

Presse und Kommunikation

GPS mit Insektenhirn

Wissenschaftler entwickeln einen Flugroboter, der sich autonom orientieren kann

Er summt, und er fliegt – mehr hat der "NeuroCopter" auf den ersten Blick nicht mit einer Biene gemeinsam. Und doch ist das fleißige Insekt Vorbild für das wichtigste Teil in dem etwa 90 Zentimeter großen Flugroboter: Das Steuerungszentrum. Wissenschaftler der Freien Universität arbeiten daran, das "Gehirn" des Roboters so komplex wie ein Bienehirn zu entwickeln – damit er selbst lernt, seinen Weg zu finden. Die Ergebnisse dieser Grundlagenforschung könnten helfen, beispielsweise Navigationssysteme wie GPS leistungsfähiger zu machen.



Vorbild Biene: Bienen lernen schnell, sich in unbekanntem Gelände zu orientieren.
Bildquelle: ytk/photocase.de

Warum gerade Bienen? "Sie haben einerseits ein kleines Insektenhirn, das sich leichter erfassen lässt als das von komplexeren Lebewesen", sagt Tim Landgraf, Forscher in der Arbeitsgruppe Intelligente Systeme und Robotik an der Freien Universität Berlin und Leiter des dortigen Biorobotics Lab. "Andererseits unterscheiden sich Bienen von anderen Insekten: Sie lernen erstaunlich schnell komplexe Inhalte. Setzt man sie in unbekanntem Gebiet aus und erkennen sie dort einen markanten Punkt wie einen Baum, den sie auf einem vorherigen Flug bereits aus einer anderen Perspektive im Blickfeld hatten, können sie sich sofort orientieren und finden zu ihrem Bienenstock."

Dieses Verhalten sei ein Hinweis darauf, dass die Tiere die Bilder, die sie von ihrer Umgebung im Kopf haben, in ihrem Gedächtnis "aktualisieren" und sich so in immer größeren Gebieten zurechtfinden können. Diese Lernfähigkeit setze eine innere Landkarte voraus. "Auch darauf haben wir Hinweise, die wir in einem weiteren Projekt erforschen", erklärt Landgraf. "Mithilfe eines Tanzes kommunizieren Sammlerbienen im Stock Informationen über Orte an ihre Artgenossen. Bienen, die einer anderen Biene nachgetanzt haben, fliegen zielgerichtet den Ort an, den sie im Tanz gelernt haben – obwohl ihnen dieser vorher völlig unbekannt war. Sie fliegen sogar zwischen bekannten und im Tanz erlernten Orten hin und her. Das ist ein starker Hinweis darauf, dass Bienen eine solche innere Landkarte haben müssen."

Dieses komplexe Navigationsvermögen wollen Forscher des Biorobotics Lab am Institut für Informatik sowie der Arbeitsgruppe Neuroinformatik um Professor Martin Nawrot am Institut für Biologie der Freien Universität für die Robotik nutzbar machen. Bisher müssen beispielsweise autonom steuernden Fahrzeugen noch Geländeinformationen einprogrammiert werden, damit sie sich zurechtfinden; die Orientierungsfähigkeit wird also von außen eingegeben. Dass der Neuro-Copter sich Routen "erfliegt" und – in Anlehnung an die nervlichen Prozesse im Bienehirn – seine eigene innere Landkarte erstellt, sukzessive erweitert und selbstständig Ziele erfasst und ansteuert, das ist das große Ziel der

Wissenschaftler der Freien Universität.

"Noch befinden wir uns am Anfang", sagt Tim Landgraf, "denn wir wissen nicht genau, welche Hirnstrukturen der Biene diese Aufgabe übernehmen. Daher fliegt der NeuroCopter derzeit konventionell mit einprogrammierten Landmarken. Einige Modelle und Vorarbeiten für das neuronale Navigieren im Flug waren allerdings schon erfolgreich."

