

Wissen

Mini-Maschine im Auge

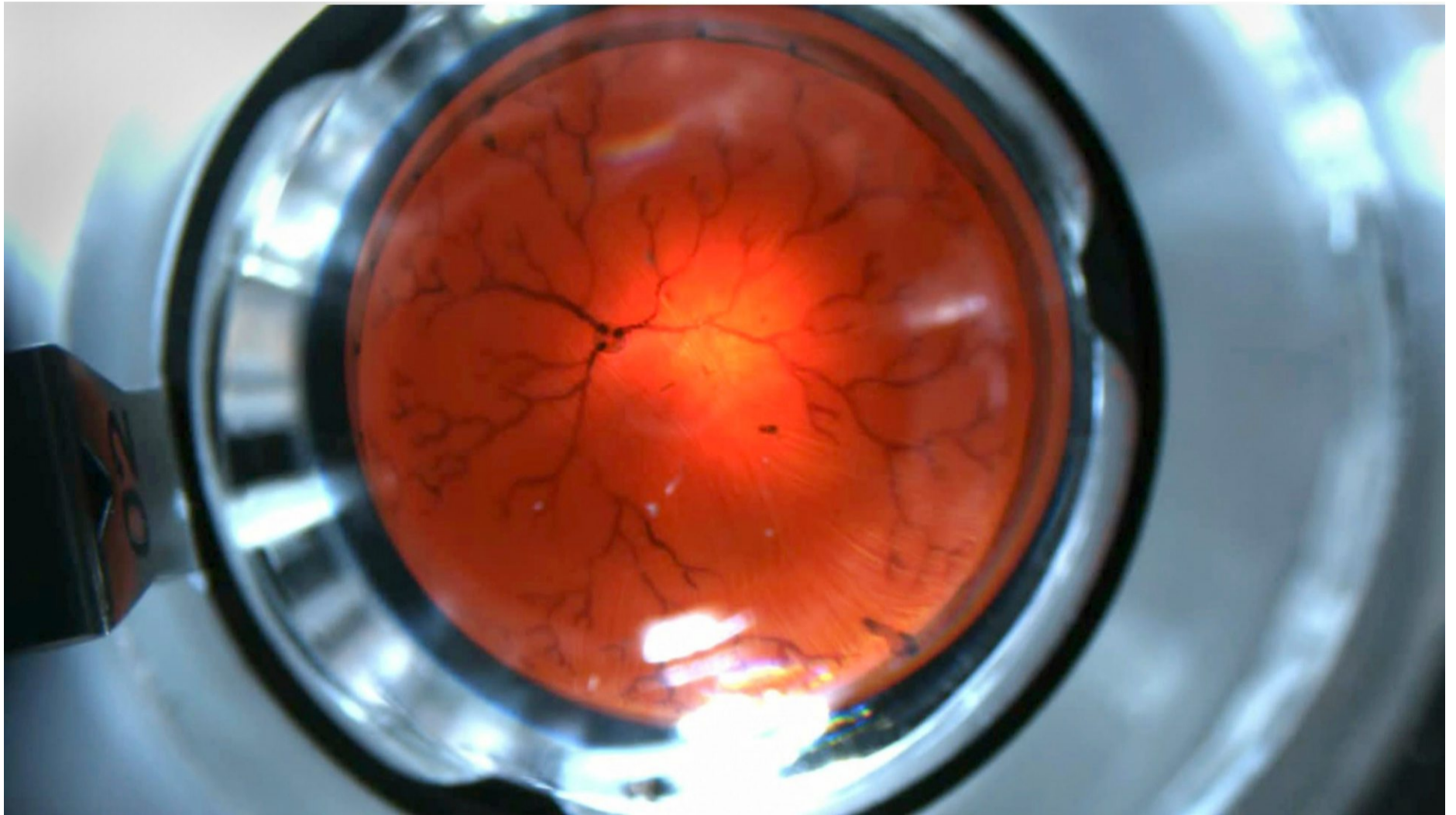
Medizintechnik ETH-Forscher entwickeln winzige Roboter, die sich ferngesteuert durch unseren Körper bewegen. Kürzlich haben sie auch den kleinsten Stent der Welt für Operationen am Ungeborenen hergestellt.

Barbara Reye

Um das Leben eines Wissenschaftlers mit einem tödlichen Blutgerinnsel im Gehirn zu retten, wird ein Ärzteteam samt U-Boot geschumpft und in die Blutbahn des Patienten injiziert. Diese Szene aus dem Science-Fiction-Film «Phantastische Reise» aus dem Jahr 1966 wirkt aus heutiger Sicht gar nicht mehr so abwegig wie damals – zumindest was das Minivehikel betrifft.

