



*De voorstelling 'Newton's Duet' van David Middendorp.  
Om de drones de dansers te laten volgen, moesten  
allereerst heel precies hun bewegingen worden  
geregistreerd.*

FOTO: STEF LOHSTROH

DANKZIJ MOTION TRACKING EN SLIMME ALGORITMES

# Drones dansen het theater binnen

Ze bezorgen pizza's, verjagen vogels en zijn de kekke opvolgers van radiografisch bestuurbare vliegtuigjes. Maar theatermakers zouden geen theatermakers zijn als ze voor drones geen kunstzinnigere toepassing zouden bedenken. Eric de Ruijter duikt in deze vliegende techniek boven het podium. | TEKST: ERIC DE RUIJTER |

Choreograaf David Middendorp maakte in 2015 *Newton's Duet*, een choreografie voor twee dansers en twee drones, als onderdeel van het avondvullende programma *Blue Technology*. Ik hoorde ervan en raakte nieuwsgierig. Al verder zoekend kwam ik terecht in een spectaculaire wereld. Want met drones kun je niet alleen snelheidsraces houden, het luchtverkeer ontregelen of – mits voorzien van een camera – luchtfoto's 2.0 maken. Met de juiste programmatuur en de juiste artistieke inslag kun je, net als Middendorp, een nieuwe dimensie ermee toevoegen aan een voorstelling of evenement. De hoeveelheid voorbeelden en de kwaliteit van de theatertoepassingen die ik vond, verraste me. Middendorps beweegreden om drones te gebruiken kwam voort uit nieuwsgierigheid naar de wereld om ons heen – een vertrekpunt dat de kunst volgens hem gemeen heeft met de wetenschap. Vanuit die gedachte wilde de choreograaf voor *Newton's Duet* vooral de mogelijkheden voor interactiviteit tussen drones en dansers onderzoeken. Maar met een standaarddrone uit de winkel gaat dat niet. Middendorp zocht samenwerking met specialisten: het bedrijf Luchtzinnig zocht uit welke drone en

welke aanpassingen aan het toestel er exact nodig waren en studenten van de TU Delft ontwikkelden een besturingssysteem. Het team koos voor de Crazyflie, een kleine en lichte quadcopter, en een motion trackingsysteem met acht camera's van OptiTrack, zoals vaker gebruikt bij virtual reality. Ook moest er een flinke hoeveelheid technische scripts worden geschreven.

## **Voortdurende feedback-loop**

Om de drones de dansers te laten volgen, was het allereerst noodzakelijk om heel precies hun bewegingen te registreren. De dansers droegen daartoe pakken met markers die het licht terugkaatsen naar het motion trackingssysteem. Zo werden de bewegingen en de positie van de dansers in de ruimte vastgelegd in de vorm van data. Dat was stap één. Vervolgens schreven de TU-studenten scripts om de data door te sturen naar de drones. De getraceerde bewegingen van de dansers konden niet een-op-een door de drones worden uitgevoerd. Er waren allerlei aanpassingen nodig in de choreografie van de drones om die beter te laten matchen met hun technische capaciteit. Tijdens de voorstelling hebben de

drones reflecterende markers die infraroodsignalen terugkaatsen naar de camera's. Zo kan de computer berekenen waar de drones zich in de ruimte bevinden. Die koppelt die informatie dan weer terug naar de drones, waardoor deze het pad van de danser kunnen blijven volgen. Tijdens de voorstelling is er dus een voortdurende stream van signalen, een feedback-loop, die de computer vertelt waar de drones zich bevinden en die de drones vertellen waar zij heen moeten.

Henricus Basien was één van de studenten Lucht- en ruimtevaarttechniek van de TU Delft die als vrijwilliger aan het project meewerkten. Het kwam traag van de grond, vertelt hij, vooral omdat het team het probleem van de positionering van de drones niet kreeg opgelost met de beperkte beschikbare financiële middelen.