So haben die Wissenschaftler einen Kettenfahrzeugroboter entwickelt, dessen Steuerungszentrum ebenfalls nach dem Vorbild des Bienenhirns seine Umwelt in der Bewegung wahrnimmt,

Landmarken speichert und sich diesen je nach Aufgabenstellung nähern kann – so wie die Biene den mit Nektar gefüllten Blüten. Der Rover kann sogar assoziativ lernen: Für eine korrekt erfüllte Aufgabe wird er – statt mit Nektar wie die Biene – mit einem Lichtsignal belohnt.

Außerdem arbeiten die Forscher mit Simulationen. Dafür füttern sie im Computer Modelle von Hirnstrukturen mit Informationen aus einer künstlichen Welt und analysieren dann, wie das simulierte Hirnteil reagiert. Entsprechende Reaktion dem erwünschten Ergebnis, wisse man, dass die Netzwerkstruktur wie geplant arbeite, erläutert Landgraf: "In Zukunft wollen wir diese Arbeitsweise auf die reale Welt übertragen: Wir sehen uns an, wie eine Biene eine Aufgabe erledigt, und vergleichen dies mit dem Verhalten des NeuroCopters, indem wir ihm die gleiche Aufgabe geben."

Zunächst muss allerdings die Berechnungszeit dieser Prozesse drastisch reduziert werden. Die Forscher arbeiten unter anderem mit sogenannten "Spiking Neural Networks" (SNN, "gepulste neuronale Netze"), komplexen und detaillierten Simulationen, die natürlichen nervlichen Netzwerken derzeit am nächsten kommen.

Die Erregung jeder simulierten Nervenzelle wird durch eine Vielzahl von Gleichungen beschrieben, die in sehr kleinen Zeitschritten – mehrere tausendmal in der Sekunde – ausgewertet werden. Eine Sekunde Realzeit dauert in der Berechnung, je nach Größe des Netzwerks, bis zu mehrere Stunden. "Deswegen verwenden wir noch konventionelle Modelle und wollen uns Schritt für Schritt an die neuronale Verarbeitung heranarbeiten, bis die Rechen- und Speicherprozesse vergleichbar mit realen Gehirnen parallel und damit schneller ablaufen", sagt Wissenschaftler Tim Landgraf. "Der Neuroinformatiker Martin Nawrot entwickelt in Zusammenarbeit mit uns Software für neuronale Strukturen, die künftig in die Hardware des Roboters überscriben werden soll."

In den kommenden Jahren wollen die Forscher eine Bibliothek neuronaler Strukturen zusammentragen und diese zu einem Minigehirn kombinieren. Dieses soll zuerst in einer künstlichen 3D-Welt leben und lernen. Das heißt, es nimmt die Verknüpfungen von Neuronen selbstständig vor – vergleichbar mit einer Biene, die in unbekanntem Gebiet auf einen markanten Punkt im Gelände reagiert und so ihre innere kognitive Karte erweitert. Sollte der Lernprozess funktionieren, wird das Minigehirn in das Steuerungszentrum des NeuroCopters übertragen und in der realen Welt getestet. "Idealerweise schafft das Hirn den Sprung von der Simulation zur echten Welt mit wenig Lernaufwand. Dann kann es selbstständig eine sich ändernde Umwelt kartieren", erklärt Landgraf. "So könnte das Bienenhirn maßgeblich für die Navigationstechnik der Zukunft sein und heutige Systeme zur globalen Positionsbestimmung revolutionieren."

Die Forscher bringen dann den Flugroboter genau in die Situation, in der eine Biene ist, die an einem ihr unbekanntem Ort ausgesetzt wurde und sich neu orientieren muss. Sie wollen beobachten, ob und wie der NeuroCopter anhand von Landmarken seinen Weg nach Hause – zu seinem "Bienenstock" – findet und dies mit den Daten abgleichen, die von den Bienen vorliegen.

Juliane Küppers



Bioinformatiker Tim Landgraf arbeitet mit seinem Team an Simulationen von Hirnstrukturen, die im Steuerungszentrum des Flugroboters Lernprozesse ermöglichen sollen.
Bildquelle: Bernd Wannemacher

Letzte Aktualisierung: 22.08.2014

[Freie Universität Berlin](#)