

Anatomie & Morfologie

Tekst Wietse Bruinsma

Het zenuwstelsel: instinct en leervermogen

Bijen hebben hersenen, maar die zijn niet zonder meer te vergelijken met de onze. Onze hersenen zijn de zetel van bewustzijn en intelligentie. Een ander deel bevat automatische functies, waarvan we ons niet bewust zijn. Bij de honingbij is van bewustzijn en intelligentie geen sprake, maar de bij kan wel degelijk leren, zoals de bijendans ons toont.

De bouwstenen: zenuwknoopen

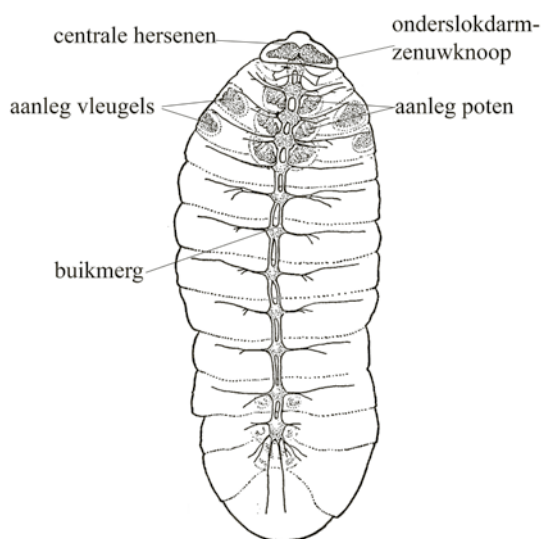
Het zenuwstelsel van de bij is opgebouwd uit zenuwknoopen. Een zenuwknoop (*ganglion*) is een bolletje zenuwcellen dat (oorspronkelijk) in ieder segment paarsgewijs aan de buikzijde voorkomt. De zenuwknoopen zijn met zenuwstrengen verbonden met spieren, zintuigen en organen. Ze zijn onderling verbonden met zenuwstrengen, zowel in de lengte als binnen ieder segment door een dwarsverbinding.

Oorspronkelijk was ieder segment bijna helemaal autonoom bij de geleedpotigen. Deze onafhankelijkheid van de zenuwknoopen is in de honingbij nog steeds enigszins aanwezig. Een onthoofde bij kan nog steeds poten en vleugels bewegen, maar zonder coördinatie. Het oorspronkelijke bouwplan van het zenuwstelsel vinden we nog terug in de bijenlarve, hoewel nogal wat veranderingen hebben plaatsgevonden ten opzichte van de primitieve opbouw (figuur 1).

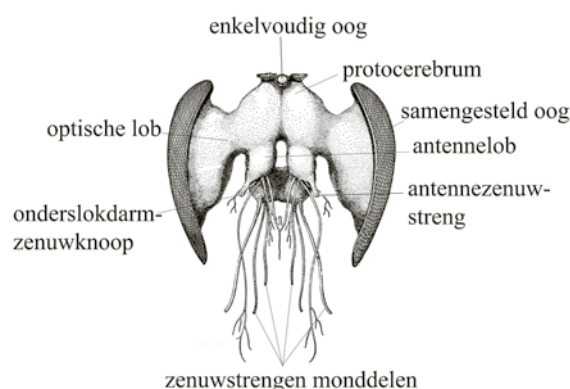
Centrale hersenen

In de kop van de bij vinden we de centrale hersenen, vlak boven de slokdarm. Dit is het belangrijkste onderdeel van het zenuwstelsel, aangezien hier de waarnemingen verwerkt worden en ook de aansturing van de monddelen

