

Insekten inspirieren Roboter

Insekten haben ein vergleichsweise einfaches Nervensystem, das sich auf Grund der geringen Anzahl von Nervenzellen relativ gut nachbauen lässt. Das macht sie für die Robotikforschung so interessant.

Mit regelrecht halsbrecherischen Manövern navigieren sie im schnellen Flug Kurven um Hindernisse herum, in Sekundenbruchteilen reagieren sie auf die Hand, die sie fangen will und ihre Futterquellen in der Natur steuern. Fliegen zielsicher an. Ein Fliegengehirn leistet – gemessen an der relativ geringen Anzahl von Neuronen – erhebliches. Ebenso beeindruckend sind die Navigationsleistungen von Ameisen. „Insekten haben vergleichsweise einfache Nervensysteme. So besteht das gesamte Gehirn einer Ameise zum Beispiel nur aus etwa 1 Million Nervenzellen. Zum Vergleich: Das menschliche Gehirn verfügt über etwa 100 Milliarden Neuronen. Die relativ kleine Anzahl an Nervenzellen ist ein Grund dafür, dass sich Ingenieure für die Navigationsleistungen von Insekten interessieren, da diese sich leicht nachbilden lassen“, sagt Ralf Möller, Leiter der AG Technische Informatik an der Technischen Fakultät der Universität Bielefeld und Autor des Buches „Das Ameisenpatent“.

So waren für Verena Hafner, Juniorprofessorin für Kognitive Robotik an der Humboldt-Universität (HU) Berlin, Erkenntnisse über die räumlichen Orientierungsleistungen von Wüstenameisen beim Design der Sensorik ihrer beiden Quadropten, zweier unbemannter Minihubschrauber, maßgeblich. Die Cataglyphis verfügt, so hatte eine von Rüdiger Wehner am Neuroscience Center der ETH Zürich geleitete Gruppe von Forschern herausgefunden, ebenso wie Grillen, Bienen und Wespen, am oberen Rand ihres Auges, mit dem sie an den Himmel blickt, über spezielle Lichtsinneszellen. Jede dieser Zellen ist besonders empfindlich für Licht mit einer bestimmten Polarisationsrichtung. Daher können diese Insekten die Polarisationsrichtung am Zenit in Bezug auf den eigenen Körper genau messen und haben dadurch – zumindest für einen gewissen Zeitraum – einen festen Richtungsbezug, den sie in die Pfad-Integration einfließen lassen. Die beiden an der HU-Berlin entwickelten, für Forschungszwecke genutzten Quadropten navigieren ähnlich wie ihre natürlichen Vorbilder. Sie sind dazu in der Lage, Hindernisse zu erkennen und sie zu umfliegen. Außerdem können sie autonom starten und landen und sind zu einer autonomen Höhenkontrolle fähig. Die beiden Miniroboter sind mit vier Rotoren ausgestattet und verfügen über eine potenzielle Fluggeschwindigkeit von 80 km/h. Sie machen präzise fotografische Aufnahmen von dem Land, das sie überfliegen. Mögliche Anwendungsfelder der Quadropten liegen im Katastrophenschutz und im landwirtschaftlichen Bereich. Hier könnten sie als Fernerkundungstechnologie für die exakt dosierte Nährstoffversorgung von Ackerböden zum Einsatz kommen.

Ein weiterer Erklärungsansatz für die Navigationsleistungen von Insekten, den sich die Robotikforschung derzeit zunutze macht, besteht in der Theorie der „optischen Flussfelder“. Während für menschliche Augen spätestens ab 25 Bildern pro Sekunde Einzelbilder in einen kontinuierlichen Bewegungsablauf übergehen, erkennen einige Arten von Fliegen noch 100 Bilder pro Sekunde als einzelne Sinneseindrücke, können sie blitzschnell interpretieren und so ihre Bewegung steuern und die Lage im Raum exakt bestimmen. Dieses Bewegungssehen von Fliegen wird mit dem Begriff der „optischen Flussfelder“ beschrieben. Erzeugt werden die „optischen Flussfelder“ durch Bewegungen im Raum. Dabei sind sie für eine ganz bestimmte Bewegung charakteristisch: Bei einer Vorwärtsbewegung fließen die Objekte seitlich am unbeweglichen Fliegenauge vorbei, bei frontalem Anflug vergrößern sie sich, nahe und weit entfernte Dinge bewegen sich ganz unterschiedlich. In einem ersten Schritt erstellt die Fliege in ihrem Gehirn aus diesen Bewegungen ein Muster. Geschwindigkeit und Richtung, mit denen sich einzelne Bildpunkte vor den Augen scheinbar bewegen, ergeben in jedem Moment ein typisches Bild von Bewegungsvektoren, das Flussfeld, das dann in einem zweiten Schritt in einer höheren Ebene des Sehzentrums ausgewertet wird. Eine Zusammenführung der Bewegungsinformationen beider Augen, die für die Auswertung der optischen Flussfelder notwendig ist, erfolgt über spezialisierte Nervenzellen, sogenannte VS-Zellen.

Ausgehend von dieser Theorie befasst sich in der Abteilung Biorobotique des Institut des Sciences

du Mouvement der Université Méditerranée Marseille unter der Leitung von Nicolas Franceschini eine Gruppe von Forschern mit der Frage, wie Insekten auf der alleinigen Basis von Signalen der optischen Flussfelder navigieren ohne dass eine zusätzliche Distanz- oder Geschwindigkeitsmessung erforderlich ist. Dabei haben die Wissenschaftler herausgefunden, dass insgesamt drei optische Flugregulatoren für die unterschiedlichen Insektenflugmuster zuständig sind. Diese Kontrollmechanismen haben sie simuliert und zwei Typen von Flugrobotern- einem Mikrohubschrauber und einem Luftkissenfahrzeug - implementiert. Beide Roboter verhalten sich, nach Angaben der Wissenschaftler, ähnlich wie Insekten, wenn man sie in einer entsprechenden Umgebung platziert. Ausgestattet sind sie mit optoelektronischen Sensoren, die sich in ihrer Konstruktion an den elektrophysiologischen Erkenntnissen, die über die bewegungssensitiven Neuronen von Fliegen gewonnen wurden, orientieren. Eine Besonderheit dieser Kontrollschemata liegt darin, dass sie ohne Entfernungsmesser und ohne GPS-Empfänger auskommen. Sie stimmen mit dem neuronalen Repertoire fliegender Insekten überein.

Auch die Forscher des Exzellenzclusters „Cognition for Technical Systems“ (CoTeSys), zu dem sich im Raum München rund 100 Wissenschaftler und fünf Hochschulen und Forschungsinstitute zusammengefunden haben, nehmen Bezug auf die Theorie der „optischen Flussfelder“. Ein Ziel des Projektes ist es, intelligente Maschinen zu konstruieren, die zu einer Kooperation mit dem Menschen fähig sind. Bisher haben die Forscher unter anderem einen kleinen Flugroboter entwickelt, der Fluglage und Bewegung durch visuelle Analyse im Computer nach dem Vorbild der Fliegeengehirne kontrolliert.

Anette Weingärtner

Links:

Hafner/HU-Berlin

<http://www2.informatik.hu-berlin.de/~hafner/>

<http://mikrokoetter.de/>

<http://agricopter.de/>

<http://gk-metrik.de/>

Franceschini

<http://www.ism.univmed.fr/spip.php?rubrique34>

CoTeSys

<http://www.cotesys.org/>