

Anatomie & Morfologie

Tekst Wietse Bruinsma

Lichaamswand en spieren

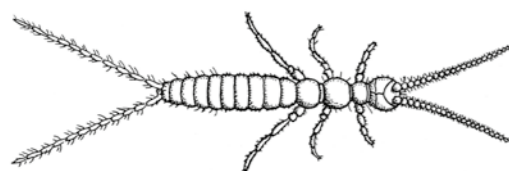
Over de gevolgen van een uitwendig skelet

In deze aflevering kijken we naar de lichaamswand van de bij en wat voor gevolgen het uitwendige skelet dat insecten bezitten heeft voor het functioneren. Een insect is als een Middeleeuwse ridder in een harnas: goed beschermd, maar bewegen is bijzonder lastig.

Segmentering

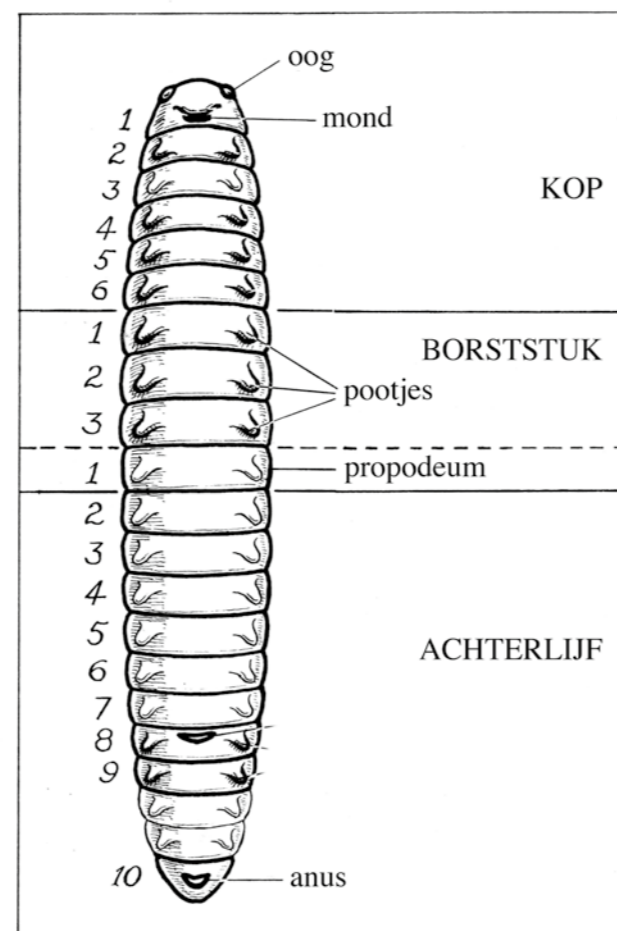
Insecten horen tot de geledpotigen. Hun lichaam zit heel anders in elkaar dan bij gewervelde dieren. Ze hebben een uitwendig skelet, als een soort harnas, het *exoskelet*. Het lichaam van een geledpotige bestaat uit meerdere delen, segmenten, die gedurende de ontwikkeling met elkaar kunnen vergroeiën (figuur 1). Die segmenten hebben vaak – maar ook weer niet altijd: denk bijvoorbeeld aan de bijenlarve – een min of meer harde buitenkant, het *integument*. De segmenten kunnen ten opzichte van elkaar bewegen doordat er lengtespieren tussen de segmenten lopen. Bij de bijenlarven met hun zachte huid gaat dit heel makkelijk, maar bij de volwassen bijen met hun harde integument ligt dat veel lastiger. Zo kan de pootloze larve het lichaam samentrekken, krommen en zich oprollen in een cirkel. Dat kan de volwassen bij allemaal niet. We kunnen op een segment soms een rugplaat (*tergiet*) en buikplaat (*sterniet*) onderscheiden. Die kunnen ten opzichte van elkaar schuiven, want ze zijn soepel met elkaar verbonden via een dun membraantje. Op deze manier kan bijvoorbeeld het achterlijf uitzetten en inkrimpen bij de ademhaling.