Denn rund ein halbes Jahrhundert später ist es bereits möglich, mit frei schwimmenden und drahtlosen Mikrorobotern an schwer zugängliche Stellen im Körper zu gelangen. So entwickelt das Team um Forscher Bradley Nelson von der ETH Zürich winzige Maschinen und Werkzeuge, die sich mithilfe eines externen Magnetfeldes von aussen präzise steuern lassen.

«Sie sollen helfen, direkt vor Ort zum Beispiel verstopfte Arterien zu öffnen, Krebszellen zu zerstören, Gewebeproben zu entnehmen oder Medikamente gezielt abzugeben», sagt Nino Läubli von der ETH Zürich, der an der «Scientifica» die neuen Forschungsergebnisse präsentieren wird. Solche minimalinvasiven Eingriffe seien schonender und hätten weniger Nebenwirkungen.



Der kleine Punkt in dem Modellauge, etwas unterhalb der Mitte rechts, ist ein Prototyp eines Mikroroboters mit einem Durchmesser von 0,3 Millimetern. Foto: ETH Zürich

Von der Natur inspiriert

Anfang Juli stellte Nelsons Gruppe unter anderem zusammen mit dem Kinderchirurgen Gaston De Bernardis vom Kantonsspital Aarau in der Fachzeitschrift «Advanced Materials» den kleinsten Stent der Welt vor, der sich von allein entfalten kann. Diese nur noch 0,05 Millimeter breite und einen halben Millimeter lange Gefässprothese ist dereinst dafür gedacht, Föten mit lebensgefährlichen Harnwegsverengungen bereits im Mutterleib zu behandeln.

Gemäss dem Experten wäre dieser frühe Eingriff besser, weil dadurch eine Schädigung der Niere weitestgehend verhindert werden könnte. Zurzeit werden solche Massnahmen meist erst kurz nach der Geburt durchge-

führt. Oft hat ein Rückstau des Urins beim Neugeborenen dann jedoch die Nierenfunktion schon stark beeinträchtigt. Grössere Prothesen werden bisher schon für die Behandlung von verengten Herzkranzgefässen verwendet, die allerdings zu gross für die Harnwege der Föten sind.

Um die durch die Miniaturisierung auftretenden technischen Probleme zu lösen, lassen sich die ETH-Forscher gern von der Natur inspirieren. Wie schaffen es Leukozyten auch gegen den Blutstrom? Oder wie genau bewegen sich die E.coli-Bakterien mit ihrer langen Geissel durch Flüssigkeiten fort?

«Wir versuchen, diese Tricks bestmöglich zu imitieren und auf

unsere Systeme zu übertragen», erklärt Läubli. Denn je kleiner ein Roboter werde, umso schwieriger sei es, ihn nur mithilfe des Magnetfeldes von aussen zu steuern und zu platzieren. Aus diesem Grund hätten sie von den Bakterien beispielsweise bereits gelernt, wie diese durch Rotation der Geissel vorwärtskämen. Diese Art der Fortbewegung wird nun durch einige Mikroroboter mithilfe eines rotierenden Magnetfeldes nachgeahmt.

Die ETH-Forscher stellen Mikroroboter her, die so winzig wie rote Blutkörperchen sind. Bereits 2012 erhielten die Zürcher Wissenschaftler einen Eintrag ins «Guinnessbuch der Rekorde» für den kleinsten medizinischen Ro-

boter. Ihren Rekord haben sie längst verbessert, da die «Maschine» inzwischen sechsmal kleiner ist.

Operation mit Joystick

Spezialisiert haben sich die Leute in Nelsons Labor auch auf miniaturisierte Roboter fürs Auge. Diese könnten nützlich sein, um etwa bei einer altersbedingten Makuladegeneration Wirkstoffe kontinuierlich abzugeben. Bisher müssen bei der herkömmlichen Therapie mehrmals Spritzen verabreicht werden.

Vor fünf Jahren konstruierten sie einen Prototyp, der nur einen Millimeter lang ist und einen Durchmesser von etwa 0,3 Millimetern hat. «Er wird ins Innere

des Augapfels gespritzt und danach über einen Joystick zum gewünschten Ort gelenkt», sagt Läubli. Dort könne das Medikament über einen längeren Zeitraum gezielt abgegeben werden.

Dass dies ohne Nebenwirkungen funktioniert und sich der Mikroroboter auch wieder problemlos entfernen lässt, hat die Forschergruppe um Nelson auch am Modellauge erfolgreich getestet. In drei bis fünf Jahren könnte die Methode so weit sein, dass sie im klinischen Versuch beim Menschen zum Einsatz käme, betont Läubli. Vielleicht seien ihre Roboter dann noch kleiner. Denn bereits heute seien sie schon zehnmals dünner als ein menschliches Haar.

