Vom Schmetterling abgeschaut: Intelligenter Antrieb für die Roboter der Zukunft

Datum	13.8.2026
Subjekt	Universität Stuttgart
Autor	Lena Jauernig
Telefon	+49 71168582122
Kontakt	Lena Jauernig Redakteurin Wissenschaftskommunikation / Wissenschaftlicher Nachwuchs - Profil-Seite +49 711 685 82122 - E-Mail schreiben Hochschulkommunikation Keplerstraße 7, 70174 Stuttgart - Weitere Informationen +49 711 685 82211 - E-Mail schreiben
Region	Nemecko
Kategorie	Technológie, Univerzity, Veda a výskum

Forschende der Universität Stuttgart und des Max-Planck-Instituts für Festkörperforschung entwickeln programmierbare Mikrorollen für Mikro- und Softrobotik. Als Vorbild diente der Saugrüssel von Schmetterlingen.

Forschende der Universität Stuttgart und des Max-Planck-Instituts für Festkörperforschung haben winzige Rollen entwickelt, die sich mit Hilfe eines Magneten kontrolliert ab- und aufrollen lassen. Die intelligenten Materialien ermöglichen die Entwicklung effizienterer Antriebstechnologien für die Mikro- und Softrobotik, einem wirtschaftlich hochrelevanten Forschungsgebiet. Die Ergebnisse sind in der Fachzeitschrift *Advanced Materials* erschienen.

Zur Publikation: http://doi.org/10.1002/adma.74544

Neue Robotersysteme machen zunehmend von sich reden: Mikroroboter sind extrem kleine Roboter mit potenziellen Anwendungen etwa in der Medizin oder Industrie. Gleichzeitig entwickelt sich die Softrobotik, die auf flexible Materialien setzt, um Roboter anpassungsfähiger und sicherer zu machen. Wie in der (makroskopischen) Robotik müssen auch in der Mikro- und Softrobotik Aktuatoren Bewegungen oder Greifer steuern. Da die Gesamtsysteme in der Mikrorobotik jedoch viel kleiner sind und sie in der Softrobotik elastisch verformbar sein müssen, entstehen völlig neue Anforderungen an die Komponenten eines solchen Systems. Diese Anforderungen lassen sich oft nur mit neuen Materialien verwirklichen. Hier setzte ein Team rund um Dr. Zaklina Burghard, Gruppenleiterin am Institut für Materialwissenschaft der Universität Stuttgart, an.

„Mikro- und Softrobotik benötigen Antriebselemente, damit robotische Systeme greifen oder sich bewegen können“, sagt Burghard. „Wir haben nicht nur ein Material entwickelt, das sich dafür eignet, sondern eine Technologieplattform, um dünne funktionale Schichten innerhalb von Sekunden in dreidimensionale Mikrorollen zu verwandeln. Diese Mikrorollen dienen dann als Antriebselement.“ Die nun vorgestellte Technologieplattform baut auf einer langjährigen

Forschungslinie von Burghard im Bereich bioinspirierter keramischer Materialsysteme auf.

Der Versuchsaufbau veranschaulicht ein mögliches Anwendungsszenario: Auf Grundlage der Mikrorollen könnten zukünftig neuartige, winzige Antriebselemente für die Mikro- und Softrobotik entwickelt werden – beispielsweise für Roboter-Greifarme.

Schmetterlingsrüssel als Vorbild

Inspiriert von der eleganten Rollbewegung der Saugrüssel von Schmetterlingen und der kompakten Schneckenform des aufgerollten Rüssels entwickelten die Forschenden dünne Keramikschichten aus Vanadiumpentoxid, in die sie magnetische Nanopartikel eines Eisenoxids einlagerten. Diese wandelten sie mithilfe eines einfachen mechanischen Prozesses in dreidimensionale Mikrorollen um.

Mit einer feinen Rasierklinge werden die Schichten kontrolliert vom Träger abgelöst. Die Rasierklinge übernimmt dabei eine ähnliche Funktion wie ein Hobel: Sie biegt die Schicht kontinuierlich, sodass sie sich innerhalb weniger Sekunden zu einer Mikrorolle aufwickelt. Nähert sich der aufgerollten Schicht ein Magnet, entrollt sie sich wieder sekundenschnell.

Anders als von konventionellen Keramiken gewohnt, sind dünne Keramikschichten nicht spröde, sondern elastisch. Möglich wird dies durch das bioinspirierte Design der keramischen Nano- und Mikrostruktur. Ihre hierarchische Architektur verleiht dem Material eine außergewöhnliche Flexibilität, ohne seine Stabilität zu verlieren.

Mikrorollen bewegen das 30-fache ihres Gewichts

Die Forschenden haben wenige Mikrometer breite Rollen hergestellt, die aufgewickelt nur einige hundert Mikrometer Durchmesser haben. Abgerollt sind sie bis zu 25 mm lang. In Experimenten erweisen sich die Rollen als sehr widerstandsfähig: Selbst nach 5.000 Zyklen funktionieren sie noch tadellos. Die keramischen Mikrorollen sind in der Lage, mehr als das 30-Fache ihres eigenen Gewichts zu bewegen. „Wir können die Mikrorollen auch flächig als programmierbare Matrix anordnen. Dann arbeiten mehrere Rollen simultan und koordiniert zusammen, um zum Beispiel das Anheben, Verschieben oder Bearbeiten eines Mikroobjekts möglich zu machen“, sagt Burghard.

Vanadiumpentoxid verwendete das Forschungsteam, weil es seit vielen Jahren einen Schwerpunkt von Burgards Forschungsarbeiten bildet und damit eine ideale Grundlage für die Entwicklung der neuen Technologieplattform bot.

„Der Antrieb ist für mich nur der Anfang“, sagt Burghard. „Die eigentliche Innovation ist die Technologieplattform. Wir wollen mit ihr künftig sowohl organische als auch anorganische magnetisch steuerbare Mikrorollen aus dünnen Schichten herstellen.“ Neben der Robotik wären solche programmierbaren Mikrosysteme auch für Elektronik, Sensorik, Energiespeicher und weitere multifunktionelle Mikrosysteme für verschiedene Anwendungsfälle interessant.

Die Natur als Inspirationsquelle für neue Materialien

Die Forschungsarbeiten an den Mikrorollen begannen im Rahmen eines DFG-Forschungsprojekts

unter der Leitung von Burghard. In diesem Rahmen entstand 2023 die Masterarbeit von Semi Kim, deren experimentelle Ergebnisse die Grundlage der nun veröffentlichten Studie bildeten. Anschließend wurde der Ansatz vom Forschungsteam umfassend weiterentwickelt.

Angesiedelt ist die Forschung in der Abteilung „Bioinspirierte Materialien“ des Instituts für Materialwissenschaften. „In unserer Abteilung verbinden wir Natur als Inspirationsquelle mit moderner Materialwissenschaft. Unsere Studierenden lernen, wie auf Basis physikalischer und chemischer Grundlagen durch Materialdesign, Fertigung und computergestützte Modellierung neuartige funktionelle Materialsysteme entstehen. Genau dieser interdisziplinäre Ansatz spiegelt sich auch in unserer Forschung wider. Unsere Arbeit verbindet bioinspirierte Konzepte, keramische Nanomaterialien, magnetische Funktionalität, Mechanik und Fertigung zu einer neuen Plattform für programmierbare Mikrosysteme“, sagt Burghard.

https://www.uni-stuttgart.de/universitaet/aktuelles/meldungen/Inspired-by-butterflies-smart-propulsion-for-the-robots-of-the-future