



Nanorobotik

Auf Reisen durch die Blutbahn

Roboter, die gerade so groß sind wie ein Bit auf der Festplatte, sollen in Zukunft Krankheitsherde direkt vor Ort im menschlichen Körper bekämpfen. Erste Prototypen von Nanorobotik existieren bereits. Unser Autor ist sicher: Die Zwergentechnik wird unser Leben nachhaltig verändern.

Von Bernd Christoph Meisheit

Die Physik ist allgegenwärtig und sie wird auch die Medizin der Zukunft stark prägen: There is plenty of room at the bottom (in etwa „Es gibt viel Platz im Kleinsten“) konstatierte der Physiker und Nobelpreisträger Richard Feynman schon 1959 in seinem berühmten Vortrag zur Materie und meinte damit, dass noch vieles, was heute undenkbar scheint, möglich sein wird. Beispielsweise skizzierte Feynman bereits vor 60 Jahren die Grundzüge jener Methode, mit der heute Computerchips gefertigt werden. Der damals 41-jährige Teilchenforscher legte mit seinen Veröf-

fentlichungen den Grundstein der Nanotechnologie.

Möchte man sich ein Bild von Nanotechnologie machen, so ist es hilfreich, die Größe eines Nanos zu verstehen. Ein Nano ist ein milliardstel Teil eines Meters. Also, so klein wie ein Fußball im Vergleich zur Weltkugel ist, so winzig ist ein Nanoteilchen im Verhältnis zu jenem Fußball.

Mit diesen winzigen Einheiten arbeiten diverse wissenschaftliche Fachrichtungen wie Biologie, Chemie und Naturkunde. Auch im Maschinenbau wird

teilweise in diesen Größeneinheiten gedacht. Durch das Zusammenwirken der genannten unterschiedlichen Disziplinen innerhalb des Gesundheitswesens können revolutionäre Neuerungen im Bereich der Nanotechnologie umgesetzt werden. Eine vereinfachte Definition von Nanotechnologie ist die Manipulation von Atomen und Molekülen, um Maschinen auf Nanoniveau zu entwickeln. Diese Maschinen wiederum sind aufgrund ihrer Winzigkeit in der Lage, beispielsweise Krebszellen mit biomolekularen Werkzeugen zu zerstören, oh-

Foto: Gettyimages/MARK GARLICK/SCIENCE PHOTO LIBRARY

ne dass eine größere Operation notwendig ist. Schon heute können inoperable Gehirntumore via Nanopartikel behandelt werden. In diesem Zusammenhang ist der Begriff Magforce Nanopartikel-Tumor-Therapie geläufig.

Dichtung und Wahrheit

Science-Fiction-Filme stellen Nanobots gerne als kleine Maschinen mit tentakelartigen Greifarmen dar oder als winzige, gerade noch sichtbare Kapseln, die sich vorzugsweise auf dem Finger eines Chirurgen mit Handschuh befinden. Doch mit der Realität hat das nichts zu tun. Denn für medizinische Zwecke müssten Miniaturmaschinen so klein sein, dass sie durch eine Kapillare passen, also maximal fünf bis zehn Mikrometer im Durchmesser. Genau genommen müssten die Science-Fiction-Bots sogar klein genug sein, um sich zwischen den Zellen der Kapillaren hindurch in das durchblutete Gewebe zu

zwängen, um dort etwas auszurichten. Sonst blieben sie stecken und würden mehr Unheil anrichten als sie heilen können. Ein Szenario wäre das Herbeiführen von Infarkten.

Nanobots, auch Nanoroboter oder Naniten genannt, sind miniaturisierte Roboter. Die umfassende Basis bildet eine Hülle, in die sozusagen alles hineingepackt wird. Im übertragenen Sinn wird ein Bewegungsapparat mit Muskeln und Gelenken, zusammengehalten durch Haut, geschaffen. Darüber hinaus ist eine Energiequelle notwendig, um die Maschinen zu betreiben. Zusätzlich bedarf es Sensoren, um die Umgebung zu erfassen und um Bewegungen zielgenau ausführen zu können. Doch das eigentliche Ziel beim Einsatz von Nanobots, also Robotern, die gerade so groß sind wie ein Bit auf der Festplatte, ist die Übertragung einer Aufgabe, die es zu erfüllen gilt. Beispielsweise eine Krebszelle in unserem Körper erkennen und abtöten oder Medikamente zum Zielorgan transportieren.

Nanoroboter, die sich autonom über die Blutbahn durch den menschlichen Körper bewegen, werden bereits von Bioingenieuren entwickelt. Sie sollen in Zukunft dafür Sorge tragen, Krankheitsherde direkt vor Ort zu bekämpfen. Es existieren bereits erste Prototypen von Nanobots, die sich exakt steuern lassen: Sie könnten einen pharmazeutischen Wirkstoff gezielt zu einem kranken Organ transportieren und ihn dort präzise freisetzen.

Enorme Fortschritte in der Forschung

Nanowissenschaftler haben in den vergangenen fünf Jahren enorme Fortschritte bei der Entwicklung medizinischer Nanobots gemacht. Wenn es nach den Entwicklern ginge, sollten diese technischen Miniaturkörper sogar sehr zeitnah Menschen vor infektiösen Krankheiten schützen oder gar Krebs heilen. „Unsere Nanobots können Krebszellen zum Selbstmord bringen

HÖRENSWERT

Der BibliomedManager-Podcast



Hören Sie in unserer aktuellen Folge:

 **Die Zukunft der DRG**
Die stehen in der Kritik.
Eine Abschaffung wäre jedoch keine Lösung, sagt Gesundheitsökonom Andreas Beivers im Podcast mit BibliomedManager.

NEU

Sie finden uns unter
www.bibliomedmanager.de/podcast,
Spotify und iTunes.

