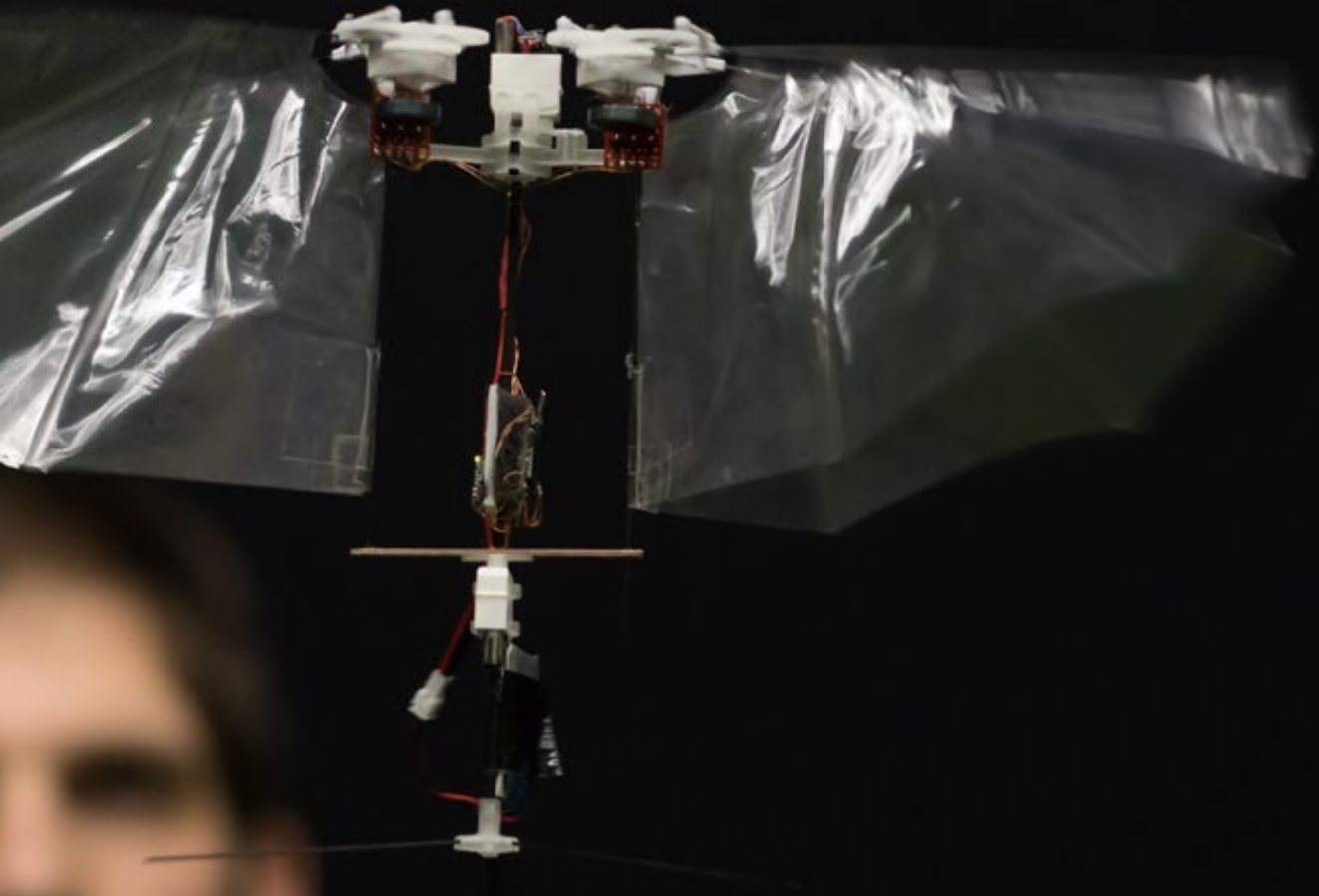


# Afkijken bij de natuur

Wageningse biologen werken met Delftse technici aan een drone met flapperende vleugels, wendbaar als een insect. Ook het zeepaardje, de boomkikker en de inktvis vormen inspiratiebronnen voor nuttige toepassingen, bijvoorbeeld in de chirurgie. 'Door miljoenen jaren selectie zitten natuurlijke ontwerpen vol vernuftigheden.'

TEKST NIENKE BEINTEMA FOTO TU DELFT



Het lukt de honingbij – die zelf slechts 100 milligram weegt en zwaar beladen is met nectar – feilloos op een bloem te landen, die beweegt in de wind. Een opmerkelijk staaltje vliegkunst, dat ingenieurs graag voor elkaar zouden krijgen.

