



## MICRO AIR VEHICLES IMITEREN DE NATUUR MET RESONANTIE

# Spionerende kunstvlieg

ROBOTVLIEGTUIGJES OF MICRO AIR VEHICLES (MAV) BENADEREN DOOR VOORTSCHRIJDENDE MINIATURISERING STEEDS DICHTER DE GROOTTE VAN EEN INSECT. PROBLEEM BLIJFT DE ENERGIEVOORZIENING. DR.IR. CASPAR BOLSMAN HAALDE HET IDEE UIT DE NATUUR ZELF: MAAK GEBRUIK VAN DE RESONANTIE VAN HET SKELET.

ONDERZOEKSLABORATORIA OVER de hele wereld spannen zich in om Micro Air Vehicles (MAV) zo snel mogelijk uit de kinderschoenen te krijgen. Overheden sponsoren de projecten royaal, want er zijn praktische toepassingen te over. Met een cameraatje aan boord kunnen MAV's aardbevings-schlachtoffers in ingestorte gebouwen opsporen, moeilijk begaanbare, radioactief besmette gebieden in kaart brengen en spionagewerk boven strijdtoneel verrichten. Ook ontwikkelaars van onderling communicerende sensoren die gezamenlijk data als temperatuur, druk, trillingen of afvalstoffen naar een centrale computer sturen, de zogenoemde sensornetwerken, kijken reikhalzend uit naar zwermen MAV's om hun sensoren over een groot gebied te kunnen verspreiden.

Dr.ir. Caspar Bolsman, voormalig onderzoeker aan de TU Delft, faculteit 3ME, sectie Precision and Microsystem Engineering, is gefascineerd door MAV's. 'Insectenvleugels profiteren van die elegante energieopslag omdat ze aangehecht zijn aan de resonerende thorax, aan de binnenzijde daarvan zitten de spieren vast.'

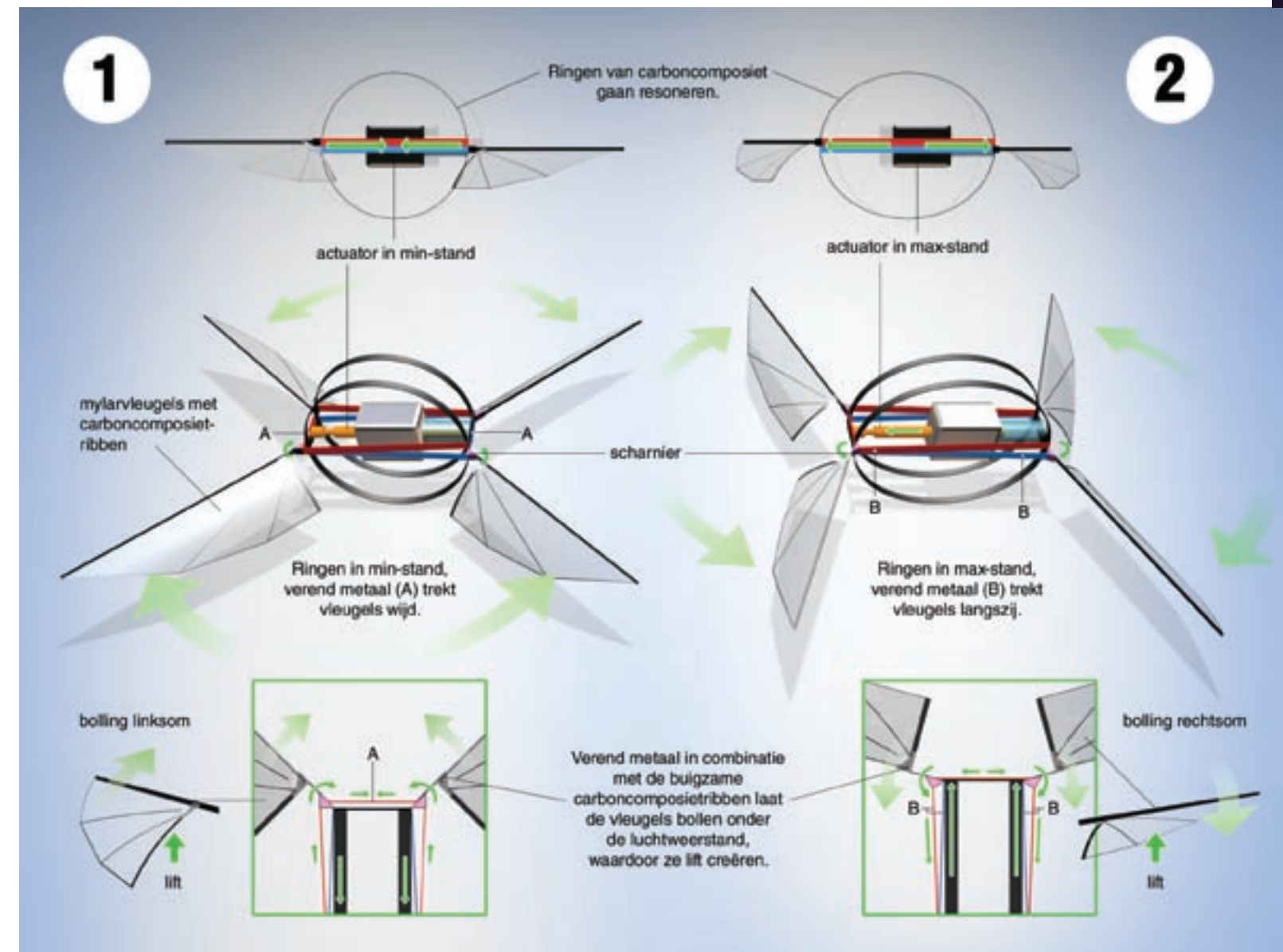
Bolsman onderzocht hoe het mogelijk is een prototype te bouwen dat, opgehangen in een meetopstelling, uitsluitend geeft over de liftproductie van zo'n elastische aandrijving. De keuze voor de pijlstaartvlinder (*Manduca sexta*) als voorbeeld was snel gemaakt. Het insect, een uit de kluiten gewassen dier met een vleugelspanwijdte van 10 cm, heeft een afmeting en kinematica die voor de huidige generatie MAV's niet ongebruikelijk is. Zijn vier vleugels leveren in Bolsmans ontwerp een gunstig, centraal gelegen zwaartepunt. Stilstaand zweven kan het dier als een helikopter – een voor door gebouwen vliegende of met een camera uitgeruste MAV erg handige vluchtmodus.