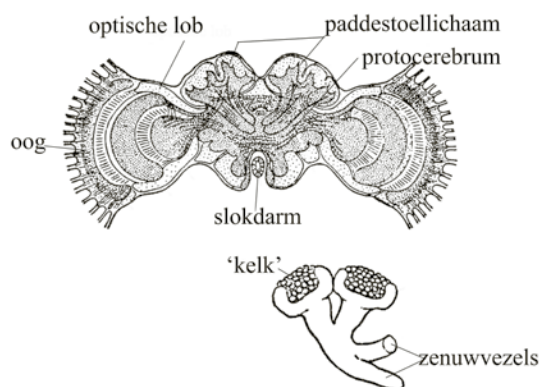
plaatsvindt. De zenuwknoopen van de oorspronkelijke zes kopsegmenten zijn goeddeels versmolten. De hersenen van de larve zijn veel kleiner dan die van de volwassen bij. Geen wonder: de larve hoeft ook niet zo veel te doen, behalve eten en groeien. Het voorste paar zenuwknoopen (*protocerebrum*, oftewel de 'eerste hersenen') is het voornaamste (figuur 2). Een opmerkelijk onderdeel ervan zijn twee gesteelde 'paddenstoellichaampjes' (*corpora pedunculata*; figuur 3) die de zetel vormen van het associatie- en coördinatievermogen en het geheugen. Ze zitten enigszins verborgen onder de enkelvoudige ogen (*ocelli*) die boven op de kop zitten. De naam is afgeleid van de vorm: ze bestaan uit een dubbele 'kelk' en een dunne steel, in feite een bundel zenuwvezels, met twee verdikte wortels. Eén daarvan gaat naar de voorkant van de hersenen en de andere naar beneden. De paddenstoellichaampjes zorgen voor de coördinatie van de verschillende handelingen die een insect verricht als respons op stimuli uit de omgeving. Ze zijn verbonden met de grote *optische lobben*, die informatie van de ogen verwerken. De paddenstoellichaampjes zijn bij sociale insecten sterker ontwikkeld dan bij solitair levende. Ze worden gezien als het centrum van het leervermogen. De verbindingen met antennes (zintuigen en spieren) lopen via het *deutocerebrum* (de 'tweede hersenen'). In de larve zijn ze nauwelijks als zodanig herkenbaar, bij volwassen bijen bestaat het deutocerebrum uit twee uitstekende *antennelobben*. Die zijn ook weer verbonden met de paddenstoel-



Figuur 1. Zenuwstelsel bijenlarve. Met toestemming overgenomen uit Snodgrass, 1956. *Anatomy of the honey bee. Comstock Publishing Associates.*



Figuur 2. Zenuwstelsel in kop werkster. Met toestemming overgenomen uit Snodgrass, 1956. *Anatomy of the honey bee. Comstock Publishing Associates.*



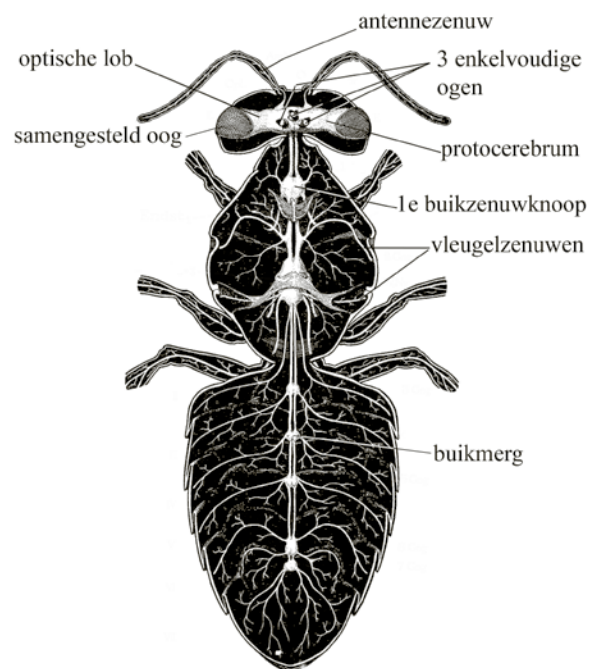
Figuur 3. Inwendige structuur kop werkster. Boven: dwarsdoorsnede kop. Onder: Paddenstoellichaam. Met toestemming overgenomen uit Snodgrass, 1956. *Anatomy of the honey bee. Comstock Publishing Associates.*