**D**e honingbij, al zwaar beladen met nectar, nadert de bloem met een lichte zijwind. Zij corrigeert snel voor een werveling in de lucht, vertraagt, blijft even stilhangen en landt dan feilloos op het bloemhoofdje dat beweegt in de wind. Het is een opmerkelijk staaltje vliegkunst, zeker voor een 'ontwerp' van 100 milligram. Ingenieurs zouden zo iets dolgraag in hun lab voor elkaar krijgen.

Dat kunnen ze nog niet, maar ze zijn wel een heel eind. Wetenschappers van Wageningen University & Research en de TU Delft ontwierpen samen een drone die vliegt als een insect: wendbaar, licht en met flappende, op en neer slaande vleugels. Van hun DelFly hebben ze al een reeks prototypes gemaakt. De laatste versie leverde afgelopen september een publicatie op in het toptijdschrift *Science*.

## ‘De robot helpt om de natuur beter te begrijpen’



‘We willen de natuur niet precies nabouwen’, zegt Johan van Leeuwen, hoogleraar Experimentele Zoölogie in Wageningen. ‘Dat zou ook onmogelijk zijn: die natuurlijke ontwerpen zitten zo vol vernuftigheden, ontstaan door miljoenen jaren van natuurlijke selectie – die kun je niet namaken. Wat wij willen, is de mechanismen in de natuur begrijpen en ons erdoor laten inspireren bij het ontwerpen van nuttige toepassingen. *Bio-inspired design*, noemen we dat.’

### GRASDUINEN

Als voorbeeld noemt hij een paar klassieke succesverhalen: klittenband, gebaseerd op de weerhaakjes aan de zaden van de grote klis. Verf die water- en vuilafstotend is dankzij nanobobbeltjes: een foefje van lotusbladeren. Gebouwen die net als termietenheuvels zo zijn ontworpen en geplaatst in de wind dat er vanzelf luchtcirculatie optreedt. ‘Deze ontwerpbenadering heeft de laatste jaren een grote vlucht genomen’, zegt Van Leeuwen. ‘Vroeger was het heel lastig hier financiering voor te krijgen. Nu er steeds meer succesvoorbeelden zijn, vindt iedereen

het logisch: grasduinen in de natuur om handige, nieuwe oplossingen te bedenken.’

Het onderzoek is heel interdisciplinair. ‘Je maakt gebruik van kennis uit de zoölogie, de mechanica en de vloeistof- en aerodynamica. In ons team hebben we ook een ingenieur met een achtergrond in de luchtvaart- en ruimtevaarttechniek.’

Die ingenieur is Florian Muijres. Hij onderzoekt in Wageningen de vliegstrategieën van insecten. Hij gebruikt daarvoor onder meer een 3D-camera-opstelling die 13.500 beelden per seconde maakt. Sinds 2014 werkt hij mee aan de DelFly. ‘Die komt voort uit een Delftse studentencompetitie, dertien jaar geleden’, vertelt Muijres. ‘Studenten luchtvaart- en ruimtevaarttechniek kregen de opdracht een op de natuur geïnspireerde vliegende robot te ontwerpen, onder begeleiding van biologen uit Wageningen en ingenieurs uit Delft. Dit leverde een eerste DelFly op, waarvan de voortstuwing gebaseerd was op die van vliegende insecten.’

### SNEL WENDEN

‘Bij het nieuwste prototype, de DelFly Nimble, is niet alleen de voortstuwing *bio-inspired*’, vertelt Muijres, ‘maar ook de manoeuvreerbaarheid. Insecten, vogels en vleermuizen zijn daar heel goed in. Kijk maar eens naar een kolibrie. Die kan én heel snel en efficiënt vooruit vliegen, én heel goed stilhangen en manoeuvreren. De combinatie lukt alleen met flappende vleugels. Die manipuleren de lucht zodanig dat ze optimaal gebruik maken van de luchtstromingen.’

Lange tijd was niet goed duidelijk hoe die dieren dat eigenlijk doen. Nu is daarover veel meer bekend, onder meer door moderne cameratechnieken en computermodellen. Muijres: ‘Toen de biologische kennis er was, konden Delftse collega’s die in een robot inbouwen.’

De onderzoekers wilden ook weten hoe de aansturing in een insect precies werkt. ‘Het leuke was dat wij dat konden gaan onderzoeken in die robot’, zegt Muijres. ‘Als wij daarin stoppen wat wij denken dat er in het brein van een insect gebeurt, dan kun je testen of dat klopt. En dat kun je vervolgens steeds een beetje aanpassen en kijken wat er dan gebeurt.’