Bolsman doorkliefde in gedachten het insectenlichaam in de breedte en koos in eerste instantie flexibel staal om de resulterende ringvorm resonerende eigenschappen te geven. 'In tegenstelling tot bijvoorbeeld de bovenarmbiceps, die direct vastzit aan wat hij aandrijft, de onderarm, zitten de spieren bij insecten met een resonerende thorax van binnen op plaats x aan het lichaampje vast terwijl de vleugels buiten elders aangehecht zitten. Zo'n indirecte koppeling paste ik ook toe, met dit verschil dat ik als het ware drie van de vier spieren schrapte door slechts één actuator in de ringstructuur op te hangen. De energiezuinige ring zelf propageert de trillingen immers in alle richtingen. Het massatechnische verschil met insectenspieren, die nog altijd meer energie per gram produceren dan de door mij gebruikte actuator, kun je zo proberen te omzeilen.'

De lineaire actuator, een trillend staafje weekijzer in beweging gezet door een omhullende spoel, dreef in eerste instantie een synthetisch lichaam van verenstaal aan. Voortschrijdend inzicht deed Bolsman uitkomen op veel lichter, uiterst veerkrachtig koolstofvezelversterkt kunststof. Bolsman: 'Ik kwam uiteindelijk op twee parallelle ringen van koolstofvezel uit om de benodigde buigstijfheid te behalen – een al te natuurgetrouwe imitatie is immers overbodig.'

Aanvankelijk waren de uitslagen van de actuator, en dus ook die van de resonerende structuur, te klein voor een overeenkomende vleugeluitslag. Bolsman: 'Als je een paperback opent met elke helft in een hand en je beweegt je handen licht naar voren en naar achteren, dan zie je de rug van het boek met veel grotere uitslagen heen en weer zwiepen. Om de vleugeluitslagen te vergroten, realiseerde ik voor elk aanhechtingspunt van een vleugel precies zo'n versterkend hefboommechanisme met flexibele balkjes van koolstofvezel.'

