

Pressemitteilung

Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme

Linda Behringer

03.02.2020

<https://idw-online.de/de/news730908>

Forschungsergebnisse, Wissenschaftliche Publikationen
Ernährung / Gesundheit / Pflege, Medizin, Physik / Astronomie, Werkstoffwissenschaften
überregional



Akustisch angetriebener Mikroroboter stellt natürliche Mikroschwimmer in den Schatten

Forscher am Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme in Stuttgart haben einen frei beweglichen Mikroroboter entwickelt, der sowohl auf einer flachen als auch gekrümmten Oberfläche in einer Flüssigkeit gleiten kann, wenn er Ultraschallwellen ausgesetzt wird. Seine Antriebskraft ist zwei bis drei Größenordnungen stärker als die von natürlichen Mikroorganismen wie Bakterien oder Algen. Außerdem kann er während des Schwimmens Ladung transportieren. Der akustisch angetriebene Roboter birgt großes Potential, die zukünftige minimal-invasive Behandlung von Patienten zu revolutionieren.

Stuttgart – Forscher am Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme (MPI-IS) in Stuttgart haben einen bolzenförmigen, synthetischen Roboter mit einem Durchmesser von nur 25 Mikrometern entwickelt, der akustisch vorwärts bewegt wird – ein Geschoss im wahrsten Sinne des Wortes, denn noch nie hat ein so kleiner (er ist weniger als der Durchmesser eines menschlichen Haares groß), mit Ultraschallwellen angetriebener Mikroroboter eine so hohe Geschwindigkeit erreicht. Sein intelligentes Design ist so effizient, dass er sogar die Schwimmfähigkeit natürlicher Mikroorganismen übertrifft.

Die Wissenschaftler statteten den aus Polymer 3D-gedruckten Mikroroboter mit einem runden Hohlraum und einer kleinen röhrenförmigen Öffnung aus (siehe Abbildung 1). Ist der Roboter umgeben von Flüssigkeit wie z.B. Wasser, kapselt er eine Luftblase ein. Sobald der Roboter Ultraschallwellen von etwa 330 kHz ausgesetzt wird, pulsiert die Luftblase und drückt die Flüssigkeit im Inneren der röhrenförmigen Öffnung in Richtung Ausgang. Die Bewegung der Flüssigkeit schiebt dann das Geschoss ziemlich kräftig vorwärts: mit bis zu 90 Körperlängen pro Sekunde. Das ist eine Schubkraft, die zwei bis drei Größenordnungen stärker ist als die von natürlichen Mikroorganismen wie Algen oder Bakterien. Beide gehören zu den effizientesten Mikroschwimmern in der Natur, perfektioniert im Laufe der Evolution.

Mikroroboter, die mit Ultraschallwellen angetrieben werden, sind nichts Neues. Jedoch waren bisherige Modelle relativ langsam und erwiesen sich in der Nähe von Oberflächen schwierig zu steuern. Außerdem war nach nur wenigen Minuten Schluss: sie ließen sich nicht mehr steuern, weil der Druck des Wasser zu groß wurde und es den Hohlraum des Schwimmers vollständig füllte – alles Faktoren, die es schwierig machen, solche Miniaturroboter für medizinische Anwendungen einzusetzen wie zum Beispiel die gezielte Verabreichung von Medikamenten, bei Entgiftungen oder nicht-invasive Operationen.

Die Wissenschaftler der Abteilung für Physische Intelligenz am MPI-IS, Dr. Amirreza Aghakhani, Oncay Yasa, Paul Wrede und Dr. Metin Sitti, der Direktor der Abteilung, zeigen in ihrer Forschungsarbeit "Acoustically powered surface-slipping mobile microrobots", wie sie die Lenkfähigkeiten ihres Roboters verfeinern und gleichzeitig die Betriebszeit auf mehrere Stunden erhöhen konnten. Die Publikation wurde Anfang Februar 2020 in den Proceedings of the National Academy of Sciences PNAS veröffentlicht.

Zusätzlich zu der Ausstattung mit einem Hohlraum und einer Öffnung nach unten hin haben die Wissenschaftler ihren Roboter mit einer kleinen Flosse versehen (siehe Abbildung 2). Sie gibt – ganz nach dem Motto „immer der Nase nach“ – die Schwimmrichtung vor. Außerdem trugen die Forscher eine magnetische Nanofilmschicht auf die Spitze des Roboters auf. Mit Hilfe externer Magnetfelder konnten sie so die Fahrtrichtung nach links oder rechts bzw oben oder unten ändern.

