LUFTFAHRT

Drohnenballett

Ein EU-Projekt erforscht die Zukunft fliegender Autos. Sie könnten sich in Schwärmen bewegen wie Zugvögel. Das Lehrreichste dabei sind derzeit oft noch die Abstürze.

Es ist eine Dressur besonderer Art: Raffaello D'Andrea hebt den rechten Arm – und gehorsam startet ein tellergroßer Hubschrauber. Herrchen fährt mit dem Finger durch die Luft – und das Gerät folgt, als wäre es mit einem Halsband angeleint.

D'Andrea ist Drohnendompteur. Breitbeinig und in Socken steht der Professor auf dem mit Matten ausgelegten Boden einer Art Sporthalle an der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) in Zürich. Das Polster soll etwaige Abstürze der teuren Geräte abfangen, außerdem umfängt ein Netz den zehn mal zehn Meter großen Innenraum, damit keine fehlgeleitete Drohne entwischt aus der Flying Machine Arena am Fachbereich Maschinenbau.

Draußen vor der Glasscheibe hat sich eine Traube schaulustiger Studenten gebildet, die ihren Augen nicht trauen: Flugroboter, die wie dressierte Falken auf Handzeichen reagieren?

„Das ist noch die einfachste Übung", sagt D'Andrea, einer der Leiter des Instituts für Dynamic Systems and Control an der ETH. Er hebt die linke Hand, und der Hubschrauber fliegt einen Salto, dann noch einen und noch einen, bis D'Andrea die Hand wieder senkt. Er klatscht, und prompt landet die Drohne.

Auf den ersten Blick mag die Gestensteuerung wie Magie wirken. Doch die Absicht des Forschers geht in die entgegengesetzte Richtung: Er will Flugroboter bauen, die so banal und einfach sind, dass jeder sie steuern kann. „Mein Ideal sind heutige Autos", sagt D'Andrea.

Wenn er seinen Flugrobotern zuschaut, ist er in Gedanken eigentlich schon woanders: über den Wolken in einem fliegenden Auto. Um diesem Traum näherzukommen, will er seinen Drohnen beibringen, das zu tun, was die Piloten wollen, aber andererseits all die Anfängerfehler zu verzeihen, die das Navigieren in drei Dimensionen mit sich bringt.

Die scheinbare Magie der Züricher Gestensteuerung basiert auf einem einfachen Trick: Der Kinect-Sensor einer herkömmlichen Spielkonsole steht auf dem Boden und beobachtet den Dompteur. Dann setzt ein Computer die Gesten in Steuerbefehle um und funkt sie per WLAN an die Flugdrohne, deren Position von acht Kameras an der Decke verfolgt wird. Die Einzelbauteile sind im Elektronikmarkt zu kaufen, aber ihr Zusammenspiel erinnert an den Zauber der Quidditch-Spiele in „Harry Potter"-Filmen.

Drohnendompteur D'Andrea kann mit Mitte vierzig bereits auf eine verschlungene Karriere zurückblicken. Geboren in der Nähe von Venedig, wuchs er in Kanada auf, studierte in Toronto Ingenieurwissenschaft, gewann als Professor der US-amerikanischen Cornell-Universität mit seinem Team mehrfach die Roboterfußball-WM. Nebenher war er einer der Gründer der Firma Kiva Systems, die bewegliche Regalsysteme für die automatisierte Lagerhaltung bei Firmen wie Walgreens und Staples herstellt.

2007 lockte ihn die ETH nach Zürich, indem sie ihm die Roboter-Arena versprach. Inzwischen hat er darin mit seinen Studenten eine wahre Nummernrevue zusammengestellt. Die mit je vier Rotoren bestückten Helikopter tragen durchalphabetisierte Namen: Alpha, Bravo, Charlie, Delta.

Bravo und Charlie schweben mitten in der Arena und spielen Tennis. Über ihren Rotoren ist jeweils eine Art Badminton-Schläger montiert. Durch geschicktes Auf- und Abfliegen spielen sich die Maschinen den Ball zu, bisweilen 20-mal hin und her. D'Andrea sitzt nebenan im Control Room und verfolgt mit seinen Studenten das Verhalten der Tennis-Quadcopter.

