

# In der Weltliga der Nanoroboter

An der ETH Zürich entwickeln Forscher einen magnetischen Antrieb für drahtlose Kleinstroboter, die nur ein Viertel eines Salzkorns messen. Die Winzlinge erwiesen sich als Soccer-Profis im Robocup 2007 in Atlanta, wo sie auf dem Reiskorn-grossen Fussballfeld als einzige der internationalen Spitzenteams sämtliche Aufgaben meisterten.

Wer sich an den Bau von Mikrorobotern unter einem Millimeter Grösse wagt, dem bereiten Energiezufuhr und Antrieb Kopfzerbrechen. «Chemische Speicherung, Solarenergie und induktive Kopplung eignen sich auf Makroebene, versagen jedoch im Submillimeterbereich», erklärt Professor Bradley Nelson, Vorsteher des Instituts für Robotik und Intelligente Systeme (IRIS) der ETH Zürich. Es ist ein heikles Unterfangen, Energie auf drahtlose Einheiten zu übertragen, und will man diese Energie in mechanischen Antrieb umwandeln, braucht es On-Board-Prozesse und -Schaltungen. Dies vergrössert die Roboter und kompliziert die Herstellverfahren. Gefragt sind drahtlose Aktuatoren. «Gelingt es, die Energie direkt auf das mechanische Antriebssystem zu bringen, reduzieren sich Grösse und Komplexität des Roboters.»

## Der Trick mit dem Magnetfeld

Ein Sprössling dieser neuen Mikroroboter-Generation ist der am IRIS entwickelte,  $300 \times 300 \times 70 \mu\text{m}$  messende Magmite. Sein drahtloser Mikroantrieb nutzt interaktive Kräfte zwischen zwei weichmagnetischen Körpern, welche die Forscher externen magnetischen Feldern aussetzen. Die Antriebseinheit besteht aus einem nicht magnetischen Goldrahmen und einer gleichartigen Mäanderfeder sowie zwei magnetisierbaren Nickelkörpern. Einer dieser Körper ist am Rahmen, der auf einem Substrat liegt, aufgehängt. Der andere hängt rund  $10 \mu\text{m}$  über dem Substrat an der Feder, die ihrerseits mit dem Rahmen verbunden ist. Zwischen den beiden Nickelkörpern befindet sich ein schmaler Spalt. Die induzierte Magnetisierung führt dazu, dass sich die Körper polarisieren und sich der ganze Komplex entlang einer gemeinsamen Längsachse ausrichtet. Die zwischen den Körpern entstehenden Anziehungskräfte führen dazu, dass die Feder ausgelenkt wird und sich der Spalt zwischen den beiden Nickelkörpern verkleinert. Mit dem Ausschalten des Feldes verschwinden die magnetischen Kräfte, die Feder bringt den aufgehängten Körper erneut in die Ausgangsposition. Das wiederkehrende Ein- und Ausschalten des Magnetfeldes

bringt die Feder rhythmisch zum Schwingen, sodass die Blöcke aufeinander prallen. Dadurch bewegt sich der Körper vorwärts. Magmite kann sich vor- und rückwärts bewegen, stoppen sowie in beide Richtungen und an Ort drehen. «Die nötige magnetische Feldstärke für den Magmite-Antrieb ist rund 50-mal stärker als das durchschnittliche Erdmagnetfeld», kommentiert Dominic Frutiger, einer der drei Doktoranden des Kernentwicklungsteams. «In Tests bewegte sich der Roboter in einer Umgebung mit relativer Feuchtigkeit bis 55 % und schob Objekte von  $\mu\text{m}$ -Grösse herum, wie beispielsweise  $100 \mu\text{m}$  grosse Scheibchen.»

## Soccer vom Feinsten unter dem Mikroskop

Diese Fähigkeit brachte dem IRIS-Team Lorbeer ein, als im Juli 2007 in Atlanta der jährliche Robocup über die Bühne ging. Der Event bezweckt die Entwicklung völlig autonomer Roboter. Dieses Jahr fand erstmals die internationale Nanogram Demonstration Competition statt. Die Roboter mussten sich zuerst von einem Tor zum anderen bewegen und dabei die Strecke von 2 mm zurücklegen. Bei der nächsten Aufgabe war der Weg zwischen den Zielen durch stationäre Verteidiger – Polymerwinzlinge mit

zwei Haaresbreiten Durchmesser – versperrt. Die Magmites mussten diese selbstständig umgehen und dabei Goldplättchen von  $100 - 150 \mu\text{m}$  um die Hindernisse herumführen. Abschliessend galt es, in nur drei Minuten so viele Bälle wie möglich ins Tor zu bringen. Die dafür nötige Energie durften die Magmites ausschliesslich aus ihrer Umgebung beziehen, denn Kabel waren verpönt. Das ganze Spiel fand in einem Glaswürfel unter einem optischen Mikroskop statt, mit einer Steuerung über visuelle Feedbacks. Mit von der Partie waren renommierte Unis wie die Carnegie Mellon University, die US Naval Academy oder die kanadische Simon Fraser University. Von den fünf beteiligten Gruppen machte jedoch das IRIS-Team das Rennen. «Unsere Magmites waren die Einzigen, die alle drei Aufgaben lösten», so Frutiger. «Die Magmite-Plattform bietet mehr Kontrolle und Zuverlässigkeit als andere Systeme. Das automatische Steuersystem bewältigt mühelos Aufgaben wie die Navigation in einem Labyrinth oder die Handhabung von Objekten.»

Nach diesem Sieg konzentrieren sich die IRIS-Forscher auf eine vertiefte Charakterisierung der Bausteine, um Design und Fabrikation zu verbessern. Sie erhoffen sich von dieser Technologie mittelfristig weitere, nützlichere Anwendungen, vor allem im biomedizinischen Bereich, auf den viele der aktuellen Anstrengungen des Instituts abzielen. So träumen die Forscher beispielsweise davon, dass Roboter dank Integration dieser und anderer Technologien Krankheitserreger im menschlichen Körper selbstständig und gezielt aufstöbern und zerstören können. [www.iris.ethz.ch](http://www.iris.ethz.ch) 

Elsbeth Heinzlmann  
Journalistin Technik und Wissenschaft



Grössenvergleich: Eine Drosophila-Fliege trifft auf den Magmite. Die ETH-Forscher wollen den magnetischen Mikroroboter weiter miniaturisieren.