

verzwakten we hun spieren door de temperatuur in het lab tot dicht bij het vriespunt te verlagen. Zelfs met maar drie kwart van hun oorspronkelijke vleugeloppervlak bleven deze steenvliegen zich verplaatsen. Bovendien gingen deze gehandicapte exemplaren ook dan nog sneller dan hun nimfen kunnen zwemmen. Natuurlijke selectie, zo concludeerden we, kon dus in het voordeel hebben gewerkt van insecten die hun kieuwen gebruikten om over het oppervlak te scheren.

Onze resultaten, die in oktober 1994 in 'Science' werden gepubliceerd, bevestigden een aantal van mijn voorspellingen. Maar helemaal overtuigend waren ze toch nog niet. Zelfs gekortwiek en met verzwakte spieren zou een steenvlieg die, hoe matig ook, kan vliegen nog altijd sneller kunnen zijn dan een insect met alleen maar kieuwplaten. Hoe kon ik die leemte in mijn theorie vullen? Gelukkig bleken er op de vliering van moeder natuur nog wat bruikbare rommeltjes te vinden te zijn.

ZWEEFVLIEGEN

Vanaf het begin van ons steenvliegenonderzoek in Pennsylvania wisten we dat er in ons onderzoeksgebied twee soorten leefden. *T. burksi* trok als eerste onze aandacht omdat hij zo energiek met zijn vleugels klappert. De tweede soort, *Allocapnia vivipara*, is nauwelijks een halve centimeter lang - half zo groot als *T. burksi*. De vleugels van de wijfjes zijn ongeveer even lang als hun lijf, die van de mannetjes een- tot tweederde van hun lichaamslengte. Perfecte objecten voor een onderzoek naar de vraag wat een insect aan een vleugelstomp heeft, zou je denken. Maar er was een probleem: vrouwtjes noch mannetjes sloegen ooit hun vleugels uit - en ook iets anders leken ze er niet mee te doen.

Andermaal de kou en nattigheid trotserend, deed ik, plat op mijn buik in de smeltende sneeuw, met mijn gezicht een paar centimeter van het water en met het zonlicht onder precies de juiste hoek voor wat tegenlicht, een boeiende ontdekking: *A. vivipara* zeilde over het oppervlak door met gespreide vleugels de wind te vangen.

Net als *T. burksi* is *A. vivipara* een plezier om mee te werken in het lab: bij het kleinste zuchtje zetten de insecten hun vleugels op en zeilen ze

over een schaal met water, net zoals ze dat over het beekoppervlak zouden doen. Met hun hulp konden we twee hypothetische tussenstappen naar 'echt vliegen' toetsen: zeilen en zweefvliegen. Eerst maten we in een windtunnel boven een bak water het effect van de vleugelgrootte op de zeilsnelheid. Vervolgens hielden we *A. vivipara*-steenvliegen met een pincet vast, bliezen op hun vleugels, lieten ze los in de stilstaande lucht en bepaalden met een driedimensionaal volgmechaniek hoe snel ze op gespreide vleugels konden zweven.

We stelden vast dat vleugelstompjes veel meer de zeilprestaties verhoogden dan het zweefvermogen. *A. vivipara*-mannetjes met hun uitgesproken korte vleugels zeilen 250 procent beter dan vleugellose soortgenoten. Voor een zelfde prestatieverschil bij het zweven heeft *A. vivipara* vleugels nodig die vier vijfde van hun lichaamslengte meten. Het lijkt erop dat stabiliteit de doorslag geeft: steunend op hun poten handhaven zeilende *A. vivipara* een constante en misschien wel optimale oriëntatie ten opzichte van de windrichting; bij het zweefvliegen daarentegen hebben ze de neiging om stuurlaag te duikelen.

De beweeglijke, aerodynamisch aangepaste vleugels van wintersteenvliegen laten zien dat vleugels tot meer kunnen dienen dan alleen vliegen; vleugels zouden zo bezien dus wel eens ouder kunnen zijn dan de kunst van het vliegen. Lang voordat insecten daadwerkelijk het luchtruim kozen, zouden zich uit een vroege waterschaatser verschillende soorten kunnen hebben ontwikkeld, waaruit pas later de verschillende groepen moderne vliegende insecten voortkwamen.

Simpel gezegd zouden biologen het wel eens mis kunnen hebben: misschien hebben vliegende insecten niet één vliegende, maar één zeilende voorouder gemeen. Uit die eerste waterschaatser zou een hele dierenwereld van verwante soorten kunnen zijn voortgekomen die elk voor zich op zijn eigen wijze de sprong naar het vliegen maakte. Het wateroppervlak was voor natuurlijke selectie wellicht een perfecte omgeving om de rudimentaire vleugelstompjes uit te bouwen en te verfijnen voor de vlucht.

Dit zou betekenen dat steenvliegen uiteindelijk toch niet de pinguïns van

het insectenrijk zijn waar ik ze aanvankelijk voor aanzag: misschien hebben ze het vermogen te vliegen wel nooit verloren omdat ze dat eenvoudigweg nooit bezaten. Bevroren in de overgang, met halfontwikkelde vleugels, vormen ze eerder het eerder genoemde equivalent van *Archaeopteryx*: de ontbrekende schakel in de ontwikkeling van de vliegende insecten, waarnaar biologen tussen de fossielen al zo lang zoeken.

Fossiel materiaal geeft aanvullende steun aan onze conclusie. Een 260 miljoen jaar oude fossiele vleugel uit Rusland, die toebehoorde aan een *Paleotaeniopteryx*-steenvlieg, lijkt qua vorm en beadering verbazend veel op die van een moderne *T. burksi*. De subtiele verschillen die er zijn - *T. burksi* heeft meer ontwikkelde dwarsaderen in de vleugels - suggereren dat steenvlieg-vleugels gedurende hun evolutie steeds beter bestand raakten tegen het soort spanning dat vliegen veroorzaakt. Zowel recent als fossiel morfologische onderzoek geeft bovendien aanleiding tot de hypothese dat de eerste insectenvleugels qua vorm en functie veel geleken hebben op een bekend ontwerp: dat van het grootzeil van een schip.

Hoe overtuigend deze verklaringen echter ook mogen lijken, het raadsel van het vliegende insect is daarmee nog lang niet opgelost. Zolang niemand met de fossiele resten van de vroegste gevleugelde insecten op de proppen komt, blijft er ruimte voor nieuwe gezichtspunten, interpretaties, en een levendig debat. Alleen door onze geest te leren vliegen, het drijfvermogen van onze theorieën met nieuwe inzichten te vergroten, te schaatsen over glibberige nieuwe ideeën, om tenslotte geheel te ontsnappen aan de zwaartekracht van het orthodoxe denken, kunnen we erachter komen hoe insecten een eeuwigheid geleden een vergelijkbare vrijheid verwierven.

James Marden is als lector in de biologie verbonden aan de Universiteit van Pennsylvania.

© The Sciences, tweemaandelijks tijdschrift van The New York Academy of Sciences, november/december 1995.

Vertaling: Bart Voorzanger