## **Tot op 5 millimeter nauwkeurig**

De productie kwam weer op schema toen het gezelschap geld kreeg voor het motion trackingsysteem. Basien kon nu echt aan de *control* van de drones werken. Het meegeleverde systeem van de quadcopter zelf kent alleen rechttoe, rechtaan acceleratie. Je geeft gas en >>

*Drones zijn op zich nog wel betaalbaar voor een op deze techniek azende theatermaker. Maar de kosten van een motion trackingsysteem en de ontwikkelkosten van software zijn aanzienlijk..*

*Rechts: De lampenkappen in 'Sparked' dansen dankzij erin verstopte, autonoom acterende drones. Voor die bewegingen werden door de ETH Zürich speciale algoritmes geschreven.*

FOTO'S: SPARKED TEAM



## Factsheet drones

- \* In 2015 werden er circa 3500 drones verkocht in Nederland.
- \* Naast quadcopters (met vier propellers) zijn er hexacopters (zes propellers) en octocopters (acht propellers) op de markt.
- \* Drones kosten tussen de € 100,- en € 3000,- afhankelijk van type en uitrusting (denk aan een camera).
- \* Drones maken meestal gebruik van 2.4 GHz (wifi-band) voor *air to ground* communicatie (camerabeelden) en van 5.8 GHz voor de besturing.
- \* Sommige types drones zijn vrij makkelijk te hacken zodat de 'data' (beelden) uit de lucht kunnen worden geplukt.
- \* Particulieren kunnen zonder vergunning met drones vliegen, mits ze zich houden aan de regels. De voornaamste zijn: niet hoger dan 120 meter vliegen, niet in de buurt van vliegvelden komen, de drone altijd in zicht houden en alleen met daglicht vliegen (zie [www.drones.nl/wetgeving](http://www.drones.nl/wetgeving)).
- \* Zakelijke gebruikers zijn gebonden aan regels en vergunningen, zoals een vliegbewijs, een RPAS Operator Certificate, een bewijs van luchtwaardigheid en inschrijving in het luchtregister (zie [www.rijksoverheid.nl/drones](http://www.rijksoverheid.nl/drones)).

vliegt hard rechtdoor. Dat is natuurlijk niet voldoende als je toe wilt naar drones die gaan interacteren met dansers. Daarvoor moeten ze een exacte positie in de ruimte kunnen innemen. Daarom bouwde Basien een tweede controlsysteem. Aan het einde van de repetitiefase lukte het om de hoogte van de drones tot op 5 millimeter nauwkeurig en de statische positie tot 5 à 8 centimeter accuraat te beheersen. Zo'n twee weken voor de première had het team één drone werkend, maar twee drones langdurig stabiel in de lucht houden lukte nog niet. Het achterhalen van het exacte probleem bleek erg lastig en arbeidsintensief. Was er interferentie van de omliggende wifi en mobiele data, was het de hardware of de code? Aan dat laatste sleutelen, terwijl je onder hoogspanning werkt, is risicovol: één verkeerde test en je drone vliegt keihard tegen de muur.

### Geen bestaande bouwpakketten

Pas bij de generale lukte het om de drones de hele choreografie uit te laten voeren. En de première verliep vlekkeloos. Maar doorontwikkeling bleef tijdens de tournee volop nodig. Basien is alle voorstellingen meegeweest. Het blééf een spannend experiment, dat met de inzet van vrijwilligers en weinig ontwikkelingsbudget een heel eind is gekomen. Het is hightech die op een lowtech manier tot stand is gekomen; bouwpakketten met standaardscripts bestaan hiervoor niet. Basien is trots op wat ze met het project hebben neergezet. Wat hem betreft is de interactie tussen drone en danser in *Newton's Duet* state of the art.

In 2016 ging Middendorps duet tussen dansers en drones in reprise, waardoor ik het alsnog kon zien. Wat vooral

opvalt: het ziet er zo naturel uit. De bewegingen van de drones zijn verbaazingwekkend precies en gestroomlijnd. Het lijkt alsof de drones tot op de centimeter nauwkeurig te programmeren zijn. Wat daaraan bijdraagt is dat Middendorp in zijn choreografie effectbejag heeft vermeden. Hij had bijvoorbeeld ook kunnen kiezen voor spectaculaire loops. De bewegingen zijn geen kopie van wat de dansers laten zien. Juist door daar af en toe van af te wijken, en de drones bijvoorbeeld even te laten rusten op de grond, wordt de schijn gewekt dat ze zelfstandig hun gang gaan. Jammer is dat je de drones erg prominent hoort. Het gezoem leidt af. Maar aan het geluid van de propellers en motoren is niet zoveel te doen.

### Drones met 16.500 leds

Ook bij een andere choreografie van *Blue Technology* spelen drones een rol. In *Flyland 2* bewegen de dansers samen met door drones gefilmde beelden van landschappen en wolken. Dat levert bijzondere combinaties op, vooral omdat drones opnames kunnen maken van plekken die eerder niet zo makkelijk toegankelijk waren voor camera's, zoals wolken. De illusie dat dansers op de wolken lopen staat door de kwaliteit van de beelden en de slimme projectie als een huis.