Scientifica 2019

Forschende der Uni Zürich und der ETH Zürich entwickeln Strategien und Projekte, die heute noch nach Science-Fiction klingen, aber bald schon alltäglich sein könnten. An rund 50 Ständen, in Kurzvorlesungen, Workshops, Science-Cafés und Veranstaltungen vom Familienparcours bis zum Science-Slam werden wegweisende Technologien vorgestellt und aktuelle Gesellschafts- und Umweltfragen aufgegriffen. (red)

31.8., 13–19 Uhr; 1.9., 11–17 Uhr, UZH- und ETH-Hauptgebäude, Polyterrasse, Karl-Schmid-Strasse. www.scientifica.ch

Mit der virtuellen Brille zurück an den Tatort

Der 32-jährige Dominikaner wartete in einem Zürcher Internetcafé auf einen Drogenabnehmer. Er hatte knapp 100 Gramm Kokain in den Socken. Doch dann kam plötzlich alles anders. Sieben Polizisten betraten den Raum, darunter vier in Zivil. Als die Beamten den Mann verdächtigen und kontrollieren wollten, zückte er seine Pistole.

Ein Polizist schnappte sich ihn sofort, ein anderer zog die Dienstwaffe, und ein weiterer versuchte, die bewaffnete Hand des Dealers zu packen. Diesen ungewöhnlichen Fall vom August 2006 rekonstruierte Till Sieberth vom Institut für Rechtsmedizin der Universität Zürich zusammen mit Kollegen virtuell und wird ihn nun an der «Scientifica» zeigen. Der Täter wurde Ende 2008 zu mehrfach versuchten Mordes verurteilt.

Im Gerichtssaal hatte der Staatsanwalt damals schon aus-

gedruckte Bilder von computer-generierten 3-D-Rekonstruktionen, auf denen Aufenthaltsorte der beteiligten Personen sichtbar waren. Dadurch war es möglich, anders als mit einer fest installierten Videokamera den

Raum aus verschiedenen Perspektiven darzustellen. «Gleichzeitig haben wir auch noch die Schussbahnen grafisch integriert und somit die Ergebnisse der forensischen Ermittlungen sichtbar gemacht», sagt Till Sieberth.



Rekonstruierte Szene der Razzia von 2006. Foto: 3-D-Zentrum Zürich

Seit zwei Jahren macht das Zürcher Team des 3-D-Zentrums des Instituts für Rechtsmedizin der Universität Zürich und des forensischen Instituts der Stadt- und Kantonspolizei den Raum des Tatorts nun auch virtuell begreifbar. So können Zeugen, Kriminaltechniker oder Juristen sich erstmals auch mithilfe einer VR-Brille direkt an den Ort des Verbrechens beamen, dort ungestört herumlaufen und sich alles in Ruhe aus unterschiedlichen Blickwinkeln und Distanzen anschauen.

Digitalisierte Täter

Die 3-D-Digitalisierung von Personen, möblierten Räumen und Tatwaffen sei inzwischen so gut, dass sie sehr realitätsnah sei und zur Aufklärung von Kapitalverbrechen beitrage, sagt Michael Thali, Direktor des Instituts für Rechtsmedizin und Leiter der Virtopsy-Forschungsgruppe.

Momentan werde Virtual Reality schweizweit in fünf Fällen verwendet. Weil die Ermittlungen derzeit noch liefen, dürfe er dazu keine Details sagen.

Anders ist es mit der Razzia im Internetcafé, wo der überführte Dealer sieben Schüsse abfeuerte und mit einem Streifschuss einen Polizisten an der Hand verletzte. Die Zürcher Experten konnten den Tatort später 1:1 virtuell nachbauen, weil die Räumlichkeit kurz nach der Tat mit einem Laserscanner erfasst wurde und es auch Aufnahmen einer Überwachungskamera gab.

Seitdem hat die Technik enorme Fortschritte gemacht. Dies wird beim zweiten Fall deutlich, bei dem man unter anderem das Stoffmuster der Sofas sieht. Hier wird ein Mord in einem Zürcher Restaurant gezeigt, bei dem eine Zeugin zwar in der Nähe war, aber nur den Schuss gehört hatte. «Ein weiteres Demons-

trationsbeispiel», sagt Sieberth, das sich im Gegensatz zur Schieserei im Internetcafé aber nie ereignet habe, sondern eine fiktive Handlung für Schulungszwecke sei. Dass die Personen darin so echt und natürlich aussehen, liegt daran, dass man sie zuvor in einer Art Kabine mit 70 Digitalkameras aus unterschiedlichen Richtungen aufgenommen und die Bilder danach mit einer Software zusammengefügt hat.

«Dank raffinierter Hightech-Verfahren können wir in der Forensik immer mehr Fälle aufklären», sagt Thali. Spannend sei, wenn man alle neuen Methoden in Zukunft auch kombinieren könne und zum Beispiel bei einem flüchtigen Schwerverbrecher anhand der DNA-Analyse von Tatortspuren auch die Farbe von Augen, Haut und Haaren ermitteln dürfe.

Barbara Reye