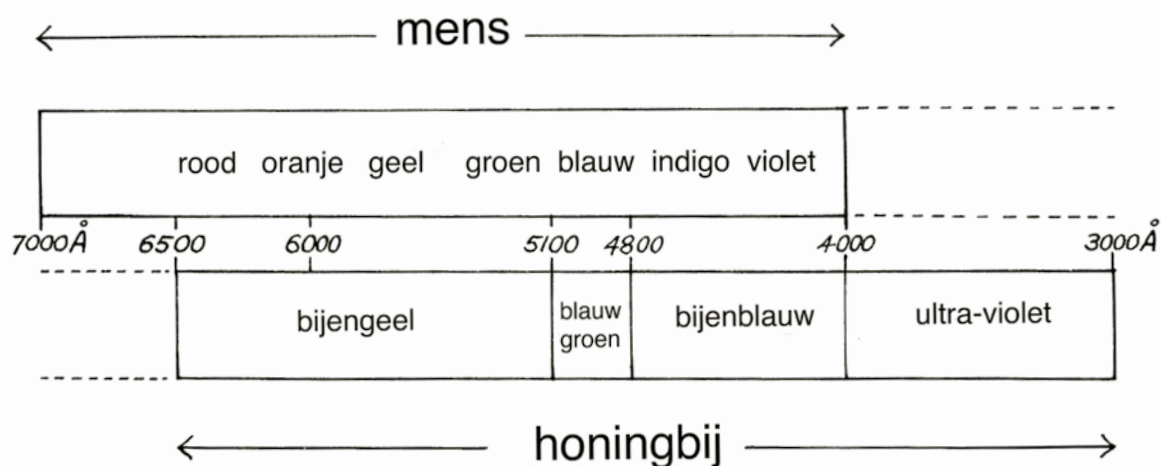
De samengestelde ogen, ook wel facetogen genoemd, van bijen verschillen niet wezenlijk van die van andere insecten. 'Samengesteld', want het oppervlak van elk heel bolle oog is samengesteld uit duizenden individuele oogjes, de *ommatidia*. Het aantal ommatidia bij werksters is ongeveer 6900, bij de koningin iets minder, bij de dar, zoals te verwachten, meer, ongeveer 8600. Ook zijn de ommatidia van darren iets groter dan van de werkster. Bij de dar zijn de facetogen zo groot dat ze elkaar raken aan de zijkanen.

Het grootste verschil tussen ocelli en facetogen zit hem in de lens. In de ocellus is er één enkele lens voor het hele oog. In het facetoo is de lens opgesplitst in verschillende kleine lenzen, één voor iedere groep retinulacellen. Een samengesteld oog kan dan ook niet beschouwd worden als een groep ocelli, want in feite zit een ocellus ingewikkelder in elkaar dan een enkel ommatidium (figuur 2).

De ommatidia zijn langwerpige structuren die naar binnen toe iets versmallen. Vanwege het bolle oppervlak van het oog staan alle ommatidia in een iets andere richting. Individueel bestrijkt een ommatidium slechts een heel klein gezichtsbereik, maar alle ommatidia samen vormen een vol-



Figuur 2. Verticale doorsnede samengesteld oog en optische lob. Met toestemming overgenomen uit Snodgrass, 1956. *Anatomy of the honey bee*. Comstock Publishing Associates.



Figuur 3. Zichtbare spectra mens en honingbij.

Met toestemming overgenomen uit Dade, 1977. *Anatomy and dissection of the honeybee*. International Bee Research Association.

ledig beeld van de omgeving.

Een ommatidium bestaat uit een lens, met daarachter een kristalkegel omgeven door twee pigmentcellen. Achter de kristalkegel ligt een bundel van acht *retinulacellen*, eveneens omgeven door pigmentcellen. In het centrum van ieder ommatidium loopt het *rhabdoom*, het transparante lichtgevoelige staafje, dat we ook al bij de ocelli tegenkwamen. Dit staafje geleidt het invallende licht door naar de zenuwvezels aan het uiteinde van het ommatidium. Die gaan vervolgens naar de optische lobben (zie Het Zenuwstelsel in *Bijenhouden* 2022-2).

Vanwege de bolle vorm van het facetoog is de as van elk ommatidium op een ander deel van de omgeving gericht, waardoor de lichtinval van de omringende ommatidia wordt uitgesloten. Op deze manier komt de stimulus alleen van licht dat recht het individuele ommatidium binnendringt. Samengestelde ogen vormen geen beeld van de omgeving zoals bij gewervelde dieren. Ieder individueel ommatidium detecteert de lichtintensiteit vlak voor de lens ervan. Doordat de gezichtshoek van een ommatidium klein is kunnen ze met elkaar niet elk detail van de omgeving zien. Zo ontstaat als resultaat een beeld van een mozaïek met kleine vlekjes van variërende mate van helderheid.

De scherpste van een facetoog haalt het niet bij die van een mens, slechts ongeveer 1/100. Toch is dit voldoende om herkenningspunten in het landschap waar te nemen. Ook is het facetoog goed ingericht om bewegingen op te merken. De bij is in staat om kleuren waar te nemen, maar de gevoeligheid voor de verschillende kleuren is anders dan bij mensen. Bijen nemen de rode kant van het spectrum niet waar, maar kunnen wél ultraviolet zien. Er zijn dan ook maar

weinig rode bloemen die door bijen bestoven worden. Ze zijn zwart voor de bijen. Rode bloemen die wél door bijen worden bestoven hebben vaak voor ons onzichtbare ultraviolette markeringen. In feite ziet de bij vier brede kleurgebieden: bijengeel, blauwgroen, bijenblauw en ultraviolet (figuur 3).

Heel opmerkelijk is dat facetogen het polarisatievlak van zonlicht kunnen waarnemen. De straling afkomstig van de meeste lichtbronnen en de zon is een mengsel van alle mogelijke polarisaties in verschillende richtingen. Dit licht wordt ongepolariseerd genoemd. Bijen zijn in staat de individuele componenten te herkennen, ook als er wolken aan de hemel zijn, zolang er maar één klein stukje onbewolkt is. Zo zien ze een patroon van gepolariseerd licht, wat aan hun vlucht richting geeft. Het behoeft geen betoog dat dit vermogen enorm belangrijk is in de oriëntatie. Toch vindt een bij ook bij een volledig bewolkte hemel haar weg, dus is de herkenning van het polarisatievlak niet het enige mechanisme bij de oriëntatie in haar omgeving. De bij herkent ook oriëntatiepunten in het landschap. ■