Die nächste Nummer: Ein Doktorand stellt einen Stab auf den Rücken eines Roboters. Der schwebt so feinfühlig hin und her, dass er den Stab senkrecht auf seinem Rücken balanciert.

Doch das ist nichts verglichen mit dem Quadcopter, dem der Doktorand Sergej Lupaschin das Klavierspielen beigebracht hat: Er schwebt von Taste zu Taste und spielt „Jingle Bells". Nur die Kratzspuren auf dem Keyboard zeugen von den Abstürzen bei den Proben.

D'Andrea will Alltagsobjekten so etwas wie Bewegungsintelligenz einpflanzen. Nachdem Computer bereits filmen, na-

Schwärmende Stare

JEAN REVILLARD / REZO.CH / DER SPIEGEL

Robotiker Floreano: *Lernen von Batman*

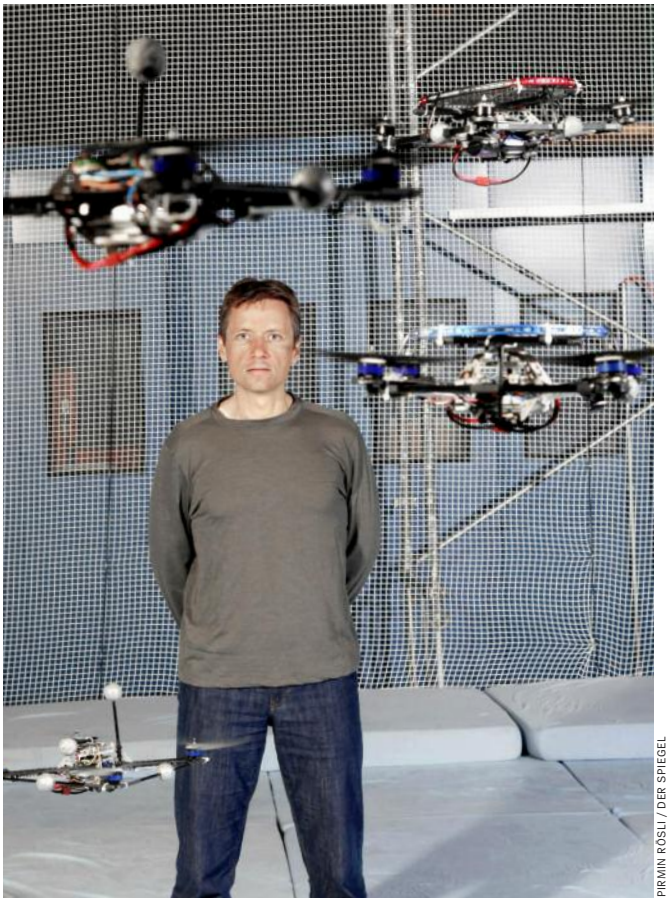
vigieren und sprechen können, will er nun auch ihre Bewegung im Raum automatisieren. Für eine Kunstausstellung hat er einen Tisch entwickelt, der auf Menschen zurollt; der neugierige Tisch verstörte die Besucher auf der Kunstbiennale in Venedig 2001.

Als Nächstes nimmt sich der Robotiker nun die Architektur vor: Selbständig bauten Alpha, Bravo und die anderen einen sechs Meter hohen Turm aus 1500 Bausteinen, eine Mischung aus Ballett, Happening und Klamauk. Eine Ausstellung in Orléans wagte damit einen utopischen Ausblick auf eine Zukunft, in der nicht Bauarbeiter, sondern Flugroboter Hochhäuser errichten.

Die scheinbar verspielten Luftnummern sind dabei Teil einer eigenwilligen europäischen Roboterstrategie. Die Alte Welt fordert damit die beiden Robotik-Großmächte heraus: Japan und die USA.

Japan dominiert die Population der weltweit über eine Million Industrieroboter, vor allem in seinen Autofabriken, beeindruckt aber auch mit Wunderpuppen wie Asimo, der sprechen, laufen und tanzen kann. Die US-Streitkräfte wiederum machen Schlagzeilen mit Kampfdrohnen, die ferngesteuert Menschen in Pakistan oder Afghanistan mit Raketenangriffen hinrichten. Die US-Luftwaffe bildet bereits mehr Tele-Kämpfer am Joystick als Piloten für Bomber und Jagdflugzeuge aus.