In principe kan ieder segment links en rechts een aanhangsel hebben, maar vaak ontbreken die helemaal of zijn ze bijna onherkenbaar veranderd. Aan de hand van de bouw van primitieve insecten kan aangetoond worden dat de kop oorspronkelijk zes segmenten had, die allemaal met elkaar vergroeid zijn. Bij de kopsegmenten zijn die aanhangsels veranderd in monddelen en antennes. Het middenstuk van het insectenlichaam, het borststuk (oftewel *thorax*), bestaat uit drie segmenten. Het borststuk is helemaal gewijd aan de voortbeweging. Ieder segment heeft twee aanhangsels, zo zagen we, en zo krijgen we de zes poten van een insect. Er zijn ook nog vier vleugels bij de bij, maar dat zijn uitgroeisels

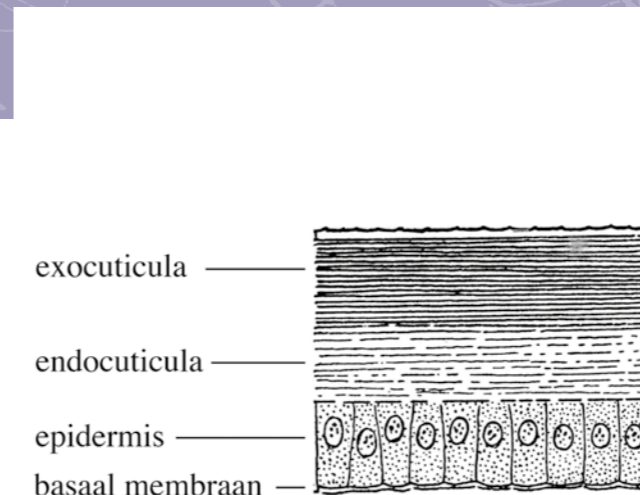


Figuur 1: Segmentering in een primitief insect (*Campodea* sp.). (Met toestemming overgenomen uit Dade, 1977. *Anatomy and dissection of the honeybee*. International Bee Research Association).

van de hierna te noemen cuticula en geen aanhangsels. Het achterlijf tenslotte, oftewel abdomen, heeft tien segmenten. Bij primitieve insecten kunnen daar aanhangsels aan voorkomen, maar bij de bij zien we niets, behalve één ding, dan: de angel, die in feite een aanhangsel is. Daar denkt een mens niet zo gauw aan. Bij heel veel insecten zit het achterlijf vast aan het borststuk via een steeltje, de *petiolus*. Het merkwaardige is dat bij veel Vliesvleugeligen (*Hymenoptera*), namelijk wespen, mieren, bijen en hommels, dat steeltje niet tussen de thorax en het



Figuur 2: Schematische voorstelling segmentering geledpotige. Het propodeum is hier bij het borststuk gevoegd. (Met toestemming overgenomen uit Dade, 1977. *Anatomy and dissection of the honeybee*. International Bee Research Association).

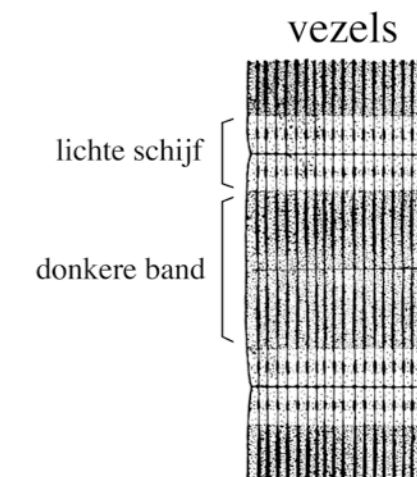


Figuur 3: Onderdelen van de lichaamswand. (Met toestemming overgenomen uit Snodgrass, 1956. *Anatomy of the honey bee*. Comstock Publishing Associates).

abdomen zit, maar achter het eerste achterlijfsegment. En zo spreken we van de wespentaille. Er is in feite sprake van een heel speciaal achterlijfsegment: het *propodeum*, wat zoveel betekent als 'vóór de heup' (figuur 2).

Lichaamswand

We zagen hiervoor de termen exoskelet en integument al even voorbijkomen. Dit exoskelet heeft verstrekkende gevolgen voor de groei van een insect. Om te groeien moet een larve periodiek het uitwendige skelet afwerpen en een nieuw aanmaken. Ook de motoriek van een insect wordt er verregaand door beïnvloed, want de beweging wordt er in principe sterk door bemoeilijkt. Het exoskelet bestaat uit een *cuticula* die wordt afgescheiden door cellen van de *epidermis*, die daaronder ligt. De epidermis bestaat uit een basaal membraan met een laag actieve cellen daarbovenop. De cuticula dient als uitwendige lichaamswand van het insect. Deze harde schil geeft de nodige stevigheid en bescherming en is bovendien de plek voor aanhechting van spieren. De cuticula is een mengsel van voornamelijk eiwitten en *chitine*. We weten nu dat de hardheid van de schil komt van het eiwit *sclerotine*, terwijl chitine juist meer voorkomt in de zachte delen. De cuticula bestaat uit twee lagen: de *procuticula* (waar de chitine in zit) en een heel dun vliesje, de *epicuticula*. De harding van de cuticula, oftewel sclerotisering, leidt tot twee lagen van de procuticula: een donkere buitenste zone (*exocuticula*) en een bleke binnenzone (*endocuticula*) (figuur 3). Bent u er nog? Zo ontstaan dan de *sclerieten*, de verharde lichaamsplaten van insecten. Dat is natuurlijk niet lekker voor het lopen. De beweging van een insect moet dan ook komen van de niet-gesclerotiseerde delen tussen de sclerieten. De cuticula zit niet alleen aan de buitenkant van het insect, maar ook op diverse plekken binnenin, wat in feite naar

