

Deutschlandfunk  
Forschung Aktuell

### **Schwimmende Korkenzieher**

Nanoroboter schrauben sich wie Bakterien vorwärts

Autor: Ralf Krauter  
Länge: 4'15'  
Sendedatum: 13. 10. 2009  
Redakteur: Gerd Pasch  
Gesprächspartner: Dr. Brad Kratochvil, Physiker, Postdoc,  
Institut für Robotik und intelligente Systeme,  
ETH Zürich

### **Moderation**

Winzige Maschinchen, die sich ferngesteuert im menschlichen Körper bewegen – das ist eine der Zukunftsvisionen, mit denen Nanotechnologen in den 1990er Jahren für Aufsehen sorgten. Denn solche schwimmenden Mini-U-Boote vom Format eines Bakteriums wären für medizinische Zwecke hoch interessant. Dass sie bis heute ein Wunschtraum geblieben sind, liegt auch daran, dass es extrem knifflig ist, Motoren für derartige Mikromaschinen zu bauen. Aufgrund ihrer Kleinheit sind völlig neue Antriebskonzepte gefragt. Züricher Forscher haben dazu der Natur in die Trickkiste geschaut – und einen Mikroroboter entwickelt, der sich wie ein Bakterium vorwärts schraubt. Ralf Krauter.

## Beitrag

### Autor

Die Bilder ähneln sich - und das ist kein Zufall. Auf der Webseite des Instituts für Robotik und intelligente Systeme der ETH Zürich sind Videoaufnahmen natürlicher und künstlicher Miniatur-Schwimmer zu sehen. Die natürlichen Schwimmer, das sind E-Coli-Bakterien, die sich mit spiralförmig wirbelnden Geißeln durch eine Nährlösung schrauben. Ihr technisches Pendant, bewegt sich verblüffend ähnlich. Es sind korkenzieherförmige Metallstrukturen, die sich flott und kontrolliert durchs Wasser quirlen.

**Zuspiel 1:** O-Ton Kratochvil, 00:50 – 01:05, 15s

*The devices are like a cylinder of 3 to 5 microns, maybe 10 to 30 microns long. Which puts us within a factor of a few of normal bacteria.*

### Autor

Die Abmessungen dieser Roboter ähneln denen eines Bakteriums, erklärt Dr. Brad Kratochvil. Sie haben einen Durchmesser von 3 bis 5 Mikrometern und sind etwa so lang, wie ein Haar dick ist. Die winzigen Korkenzieher sind das Ergebnis jahrelanger Bemühungen, immer kleinere schwimmende Maschinchen zu konstruieren.

**Zuspiel 2:** O-Ton Kratochvil, 01:05 – 01:40, 35s

*The way these things work is: We have a rotating magnetic field...*

### Übersetzer: Darüber

Wir benutzen ein rotierendes Magnetfeld. Der magnetische Kopf unserer spiralförmigen Roboter richtet sie automatisch längs zu diesem äußeren Feld aus – genau wie eine Kompassnadel im Erdmagnetfeld. Wenn man dieses externe Magnetfeld dann dreht, dreht sich auch der Roboter um seine Achse. Weil er so winzig ist, fühlt sich die umgebende Flüssigkeit für ihn extrem zäh an. Deshalb schraubt er sich förmlich hindurch und bewegt sich dadurch vorwärts.

*... The robot will actually kind of screw through the fluid as it moves along.*

### Autor

Es ist dieselbe Antriebsmethode, die auch viele Bakterien benutzen, die sich mit rotierenden Geißeln – den so genannten Flagellen - vorwärts bewegen. Dem natürlichen Vorbild zu Ehren haben die Züricher Robotikforscher ihre Erfindung deshalb „künstliche bakterielle Flagellaten“ getauft. Von Magnetspulen angetrieben und gesteuert, schrauben sie sich im ETH-Labor durch ein miniaturisiertes Schwimmbecken – und zwar mit beachtlichem Tempo, zumindest wenn man die Geschwindigkeit ins Verhältnis zu ihrer Größe setzt, betont Brad Kratochvil.

**Zuspiel 3:** O-Ton Kratochvil, 01:40 – 01:55, 15s

*With this we've been generating velocities of around 20 microns per second...*

### Übersetzer: Darüber

Wir schaffen 20 Mikrometer pro Sekunde, das entspricht etwa einer Körperlänge.

*... a body length per second currently. And we can control it fully in three dimensions.*

#### **Autor**

Durch Änderung des Magnetfeldes kann Brad Kratochvil die Metallspiralen auf Knopfdruck vorwärts, rückwärts und auf beliebigen Kurvenbahnen schwimmen lassen. Befinden sich mehrere im Testbecken, schrauben sie sich synchron durchs Wasser.

Für die Herstellung der winzigen Korkenzieher hat man sich in Zürich ein trickreiches Verfahren ausgedacht, um feinste Metallstreifen kontrolliert zu verdrillen. Das Prinzip ähnelt jener Prozedur, die aus einem flachen Geschenkband mit Hilfe einer Scherenklinge eine ansehnliche Spirale macht.

#### **Zuspiel 4:** O-Ton Kratochvil, 03:15 – 03:50, 35s

*Using this flat fabrication technology, you'll deposit multiple layers...*

#### **Übersetzer: Darüber**

Wir beginnen mit sehr dünnen metallischen Sandwich-Strukturen aus Indium und Gallium-Arsenid. Die Metallfilme werden so übereinander geschichtet, dass kleine Spannungen zwischen den einzelnen Lagen entstehen. Löst man sie von der Oberfläche ab, sorgen diese Spannungen dafür, dass sich die ursprünglich flachen Metallstreifen zu diesen schraubenförmigen Gebilden aufrollen.

*... they'll just naturally curl up and screw up.*

#### **Autor**

Ob die Schrauben-Schwimmer einmal von praktischem Nutzen sein werden – etwa um Medikamente zielgerichtet im Körper zu verteilen -, ist völlig ungewiss. Ein paar davon zu steuern, scheint heute machbar. Aber für medizinische Anwendungen reiche das wohl kaum, sagt Brad Kratochvil.

#### **Zuspiel 5:** O-Ton Kratochvil, 04:00 – 04:50, 20s

*The thing is with these devices: They are incredibly small...*

#### **Übersetzer: Darüber**

Diese Roboter sind unglaublich klein. Einer allein hat deshalb praktisch keine therapeutische Wirkung. Man wird deshalb nicht nur einen oder 10 kontrolliert bewegen müssen, sondern vermutlich hunderttausende.

*... but maybe hundreds of thousands of these things moving around in a controlled matter.*

#### **Autor**

Und das wiederum ist so kompliziert, dass es wohl noch lange Zukunftsmusik bleiben dürfte.