Op dat moment betreed je het terrein van de wetenschap, zo benadrukt hij, en verlaat je het pure ingenieursdomein. ‘De biologie helpt de ingenieurs om een robot te ontwerpen, en die robot helpt vervolgens de biologen om de natuur beter te begrijpen’, zegt Muijres. ‘Die wisselwerking is ontzettend interessant. Die maakt

dit project zo bijzonder en zo waardevol. En die maakt dat een wetenschappelijk tijdschrift als *Science* in een drone geïnteresseerd is.'

### ZELFSTURING IN DE ROBOT

'Kijk eens hoe elegant een bij op een bloem landt', zegt Guido de Croon, wetenschappelijk hoofd van het Delftse Micro Air Vehicle-lab. 'Hoe lager zij komt, hoe langzamer zij moet gaan. Die zelfsturing willen wij ook graag in de robot inbouwen.' Vanuit de biologie bestond het idee dat de bij reageert op het beeld van de bloem, die voor haar steeds groter wordt. De bij probeert de snelheid van dat groter worden constant te houden, legt De Croon uit. Naarmate zij dichterbij de bloem komt, moet ze steeds langzamer vliegen om die beeldvergroting gelijk te houden. 'Maar als je dat inprogrammeert in de drone, gaat het niet goed', vertelt hij. 'Dan gaat de drone op een bepaalde afstand van het doel op-eens op en neer trillen. Dat blijkt te komen doordat er altijd enige vertraging in het systeem zit.'

De biologen keken nog eens goed naar het landen van bijen. Die bleken altijd op één bepaalde afstand een klein hopje te maken tijdens het landen. 'Onze huidige hypothese is dat de bij merkt dat hij gaat trillen en razendsnel zijn vlieggedrag aanpast', vertelt De Croon. 'We kunnen dat punt benutten als moment om pootjes te laten uitklappen.'

### KLEINE VINNETJES

Diezelfde wisselwerking tussen biologen en ingenieurs ziet Van Leeuwen ook in de andere bio-inspired projecten in Wageningen. Onderzoek aan zwemmende zeepaardjes biedt bijvoorbeeld inspiratie voor het ontwikkelen van een onderwaterrobot. Het zeepaardje heeft een bijzondere manier van voortbewegen. Het water wegduwen doet hij vooral met zijn kleine vinnetjes. Zijn krachtige staart gebruikt hij om zich vast te grijpen aan waterplanten. Die staart is, in tegenstelling tot die van veel andere dieren, niet rond maar vierkant in



De boomkikker kan zijn flexibele voetzooltjes zo dicht tegen een ondergrond aanvlijen dat er waarschijnlijk moleculaire aantrekkingskracht plaatsvindt. Dat biedt inspiratie voor zachte pincetten waarmee je kwetsbare weefsels kunt oppakken.

doorsnede. Hij bestaat uit hoekige, ingenieus in elkaar hakende schakels van harde plaatjes. Dat systeem maakt de staart zowel stevig als flexibel. Ideaal dus voor een robot die zich over de zeebodem verplaatst en zich wil vasthouden aan planten. 'Daaraan werken we samen met de groep van Frans van der Helm, hoogleraar Biomechatronica en Biorobotica aan de TU Delft', vertelt Van Leeuwen.

Een ander Wageningen-Delfts project richt zich op de pootjes van boomkikker. Die heeft ingewikkelde structuren op zijn vinger- en teenkussentjes, zo ontdekte de Wageningse promovendus Julian Langowski. De huidcellen vormen daar zeshoekige pilaartjes, met een netwerk van piepkleine vloeistofkanaaltjes ertussenin. De top van elke cel is zelf ook weer bedekt met zeshoekige 'nanopilaartjes', gescheiden door vloeistofkanaaltjes. Dankzij die structuur is de voetzool van de boomkikker erg flexibel en kan de huid zich zo dicht tegen een ondergrond aanvlijen dat er waarschijnlijk moleculaire aantrekkingskracht plaatsvindt. De pilaartjes en vloeistofkanaaltjes zorgen bovendien voor capillaire werking. Dat is de kracht die bijvoorbeeld ook twee glazen plaatjes bij elkaar houdt als er een dun laagje water tussen zit.

Als je die principes combineert, zo schreven de onderzoekers eind augustus in *Frontiers of Zoology*, dan kun je nieuwe 'plakkende' materialen ontwikkelen. 'Samen met Delft proberen we dit idee om te zetten in zachte pincetten waarmee je voorwerpen met een nat oppervlak kunt beetpakken', vertelt Van Leeuwen, 'bijvoorbeeld kwetsbare weefsels tijdens een operatie'. De medische wereld kan op meer gebieden profiteren van bio-inspired design. Onderzoek van Van Leeuwen naar de werking van inktvis tentakels inspireerde Delft tot de ontwikkeling van medische instrumenten, vertelt Paul Breedveld, hoogleraar Biomechanical Engineering in Delft. 'Dat systeem is inmiddels door ons gepatenteerd en uitgegroeid tot een grote onderzoekslijn, waaruit de dunste stuurbare chirurgische instrumenten ter >



## ‘Uit de inktvistentakel ontstaan dunne, stuurbare chirurgische instrumenten’

wereld zijn ontstaan.’ Het spin-off-bedrijf DEAM is die nu aan het produceren. We verwachten de marktintroductie eind 2018.’