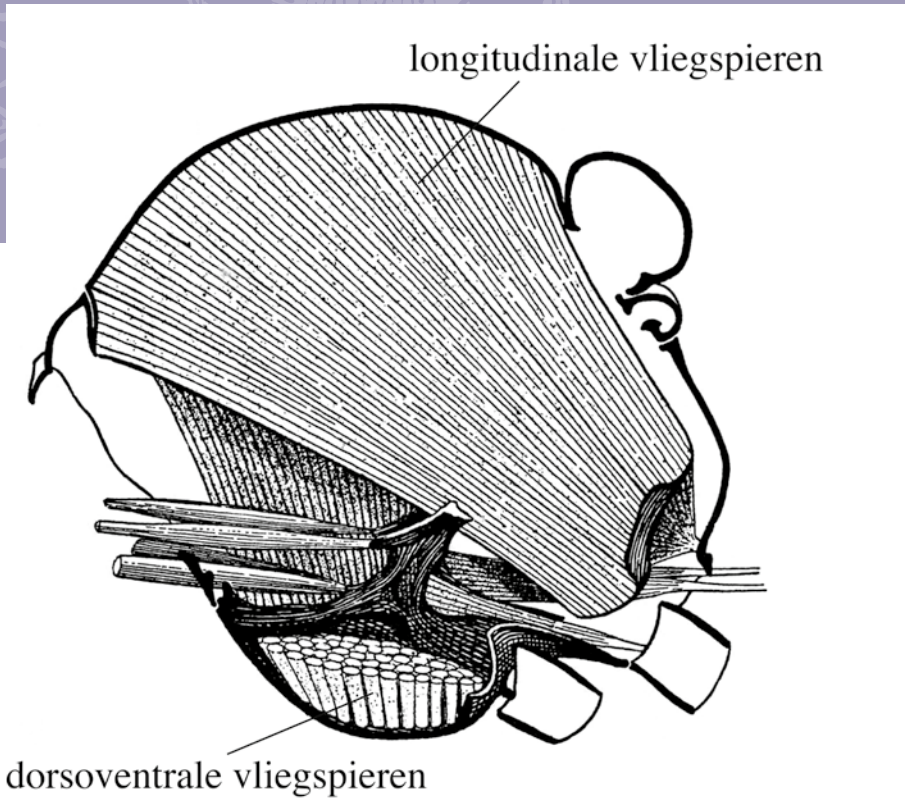


Figuur 4: Structuur spiervezel. (Met toestemming overgenomen uit Snodgrass, 1956. *Anatomy of the honey bee*. Comstock Publishing Associates).

binnen gegroeide flappen zijn. We spreken van *apodemen*, die de vorm van richels, platen of aanhechtingspunten voor spieren kunnen zijn, maar bijvoorbeeld ook de tracheeën, de ademhalingsbuizen van het insect. De cuticula kan ook naar buiten uitgroeien. Dan krijgen we stekels en haren.

Spieren

Ieder beweegbaar deel van een insect heeft z'n eigen motortje: een spier. Een spier kan zich alleen samentrekken, oftewel contraheren. Daarom moet er meestal een antagonist bij voor de tegengestelde beweging. Soms is de elasticiteit van de lichaamswand echter voldoende om die tegengestelde beweging tot stand te brengen. Insectenspieren zijn wat losser georganiseerd dan bij gewervelde dieren. Er zit namelijk geen schede (*perimysium*) omheen. Daardoor kunnen de spieren zich makkelijker vertakken in meerdere spieren met één enkel aanhechtingspunt. Het zijn zogenaamde gestreepte spieren, met lichte en donkere banden. De lichte banden zijn steeds in tweeën gedeeld, door een *telofragma*, en de twee delen tussen een telofragma heten *sarcomeren*. Zo bestaan de telofragma's dus uit een donkere band en een lichte *eindschijf* aan iedere kant (figuur 4). Iedere spiervezel bestaat uit een bundel vezels, of fibrillen, met een schede eromheen. Die zit dus wél om de fibrillen, maar niet om de hele spier. Tijdens de metamorfose – waar we later nog over komen te spreken – wordt het volledige larvale spierweefsel afgebroken en vervangen door een totaal nieuw stelsel. Verbazingwekkend, eigenlijk. Het proces gaat uit van een aantal celkernen die dicht bij de larvale spieren in de buurt liggen. Bij de bijenlarve begint dit proces binnen 30 uur nadat de cel gesloten is. Het wordt zichtbaar door een grote toename in dit aantal cellen. Het zijn in feite de kernen van de toekomstige spieren van het volwassen insect. Spieren voor de antennes, de poten en de angel worden