AP



PIRMIN RÖSLI / DER SPIEGEL

Drohnenforscher D'Andrea: *Salto per Handzeig*

Nun soll Europa die Konkurrenz überflügeln: mit halbautomatischen fliegenden Autos. „Mycopter" heißt das EU-Programm, das mit einem Umfang von 4,3 Millionen Euro helfen soll, dem Privatverkehr die dritte Dimension zu erschließen. Beteiligt sind unter anderem das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt, die Universität Liverpool, das Karlsruher Institut für Technologie und das Tübinger Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik. „Flugautos sind nicht eine Frage des Ob, sondern des Wann", sagt Heinrich Bülthoff, Leiter der Tübinger Mycopter-Arbeitsgruppe.

Der Traum ist fast so alt wie das Flugzeug selbst, schon 1917 machte ein Prototyp erste Hüpfer. In den USA steht heute das „Terrafugia"-Projekt mit seinem Fliwatüt kurz vor der Markteinführung.

Doch falls wirklich einmal Pendlerströme durch Städte fliegen sollten, wären Kollisionen und Abstürze programmiert – es sei denn, die Maschinen nehmen den Piloten einen Großteil der Steuerung ab.

„Unser Vorbild sind die Starenschwärme, die im Herbst nach Süden ziehen", sagt Dario Floreano, ein lässig gekleideter Professor in weißem Hemd und schlabbrigen Cargo Pants. Über ihm hängen sieben Flugroboter wie Fledermäuse an der Decke. Sie baumeln so lange, bis sie einen Befehl erhalten.

„Wir schaffen es bereits, zehn Drohnen im Schwarm fliegen zu lassen", begeistert sich Floreano. Innerhalb des Mycopter-Teams ist sein Labor an der ETH Lausanne dafür zuständig, den Fluggeräten beizubringen, wie sie untereinander kommunizieren können, um den Luftraum effizient und kollisionsfrei zu nutzen.

Vor dem Laborfenster kreist eine Gruppe leichter Nurflügler hundert Meter über dem Parkplatz, trotz böigen Winds. Wer wem wann ausweicht, machen die Roboter untereinander aus – eine zentrale Steuerung wie in Zürich brauchen sie nicht. Ein Rechner im Labor protokolliert lediglich ihr Verhalten, um es weiter zu verfeinern.

Ihr Schwarmverhalten haben sie gewissermaßen von Batman gelernt: Es basiert auf dem sogenannten Reynolds-Algorithmus, den ein gleichnamiger Programmierer 1986 entwickelte; später zauberte er in Filmen wie „Batman Returns" digitale Fledermausschwärme auf die Leinwand.

Die komplexe Choreografie eines Schwarms Fische oder Vögel ist erstaunlich einfach, erkannte Reynolds damals: „Halte zu allen Nachbarn gleichen Abstand" und „Fliege mit ihnen in eine Richtung" – mehr als ein paar solcher simplen Befehle bedarf es dazu nicht.

Je weiter Floreanos Phantasie in eine mögliche Zukunft der fliegenden Autos schweift, desto einfacher werden seine Modelle. „Als Nächstes erforschen wir das Flugverhalten von Insekten", sagt er. Seine Arbeitsgruppe experimentiert mit handtellerkleinen Fluggeräten, die mit jeweils sieben „Facettenaugen" ausgestattet sind. Die winzigen Kameras sind aus Computermäusen herausoperiert.

In Zürich beginnt sein Kollege Raffaello D'Andrea unterdessen das große Finale seiner Nummernrevue: Die Rockballade „Armageddon" dröhnt durch die Flugarena, dazu tanzen Alpha & Co. in der Luft, drehen Pirouetten, gleiten auf und ab, programmiert mit der Software „Choreography Generator".

Bei einem besonders gewagten Flugmanöver überschlägt sich Charlie und stürzt ab. „Klasse, das müssen wir uns anschauen", sagt D'Andrea und stürzt in den Kontrollraum nebenan. „Den größten Lerneffekt", sagt er zufrieden, „haben wir immer bei einem Crash."

HILMAR SCHMUNDT

Video: Tanz der intelligenten Flugroboter
Für Smartphone-Benutzer: Bildcode scannen, etwa mit der App „Scanlife".