### STUURBARE NAALD

Een ander droombeeld van artsen is een flexibele, stuurbare naald, zo vertelt Johan van Leeuwen. ‘Een naald die een kromming kan maken, of zelfs een S-bocht’, zegt hij. Daarmee kunnen ze bijvoorbeeld kwetsbare zenuwbanen of bloedvaten ontwijken als ze heel lokaal een medicijn willen inspuiten, of juist vloeistof of weefsel willen wegnemen. Van Leeuwen: ‘De sluipwesp heeft daar een oplossing voor.’

Sluipwespen leggen hun eitjes in planten of in de larven van andere insecten. Sommige doen het allebei: die boren met hun legboor een gaatje in een plant of zelfs in een boom, op de plek waar een larve verstopt zit. Via die boor leggen ze dan een eitje in de onfortuinlijke larve, die vervolgens als voedsel dient voor de sluipwesplarve. De sluipwesp kan de boorrichting tussentijds veranderen, legt Van Leeuwen uit. ‘Dat kan doordat de legboor bestaat uit drie elementen die in de lengterichting in el-



Wagenings onderzoek naar inktvistentakels leidde in Delft tot de ontwikkeling van dunne stuurbare chirurgische instrumenten.



FOTO BUITENBEELD

De sluipwesp kan in alle richtingen onder zich boren, zonder zelf van positie te veranderen. Het systeem inspireerde ingenieurs tot het ontwikkelen van een flexibele, stuurbare naald.

kaar haken.’ Het ene element vormt een soort rails, waar het andere omheen grijpt met een langgerekte groeve. Als je één element een beetje naar voren schuift ten opzichte van de andere, verandert de vorm van de punt van de legboor, waardoor deze een andere richting opgaat als de punt naar voren beweegt. Zo verandert de kromming van de buis.

### BOREN ROND TUMOREN

‘Onze promovendus Uroš Cerkvénik heeft dat uitgebreid gefilmd in doorzichtige gels’, vertelt Van Leeuwen. ‘Dat zijn prachtige beelden. Die laten zien dat het vrouwtje in alle richtingen onder zich kan boren zonder zelf van positie te veranderen. Stel je voor wat je daarmee zou kunnen doen, bijvoorbeeld rond tumoren of in de hersenchirurgie.’

Paul Breedveld voegt toe: ‘De wesp gebruikt een systeem met ribbels die, door hun vorm, niet uit de groeven kunnen schieten. Wij hebben een andere oplossing, die technisch veel simpeler te maken is: we leggen gewoon een paar ringetjes om onze naald om de losse staafjes bij elkaar te houden.’ Waarschijnlijk is het voor de natuur makkelijker om groeven te maken dan buisjes, maar voor de mens is het andersom. ‘De kracht van *bio-inspired design* is dan ook niet dat je de natuur heel precies nabouwt, maar dat je de natuur gebruikt als inspiratiebron en niet schroomt om natuurlijke werkingsprincipes te combineren met slimme door de mens bedachte oplossingen.’

‘Naalden geïnspireerd door de sluipwesp gaan er komen’

Het zal nog wel even duren eer artsen zullen werken met een legboorachtige naald. ‘Daar moeten we realistisch in zijn’, zegt Van Leeuwen. ‘In de medische wereld gelden strenge veiligheidseisen, dus de testfase is lang.’ Dezelfde spin-off die instrumenten maakt op basis van inktvistentakels, ontwikkelt ook dit concept nu verder. ‘Daarna zijn grotere bedrijven aan zet. Er gaat dus vast nog een aantal jaren overheen, maar ik weet zeker dat naalden geïnspireerd door de sluipwesp er gaan komen.’ Dat vertrouwen hebben ook de DelFly-makers: zij weten zeker dat er op termijn flappende drones zullen rondvliegen. ‘Bijvoorbeeld voor het uitvoeren van inspecties op plekken die gevaarlijk of moeilijk te bereiken zijn,’ antwoordt Florian Muijres, ‘zoals in een fabriekshal, of voor inspectie van gewassen, bijvoorbeeld in kassen. Daar zijn gangbare drones niet zo geschikt voor: die zijn veel zwaarder, lawaaiig en gevaarlijker als ze bijvoorbeeld tegen mensen aanvliegen.’ ■

[www.wur.nl/bio-inspired-design](http://www.wur.nl/bio-inspired-design)