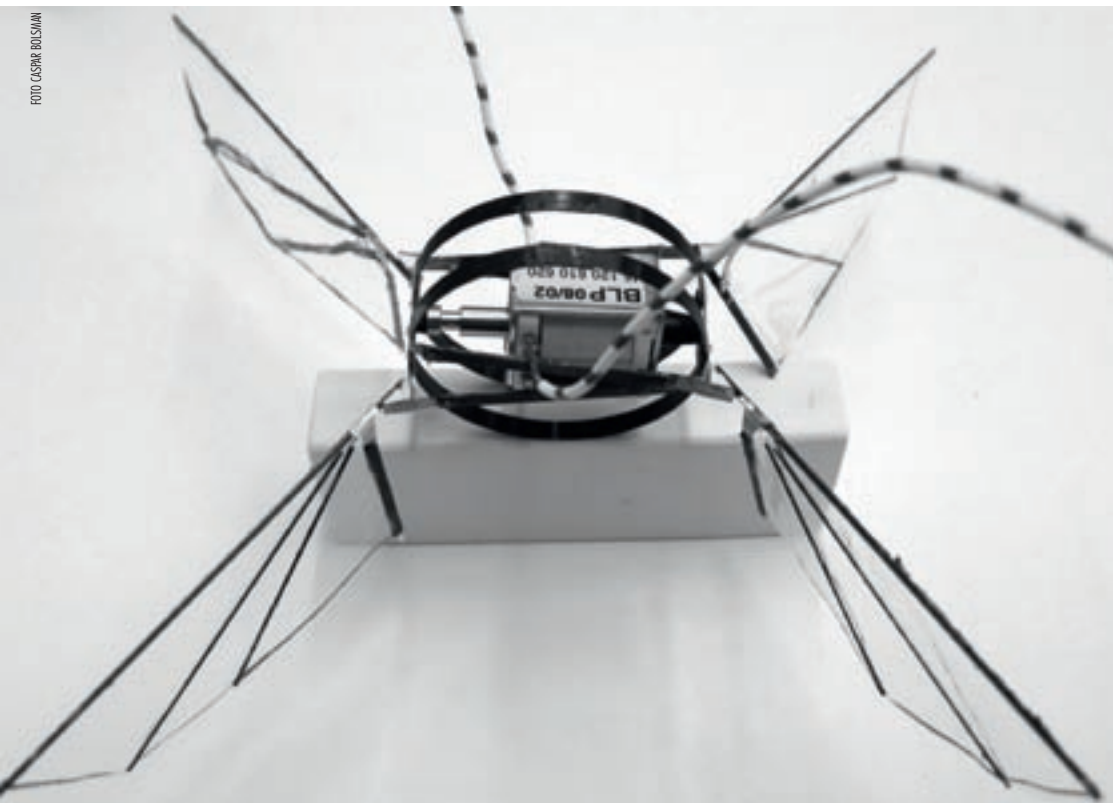
Voor de vleugels gebruikte hij flinterdun my-



De actuator zorgt dat de ringen gaan resoneren en zo de vleugels aandrijven.

lar (polyethyleentereftalaat), verstevigd met een skelet van koolstofvezellatten ongeveer daar waar bij insecten de aderen zitten. Net als bij insecten roteren bij Bolsmans prototype na elke voor- en achterwaartse slag alle vleugels zodanig dat de voorste vleugelrand weer voorop komt te staan. Zo genereert het kostbare lift in beide bewegingsrichtingen. Bolsman: 'In mijn model zit tussen elk aanhechtingspunt een elastisch stukje verenstaal gemonteerd, dat na elke vleugelslag vanzelf terugspringt naar zijn ruststand. Van cruciaal belang is dat die rotaties iets achterlopen op elke vleugelslag. In rust hangen mijn vleugels verticaal: te flexibel staal zou de in horizontale richting heen-en-weer bewegende vleugels als vlaggetjes laten wapperen, te stug staal houdt die verticale stand weer vast. Computersimulaties met een aerodynamisch model dat gebaseerd is op metingen aan de bewegingspatronen van echte pijlstaartvlinders, hielpen me bepalen welke lengte en breedte ik dat staal moest geven.'

Enmaals opgehangen in een meetopstelling bleek de lift van het model lang niet slecht: groter dan de massa van de resonerende structuur en de vleugels, zij het na aftrek van de massa van de actuator. Met succes bewees Bolsman het resonerende principe, ook omdat er met vervolgonderzoek nog flink wat valt te winnen. Bolsman: 'Ik koos een *off-the-shelf* actuator omdat mijn onderzoeksfocus op het resonerende systeem lag. Vervanging door een chemische actuator bijvoorbeeld is een interessante mogelijkheid zodra het de laboratoriumfase voorbij is. Chemische actuatoren werken op suiker of benzine en hebben per gram een hogere energiedichtheid. De structuur is ook nog lichter te maken. De koolstofvezellatten in de vleugels kunnen kleiner. Lichtere vleugels jagen de eigenfrequentie en netto lift gunstig omhoog, evenals hogere vleugelsnelheden en grotere uitslagen. Natuurgetrouwere vleugels maken de lift naar schatting een factor twee groter.'



De Atalantavliender van Caspar Bolsman.