

OP VERSCHILLENDE MANIEREN ZETTEN VLIEGERS WINDENERGIE OM IN ELEKTRICITEIT

Het speelgoed ontstegen

Vliegers verschaffen vakantieplezier, maar zijn ook bruikbaar in wind-energiecentrales. Het vliegerlab in Delft ontwerpt efficiënte vliegers. **Wouter Hylkema**

RUIM VIJFTIG METER boven de Delftse straten, op het dak van de faculteit Luchtvaart- en Ruimtevaarttechniek, staat een matig windige van kracht drie. Ruim voldoende voor een demonstratievlucht met een drie meter grote vlieger. De fluorescerende driehoek gaat klapperend de lucht in, het oranje touw lengt vanaf een ouderwetse houten wikkel. In het 'KiteLab' op het dak worden vliegers onderzocht als instrument voor futuristische energieopwekking. Het is 's werelds eerste vliegerlaboratorium. "Met een vlieger kun je allerlei leuke dingen doen. De enige beperking is je fantasie", zegt Jeroen Breukels. Hij is promovendus aan de Technische Universiteit Delft, en probeert vliegers te begrijpen. Slechts weinigen gingen hem daarin voor. "De oude Chinezen hadden al vliegers. Maar omdat je heel eenvoudig en goedkoop een mooie vlieger kunt maken, heeft bijna niemand er onderzoek naar gedaan."

Breukels pioniert. "Er bestaan heel wat versnellingen, maar het is allemaal (hij stopt zijn duim in zijn mond en trekt hem er met een natte ploep weer uit) *rule of thumb*-onbegrepen vastregels." Een voorbeeld: een matrasvlieger aan een enkel touw heeft op vier plaatsen een bevestigingspunt. Het vlieger-touw moet dus vanaf een bepaald punt, het zwaartepunt, worden vastgezet. De beste plaats hiervoor is op een afstand van vier keer de vliegerbreedte vanaf het matras. "Elke fanatieke vliegeraart weet dat het zo is, maar niemand weet waarom!" Vliegeronderzoek werd tot nu toe vooral gedaan voor de ontwerpfaciliteit van vliegerfabrikanten. In 2005



YORS JOURNALS/REUTERS

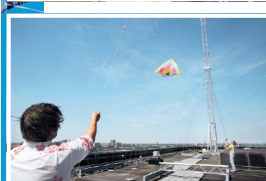
bijvoorbeeld werkte Justin Stevenson, een ingenieur aan de universiteit van Canterbury (Nieuw-Zeeland) voor Peter Lynn Products, een vliegerfabrikant voor onder meer kitesurfers. Over het ontwerpproces zegt Stevenson aan de telefoon: "Het gaat altijd om vallen en opstaan, *trial and error*. Een vlieger wordt op intuïtie vliegeronderzoek werd tot nu toe vooral gedaan voor de ontwerpfaciliteit van vliegerfabrikanten. In 2005

plaats: aanpassing, testvlucht, aanpassing, testvlucht. Dat levert heel acceptabele vliegers. Maar vergis je niet hoe ingewikkeld de vliegedynamica van een vlieger is, als je er eenmaal aan gaat rekenen." Er zijn meer onderzoekers die de grenzen van de fantasie afsteken bij het zoeken naar vliegeroplossingen, maar zelden leidt dit tot wetenschappelijk vliegeronderzoek. Bijvoorbeeld in Turijn, waar het ingenieurs-

bureau Sequoia Automation een enorme energieopwekkende carroussel wil laten rondraaien op vliegerkracht. Hoofdingenieur Massimo Ippolito, telefonisch vanuit Turijn: "We gebruiken nu productievliegers zoals kitesurfers ook gebruiken. Ik zou graag eigen vliegers willen maken, geoptimaliseerd voor onze zogeheten KiteGen, maar dat kunnen we nog niet." De Italiaanse vliegercarroussel Kite-

Gen lijkt op een enorm liggend renzenrad, een wiel van honderden meters diameter, met uitstekende stalen spaken. Aan de uiteinden van die spaken zit een touw met daaraan een of meerdere vliegers boven elkaar. Ippolito: "De vliegers moeten het wiel in de rondte draaien, zoals de ezelvlees in de middeleeuwen en treedmolen rondraiden. Met lavetechnieken, zoals een zeiler gebruikt als hij tegen de wind in vaart, kunnen als vliegers

• **Boven: Prachtig strandspelgoed. Rechts: Op het dak van het faculteitgebouw geven Jeroen Breukels en Richard Ruiterkamp een demonstratie vlieger in 's werelds eerste 'kiteLab'.**



driekwart van een ronde en kracht in de draairichting van het wiel leveren. Met die draaiing willen we energie opwekken." Vliegers zijn eenvoudig, getuige de vele vliegeraars op het strand, als er genoeg wind is. Alle vliegers liggen schuin in de wind. De horizontaal invallende windkracht zorgt voor twee uitgesplitste krachten op de vlieger: een opwaarse (de lift) die de vlieger in de lucht houdt en een haaks daarop staande horizontale (de weerstand). Een vliegeraar die het touw in handen houdt, zorgt ervoor dat de vlieger blijft waar hij is.