lichaampjes. Het *tritocerebrum* (de 'derde hersenen') is veel kleiner en alleen te herkennen aan de plaats waar de zenuwen van en naar de bovenlip zijn ingeplant. Alle verbindingen van en naar de bovenkaken, onderkaken, tong en speekselklieren lopen via de 'onderslokdarmzenuwknoop' (*suboesophageaal ganglion*). Die stuurt ook de beweging van kop en nek aan. Bij de volwassen bij zitten de hersenen en de onderslokdarmzenuwknoop zo dicht bij elkaar dat het lijkt alsof de laatste aan het tritocerebrum vastzit. Ook vallen er geen linker- en rechterkant meer aan te ontdekken. Deze onderverdeling van de hersenen in drie zones bij de volwassen bij is bij de larve niet of nauwelijks te zien. Logisch, want de larve heeft veel minder zintuigelijke waarneming nodig dan de volwassen bij. De hersenen van de volwassen dar zijn veel groter dan die van de werkster en de koningin. We zouden daaruit de conclusie kunnen trekken dat darren 'slimmer' zijn, maar niets is minder waar. De grote omvang komt geheel voor rekening van de enorm grote optische lobben, passend bij zijn enorme ogen. Het proto- en deutocerebrum zijn bij de dar klein, bij de koningin iets groter en bij de werkster het grootst. De werkster heeft het grootste associatiecentrum, en daarmee samenhangend het best ontwikkelde leervermogen.

Buikmerg

Vanaf de onderslokdarmzenuwknoop loopt het buikmerg, een dubbele zenuwstreng, door de verschillende segmenten. De versmelting van zenuwknoopen, die bij de larve al begon, gaat bij de volwassen bij nog veel verder (figuur 4). Deze verandering speelt zich tijdens de verpopping af.

Bij de larve zijn borststuk en achterlijf nog niet van elkaar gescheiden. In het borststuk van de larve vinden we 'gewoon' drie paar zenuwknoopen. Bij de volwassen bij is dit gereduceerd tot twee paar aangezien het tweede en derde paar zenuwknoopen zijn samengevoegd. Bovendien zijn de zenuwknoopen van het eerste en tweede achterlijfssegment in deze 'superknoop' opgenomen. De eerste zenuwknoop stuurt de voorpoten aan. De tweede knoop de middelste en achterste poten en de beide vleugelparen, maar ook de spieren die het borststuk bewegen. Het achterlijf van de larve bestaat uit tien segmenten maar



Figuur 4. Bovenaanzicht zenuwstelsel werkster. Met toestemming overgenomen uit Snodgrass, 1956. *Anatomy of the honey bee. Comstock Publishing Associates.*

heeft slechts acht paar zenuwknoopen. De laatste knoop is in feite een versmelting van die van de laatste drie segmenten. De zenuwknoop zit in het achtste segment, maar stuurt zenuwstrengen naar nummer negen en tien. Bij de volwassen bij liggen in het achterlijf nog maar vijf paar zenuwknoopen, horende bij respectievelijk de segmenten 3, 4, 5, 6+7 en 8+9+10. Deze versmelting gebeurt al tijdens het popstadium. Het laatste paar zenuwknoopen stuurt de angel aan. Bij een steek blijft de angel in onze huid zitten, maar ook deze zenuwknoop. Daarom gaat de steekbeweging nog een tijdje door. Bij koningin en dar stuurt deze zenuwknoop de beweging van de geslachtsorganen aan, en bij de koningin bovendien het eilegproces.

Hoe werkt het?

Informatie vanuit de buitenwereld of uit het bijenlichaam zelf wordt via uitlopers van de zintuigcellen doorgegeven aan het centrale zenuwstelsel. In de zenuwknoopen wordt deze informatie na verwerking doorgegeven, bijvoorbeeld aan zenuwcellen die de spieren opdragen zich samen te trekken, of aan een deel van het zenuwstelsel om een hormoon te produceren.

We zijn geneigd de honingbij veel leervermogen toe te dichten. Feit blijft echter dat het instinct van een insect (het totaal van reflexen van het organisme op uit- en inwendige prikkels) primair blijft en het gedrag bepaalt. Naarmate meer aangeleerde handelingen in het instinctieve patroon zijn verwerkt, is het gedrag van het insect minder stereotiep. Voelen bijen pijn? Henk van der Scheer en Ardine Korevaar schreven hierover een heel lezenswaardig artikel in *Bijenhouden* 2017 nr. 1. Ik weet het niet. Zoals Karl von Frisch schreef: "Over dingen waarvan men weinig weet moet men niet veel zeggen." ◆