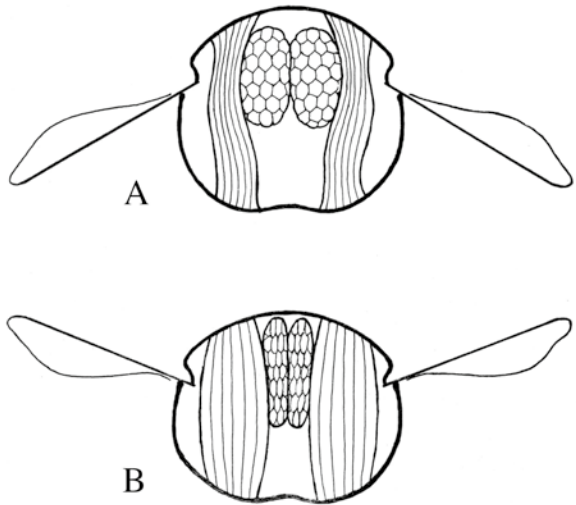


Figuur 5: Indirecte vliegspieren in het borststuk. (Met toestemming overgenomen uit Snodgrass, 1956. *Anatomy of the honey bee*. Comstock Publishing Associates).

nieuw gevormd, want die bestaan in het larvale stadium immers niet. Zo'n 60 uur na dekseling zijn de larvale spieren zo goed als verdwenen. En zo'n 70 uur na het dekselen worden de nieuwe spieren (al) vastgemaakt aan de cuticula. Een speciale vermelding verdienen de vliegspieren van de bij, die ons natuurlijk hogelijk interesseren. Ze zijn kolossaal van omvang (voor zover je daarvan kan spreken bij een honingbij) en nemen zo ongeveer het hele borststuk in beslag (figuur 5). We spreken van *indirecte* spieren, daar ze niet direct aan de vleugelbasis vastzitten, maar de wanden van de thorax vervormen, waardoor de vleugels op en neer bewegen. Ze zijn bruin en niet wit zoals de gewone spieren. Verder zijn de vezels of fibrillen veel dikker dan bij de gewone spieren. Geen wonder, want deze spieren moeten een enorme arbeid verrichten. Tussen de vezels zitten heel veel vertakkingen van de ademhalingsbuisjes (tracheeën), want ze moeten constant van zuurstof worden voorzien (figuur 6). We komen nog te spreken over de werking van de vleugels, maar hierbij alvast een voorproefje. Bij primitieve insecten, zoals kakkerlakken en libellen, zijn de spieren direct vastgemaakt aan de vleugelbases en deze verrichten alle samentrekkingen benodigd voor de vliegbeweging. Bij de hogere insecten, zoals onze honingbij, doen deze directe spieren maar beperkt mee bij de vliegbeweging. De grote energie benodigd voor het op en neer gaan van de vleugels komt bij deze insecten vooral van de beweging van de in de vorige alinea genoemde *indirecte* spieren. Deze zitten niet aan de vleugelbasis vast, maar aan de lichaamswand. Ze zorgen in feite voor een vervorming van de thorax en het op-en-neer veren van het integument brengt de vleugels in beweging. Dit mechanisme werkt overigens alleen maar

in op de voorvleugels, en niet op de achterelevleugels. Die worden gewoon meegesleurd met de voorvleugels met behulp van haakjes waarmee ze vast zitten aan de voorvleugels. ●

Literatuur: zie *Bijenhouden* 2020 nr. 1, p. 23.



Figuur 6: Werking indirecte vliegspieren. A. Bij samentrekking wordt de rug van het middenstuk omhooggetrokken, waarbij de vleugels naar beneden gaan. B. Bij ontspanning gaat de rug omlaag en de vleugels omhoog. (Met toestemming overgenomen uit Dade, 1977. *Anatomy and dissection of the honeybee*. International Bee Research Association).