In mehreren Experimenten testeten die Forscher, wie gut sich ihr Roboter innerhalb einer kleinen Röhre – ähnlich groß wie ein Blutgefäß – bewegen kann. Sie setzten den Roboter akustischen Wellen und einem Magnetfeld aus und es gelang ihnen, den Roboter in dem Kanal zu navigieren – unabhängig davon, ob die Oberfläche glatt oder gewellt war. Sie zeigten zudem, dass das Einfangen von Ladung automatisch geschieht, während sich der Mikroroboter fortbewegt. Während die Flüssigkeit aus dem Hohlraum des Roboters gedrückt wird während er Ultraschallwellen ausgesetzt ist, erzeugt diese einen kreisförmigen Strom (siehe Abbildung 2). Dieser Strom sorgt dafür, dass die umgebenden Medikamentenpartikel zum Roboter geführt werden. Dort sammeln sich die Partikel an und werden mitsamt des Roboters wegtransportiert. Dank dieser Fähigkeit, Ladung einzufangen, könnten solche Roboter möglicherweise eines Tages eingesetzt werden, um Krebsmedikamente im Blutstrom zu sammeln und das Medikament gezielt in Richtung eines Karzinoms zu transportieren. Die Ladung würde dann in unmittelbarer Nähe freigesetzt und so eine maximale Wirkung erzielt werden.

„Wir können unsere Mikroroboter sehr effizient betätigen, und sie sind auch sehr schnell. Ultraschall ist für den Körper harmlos und kann tief in das Innere des Körpers eindringen. Wir können unsere Roboter sowohl auf flachen als auch auf welligen Oberflächen kontrolliert bewegen und wir können Ladung wie z.B. Medikamente fortbewegen“, fasst Dr. Amirreza Aghakhani, ein Postdoc in der Abteilung für Physische Intelligenz und Co-Autor der Publikation, die besonderen Merkmale des Mikroroboters zusammen. „Das ist sehr beeindruckend.“

Ein weiterer Vorteil ist die Ultraschallbildgebung. Im Inneren des Körpers ist die Bildgebung sehr schwierig, da der Roboter nur einige Mikrometer groß ist. „Die eingeschlossene Luftblase wirkt jedoch als Kontrastmittel. Sie macht den Roboter und seine Position somit besser sichtbar“, fügt Dr. Aghakhani hinzu.

„Unsere Zukunftsvision ist es, solche akustisch angetriebenen und magnetisch gesteuerten Mikroroboter in naher Zukunft im menschlichen Körper für verschiedene minimalinvasive medizinische Anwendungen einzusetzen“, sagt Dr. Metin Sitti.

Pressekontakt:

Linda Behringer
Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme, Stuttgart
T: +49 711 689 3552
M: +49 151 2300 1111
linda.behringer@is.mpg.de

Über uns:

Am Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme wollen wir die Prinzipien von Wahrnehmung, Handeln und Lernen in intelligenten Systemen verstehen.

Unser Institut ist auf zwei Standorte verteilt: Stuttgart und Tübingen. Die Forschung am Standort Stuttgart umfasst Kleinrobotik, Selbstorganisation, haptische Wahrnehmung, bio-inspirierte Systeme, medizinische Robotik und physikalische Intelligenz. Der Tübinger Standort des Instituts konzentriert sich auf maschinelles Lernen, Computer Vision und die Steuerung intelligenter Systeme.