De verhouding tussen lift en weerstand is een maat voor de aerodynamische efficiëntie van de vlieger. Een hoog verhoudingsgetal betekent voor een vlieger dat hij rechter boven de vliegeraar staat, en daardoor voor een bepaalde hoogte minder vlieger-touw nodig heeft dan een aerodynamisch inefficiënte vlieger. Bovendien kan een hogere trekkracht in het vlieger-touw worden bereikt: belangrijk bijvoorbeeld voor toepassingen in de energieopwekking. Deze aerodynamische efficiëntie is voor een vlieger op papier uit te rekenen, maar Breukels wil zijn berekende uitkomsten staven met experimentele data, verkregen met het kiteLab. Breukels besteedt veel aandacht aan het optimaliseren van de aerodynamische efficiëntie. De luchtvaartkundig ingenieur doet dit door sommige vliegers naar voorbeeld van een zweefvliegtuig te ontwerpen. Met hun lange, slanke vleugels leveren die een grote opwaartse liftkracht bij een kleine luchtweerstand. Dat levert een aerodynamisch goede vlieger op, maar het blijkt toch niet altijd gunstig. Breukels: "Als vliegeruitbouwer zie ik weerstand als de vijand, maar bij vliegers is dat niet altijd zo. Weerstand voorkomt instabiliteit, en is daarmee soms je vriend. Dat was voor mij een belangrijke les."

ROBUUST SYSTEEM Instabiliteit wil zeggen dat de vlieger oncontroleerbaar wordt. Op het strand wil het nog wel eens werken de vlieger van een staart te voorzien, waarmee de weerstand toeneemt en daarmee de stabiliteit. Breukels gaat instabiliteit tegen met 'actieve besturing'. Dat betekent dat een ingebouwde computer de stand, snelheid en versnellingen van de vlieger registreert, en indien nodig corrigeert met ingebouwde stuurvlakken. "Het was het in de praktijk lastig om een robuust systeem te verkrijgen. Steeds dacht ik een mooi besturingssysteem te hebben, maar dan kwam er op het strand een zandkorrel in en lag het weer op zijn gat."

Niet die zandkorrels, maar het feit dat Breukels het zat was een busje vol

te moeten laden en door de drukke Randstad steeds naar het strand te rijden, elke keer als hij een test wilde uitvoeren, bracht hem op het idee om het dak als laboratorium in te richten. Dat er regelmatig trijes naar het strand zijn ondernomen, blijkt wel uit de hoeveelheid zand waarmee het bureau van de promovendus is bezaid. Veronachtzandigend veegt hij een hoekje schoon als hij een kop koffie neerzet. Met zijn zonnebril, stoppelbaard, lange lokken en gebreukide huid lijkt hij toch zo van het strand te komen.

Hoewel Breukels zich niet uitsluitend wil concentreren op één toepassing, is een belangrijke motor achter zijn onderzoek de door Wubbo Ockels gepatenteerde laddermolen – net als KiteGen bedoeld als energiebron. De op zweefvliegtuigen gebaseerde vliegers die hij heeft ontworpen, zijn

De ontwerpers zijn vanwege de op- en neergaande beweging bang voor slijtage van de kabel. Uit angst hiervoor hebben Amerikanen van het bedrijf Sky Windpower Corporation die ook energie willen halen uit de wind op grote hoogte, een heel ander soort vlieger bedacht.

ROTORCRAFT Al Grinier, directielid van het bedrijf en naar eigen zeggen 'the cable guy', verantwoordelijk voor het vlieger-touw, zegt door de telefoon: "Wij hebben het slijtageprobleem opgelost door de kabel stil te houden, en de generator met de vlieger mee omhoog te sturen." Deze vlieger – zelf vindt Grinier het helemaal geen vlieger, hij spreekt over een *rotorcraft* – maakt gebruik van helikoptertechniek. Vier rotoren, in een vierkant geplaatst, met elk in hun as een stroomopwekkende generator, worden aan een kabel opgelaten tot een paar kilometer hoogte door de rotoren met elektriciteit vanaf de grond aan te drijven. Een touw houdt ze op hun plaats, de elektromotor wordt uitgezet en de wind drijft vervolgens de rotoren aan. De rotoren leveren de draagkracht om het geheel in de lucht te houden, en meer. De generator zet dit overschot om in elektrische energie, en door de kabel waaraan de vlieger hangt wordt deze elektrisch naar beneden gestuurd.

Daar is de theorie. Grinier hoopt binnen twee jaar een prototype te hebben. Ironisch genoeg levert de kabel de meeste problemen op, omdat de geleidende kern van het touw en de isolerende huls die ook de sterkte moet leveren, verschillend oprekken door de trekkracht van de vlieger. Voor Bas Lansdorp, een collega van Jeroen Breukels en verantwoordelijk voor het grondstation van de laddermolen, zijn problemen door de verschillen in rek in die kabel geen verrassing. Het probleem van de slijtage in het Delftse systeem van de pompende laddermolens is volgens hem zeker een belangrijk gegeven. "We proberen de slijtage te minimaliseren. In het eerste geval maken we het onderste deel van de kabel, dus het deel dat zich oprolt, van staal. Nu is dat nog van de kunststof dyneema." Het draufolgens alle betrokkenen niet lang meer voordat de eerste praktische resultaten zich zullen aandienen. Het Amerikaanse Sky Windpower Corporation heeft nog twee jaar nodig voor een werkend prototype. De Nederlandse Delftse ingenieurs dit jaar nog te bouwen. En over zijn vliegermolen KiteGen zegt Massimo Ippolito: "Ik zie hier eer uitgekoken op het werken en anderszels is de Europese vlieger Euroflier. We willen nu de kabel een lus gevormd, die door de vliegers wordt rondgetrokken."

Jeroen Breukels

"Weerstand is soms je vriend. Dat was voor mij een les"