Foto: GettyImages.com/Sebastian Leesch/EyeEm

oder Zellen des Immunsystems dazu anregen, Erreger zu attackieren“, sagt Shawn Douglas, Nanoroboter an der Universität von Kalifornien in San Francisco. Tatsächlich ist es Douglas und seinen Kollegen gelungen, solche Nanobots herzustellen.

Auch durch transatlantische Kooperationen wie zwischen der „Chinese Academy of Science“ und der „Arizona State University“ konnten vielversprechende Fortschritte bei der Entwicklung von Nanobots erzielt werden. Die entwickelten Bots haben die Funktion, die Blutzufuhr zu Tumoren zu verschließen. Dies führt folglich zu einer steten Verkleinerung der Tumore und letztendlich zum Absterben. Bisherige Versuche an Mäusen sind sehr erfolgreich verlaufen. Als eine Nummer größer kann Shawn Douglas' Vision beschrieben werden: „Das Immunsystem ist ein programmierbares System. Es führt ständig Programme aus, um den Körper vor Krankheiten zu schützen.“

Allerdings beruhen diese innermenschlichen Programme auf Zufallssimulationen in den Immunzellen. Mit jeder Mutation entsteht ein modifizierter Typ von Antikörpern, mit denen das Immunsystem verschiedenste Erreger erkennen, markieren und dann effektiv bekämpfen kann. Allerdings lassen sich nicht alle Erreger erfolgreich bekämpfen – wie beispielsweise HIV. Daher folgten Douglas sowie seine Kollegen Bachelet und Church der Idee, DNA-Nanobots mit spezifischen Antikörpern zu versehen. Das Forschertrio hat es auf diese Weise geschafft, T-Zellen des Immunsystems auf ausgewählte Erreger gleichsam abzurichten. Dadurch ist es erstmals gelungen, das Immunsystem direkt umzuprogrammieren. Das ging bisher nur durch genetische Manipulationen von Immunzellen im Labor, die Patienten dann wieder injiziert wurden.

Weitere Wissenschaftler folgen einem anderen Ansatz: Sie entwickeln Nanopropeller mit einer speziellen Beschichtung, die es ermöglicht, dass Nanobots von außen durch dichtes Gewebe wie dem Glaskörper eines Auges gesteuert werden können. Bisher war es zwar möglich, Mikroroboter durch Modellflüssigkeiten zu bewegen, nicht aber durch echtes Gewebe. Das internationa-

le Forscherteam ist damit dem Ziel einige Schritte nähergekommen, Nanoroboter minimalinvasiv zu nutzen. Eines Tages, so das eigentliche Ziel, sollen Medikamente an die Körperstellen transportiert werden können, wo sie gebraucht werden – ohne einen größeren operativen Eingriff vornehmen zu müssen. Veröffentlicht wurde die Forschungsarbeit im Fachjournal *Science Advances*.

Auf die Entwicklung von Nanobots wird weltweit ein stetig größer werdender Fokus gelegt. Mittlerweile wurde an der ETH Zürich in der Schweiz sogar der Studiengang *Nanorobotics* etabliert. Denn nahezu unbegrenzt scheinen die Möglichkeiten der Nanotechnologie zu sein: Auch für die Heilung von Organschäden und die Herstellung von Spenderorganen soll die Nanotechnologie künftig Erfolg versprechende Alternativen bieten. Wissenschaftler der *Wexner Medical Center Ohio State University* und des *Ohio State College of Engineering* haben die Entwicklung eines Apparats verfolgt, der kranke Organe heilen kann, indem ein Eingriff gezielt Zellfunktionen verändert. Bei diesem Eingriff bekommt eine Hautzelle einen neuen genetischen Code injiziert, was wiederum die Zellstruktur beeinflusst und letztendlich zur Regeneration der beschädigten Zelle führt.

Wunsch oder Wirklichkeit?

Die genannten Forschungsprojekte sind nur ein kleiner, aber bereits vielversprechender Ausschnitt aktueller Entwicklungen der Nanotechnologie. Wer weiß, vielleicht kann die Nanotechnologie in Zukunft zu einer krankheitsfreien Gesellschaft führen. Nanobots würden dann zu einem festen Bestandteil unseres Körpers werden, der permanent in unseren Blutbahnen Kontrollen ausführt, Fehlerquellen in Zellstrukturen diagnostiziert und direkt repariert.

Es gibt sie bereits, die Heilsversprechen und Visionen der Wissenschaftler, die künftige Nanobots prophezeien und uns von sämtlichen Krankheiten heilen können. Wann dieser Wunsch zur Wirklichkeit wird, ist Spekulation. Doch sicher wird die kommende „industrielle“

Revolution durch die Zwergentechnik unser Leben und unsere Realität nachhaltig verändern. Wie immer gilt jedoch: Wo sich neue Chancen bieten, lauern auch neue Gefahren. Insbesondere seit der Industrialisierung hat der Mensch das enorme Tempo erfahren, wie schnell neue Technologien unser Leben verändern können. Neue Technologien haben das Leben und Zusammenleben ganzer Gesellschaften grundlegend verändert – im positiven wie negativen Sinne. Vor diesem Hintergrund müssen wir uns vergegenwärtigen, dass wir dafür verantwortlich sind, diverse Szenarien vorab zu berücksichtigen, um Schäden zu begrenzen oder sogar die Vorteile zu maximieren. Der Diskurs über ethische und soziale Dimensionen der Nanotechnologie – die sogenannte Nanoethik – ist deshalb entscheidend, um ihre Entwicklung zu lenken.

Bernd Christoph Meisheit
Geschäftsführer
Sana IT Services GmbH
E-Mail: berndchristoph.meisheit@sana.de