www.is.mpg.de

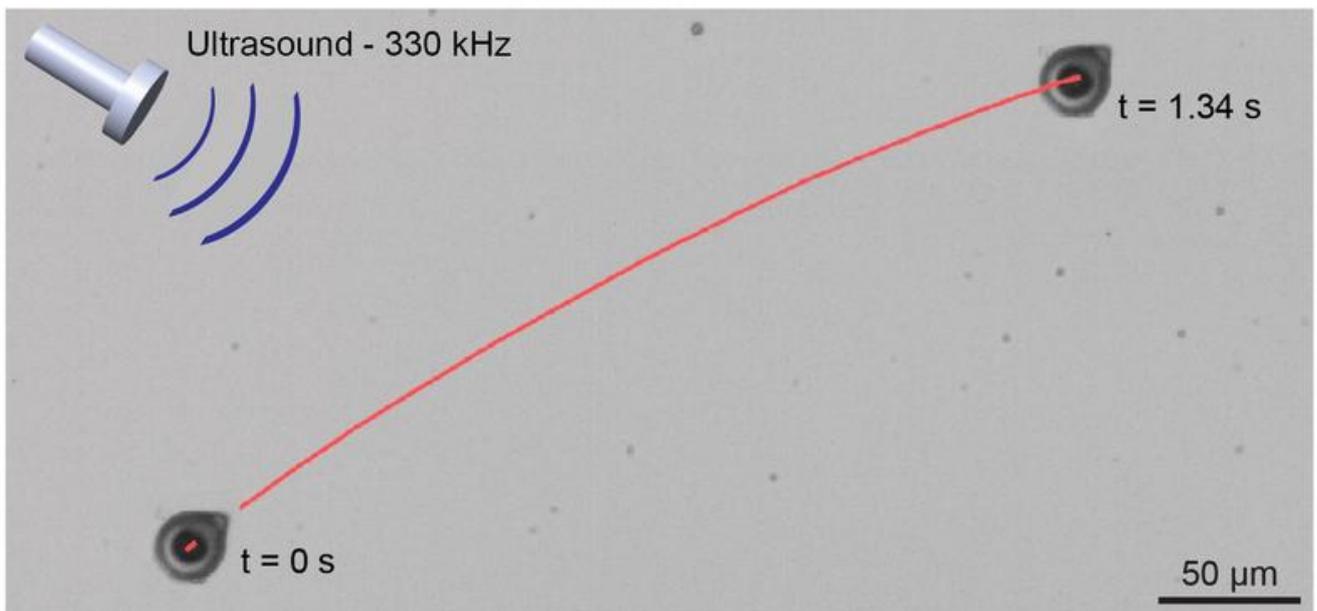
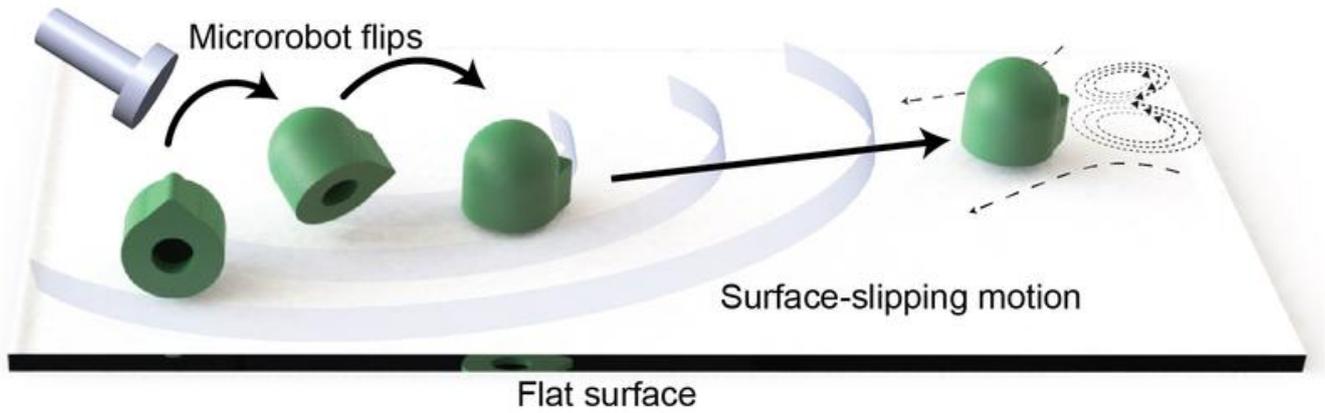
Professor Dr. Metin Sitti ist Direktor der Abteilung für Physische Intelligenz am Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme in Stuttgart. Sitti erhielt 1992 und 1994 seinen BSc und MSc in Elektrotechnik von der Boğaziçi Universität in Istanbul und 1999 seinen Dokortitel in Elektrotechnik von der Universität Tokio. In den Jahren 1999 und 2002 war er wissenschaftlicher Mitarbeiter an der University of California in Berkeley. In den Jahren 2002–2016 war er Professor am Department of Mechanical Engineering and Robotics Institute der Carnegie Mellon University in Pittsburgh, USA. Seit 2014 ist er einer der Direktoren am Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme.

Sitti und sein Team wollen die Prinzipien von Design, Fortbewegung, Wahrnehmung, Lernen und Steuerung von kleinen mobilen Robotern aus intelligenten und weichen Materialien verstehen. Die Intelligenz solcher Roboter beruht hauptsächlich auf ihrem physischen Design, ihrem Material, ihrer Anpassung und ihrer Selbstorganisation und nicht auf ihrer rechnerischen Intelligenz. Solche Methoden der physischen Intelligenz sind für kleine Milli- und Mikroroboter unentbehrlich, vor allem wegen ihrer inhärent eingeschränkten Rechen-, Antriebs-, Leistungs-, Wahrnehmungs- und Steuerungsmöglichkeiten an Bord. Sittis Zukunftsvision ist, dass seine neuartigen Kleinrobotersysteme eines Tages im Gesundheitswesen, in der Biotechnologie, in der Produktion oder in der Umweltüberwachung eingesetzt werden könnten.

URL zur Pressemitteilung: <http://Für Foto- und Videomaterial siehe: https://www.dropbox.com/sh/qnpuw8ir6occoea/AAA8unuxwSJv7io...QodmddOa?dl=o>

URL zur Pressemitteilung: <https://www.pnas.org/>

Anhang Mikroskopische Aufnahme des akustisch angetriebenen Mikroroboters mit einer eingeschlossenen sphärischen Luftblase im Inneren seines Körpers <http://idw-online.de/de/attachment79177>



Schematische Darstellung eines oberflächengleitenden Mikroroboters unter Ultraschallanregung (oben); Wegstrecke, die der Mikroroboter bei einem Ultraschall von 330 kHz zurücklegt (unten)
MPI für Intelligente Systeme