Met drones kan dus veel. Je kunt ze niet alleen gebruiken als vliegend filmstatief of als medespelers, zoals Middendorp deed, maar ook als autonome objecten. Een goed voorbeeld hiervan is de show *Sky Magic* bij Mount Fuji in Japan. Tegen de achtergrond van de half besneeuwde berg vond een indrukwekkende lichtshow plaats, met een choreografie van 20 drones die samen waren uitgerust met 16.500 leds, fabu-



leus begeleid door traditionele Japanse gitaren. De makers kregen het voor elkaar om drones, licht én geluid aan te sturen met draadloos dmx. Een andere toepassing is de drone als instrument om spectaculaire theatrale effecten mee te creëren. De Zwitserse entertainer Superbuffo bedacht bijvoorbeeld de dronesdompteuract *Superdrones* waarin hij op hilarisch absurdistische wijze drones temt.

### Gooi- en smijtwerk

Net als Middelburg en zijn team experimenteerde ook Cirque du Soleil met drones in het theater, geholpen door de technische universiteit van Zürich (ETH). Dat leidde in 2014 tot de korte film *Sparked*, een betoverende act met dansende lampenkappen die doet denken aan de Disneyfilm *Fantasia*. De lampen vlogen natuurlijk niet uit zichzelf, maar door middel van erin verstopte drones. Ook hier werd onder andere gebruik gemaakt van motion tracking. Kennelijk vond ook Cirque du Soleil het experiment geslaagd, want de dansende lampenkappen keerden terug in hun Broadwayshow *Paramour*. Raffaello d'Andrea, hoogleraar Dynamic systems and Control bij de ETH en betrokken bij de act, is niet bescheiden. Hij noemt de algoritmes waarmee werd gewerkt de nieuwe standaard voor de showbusiness. De ETH schreef onder

meer algoritmes voor autonoom gedrag van de drones. Op TEDGlobal maakt D'Andrea dat aanschouwelijk door twee van de vier propellers van een drone stuk te knippen en hem daarna weer te laten vliegen. Het ding blijkt zo geprogrammeerd dat hij subiet de schade compenseert en – weliswaar schokkerig – in de lucht blijft. Vervolgens jongleert D'Andrea met drones die hij als het ware opvangt en in de lucht werpt. Hij interacteert met de vliegende apparaten, die het ruwe gooi- en smijtwerk feilloos compenseren.

### Feilloos de juiste snelheid

Een drone kan ook prima een stok van circa 1 meter rechtop in evenwicht houden. Dat doe je door het mathematische model van de stok samen te voegen met dat van de quadcopter en voor hun handelingen nieuwe algoritmes te creëren. Met diezelfde algoritmes kan de drone een glas water door de ruimte dragen terwijl hij allerlei vliegbewegingen maakt. Het verschil in gewicht wordt automatisch gecompenseerd en de balans van de woest rondvliegende drone is dusdanig perfect dat hij geen druppel uit het glas morst. Ook kan de drone leren door feedback van het motion tracking-systeem. De terugkoppeling maakt het bijvoorbeeld mogelijk dat twee drones al na een paar minuten een potje tennis met elkaar leren spe-

len. Door de feedback weten de drones steeds beter waar zij zich in de ruimte moeten begeven om een balletje (dat is uitgerust met een marker) feilloos met de juiste snelheid terug te slaan. Wat betreft interactieve inzetbaarheid van drones is er kortom al heel veel mogelijk. Als de technologie goed werkt ziet het er simpel en elegant uit. Maar schijn bedriegt. Achter de schermen zijn er heel wat problemen te overwinnen, met name als de budgetten beperkt zijn, zoals in de Nederlandse theatersituatie gebruikelijk is. De drones zelf hoeven niet gigantisch duur te zijn. Maar een motion trackingsysteem is dat nog wel. Vooral de ontwikkelkosten van de software zijn aanzienlijk. Alles moet *custom made* ontwikkeld worden en dat kost veel uren. Maar de projecten die ik zag waren zo overtuigend dat ik absoluut uitkijk naar een ware invasie van drones in het theater. <<

*Blue Technology: anotherkindofblue.nl en tinyurl.com/blue-technology (trailer)*  
*Sparked: tinyurl.com/sparked-film*  
*TED Talk Raffaello D'Andrea: tinyurl.com/tes-quadcopters*  
*ETH Zurich: tinyurl.com/eth-andrea*  
*Paramour: tinyurl.com/paramour-show*  
*Superdrones: superdrones.ch*  
*Sky Magic: magic.microad.co.jp/skymagic en tinyurl.com/sky-magic-japan*  
*World Drones Prix Dubai: tinyurl.com/wdp16*