

## ..DNA-ORIGAMI FÜR DEN NANO- MASCHINENBAU

OSAMU TABATA  
EXTERNAL SENIOR FELLOW  
SCHOOL OF  
SOFT MATTER RESEARCH



„There is plenty of room at the bottom“, sagte der Physiker und Nobelpreisträger Richard Feynman 1959 bei einem Vortrag vor der Amerikanischen Physiker-Gesellschaft, und er meinte die schier unendlichen Möglichkeiten, die sich im Kleinen verbergen. Rund fünfzig Jahre später greifen Forscherinnen und Forscher immer tiefer in den mikro- und nanoskopischen Kosmos ein und machen sich die widerspenstigen Kräfte zwischen Molekülen und Atomen zunutze, um Maschinenparks von der Größe eines Stecknadelkopfes zu bauen. Lassen sich diese Mikroelektromechanischen Systeme (MEMS) oder Mikromaschinen, wie sie etwa in Automobilen, Mobiltelefonen, Videospielen, Lab-on-a-Chip-Anwendungen oder chemischen Sensoren Verwendung finden, noch verbessern oder gar auf eine neue Stufe der Qualität heben? Osamu Tabata, External Senior Fellow der School of Soft Matter Research, ist einer der Vorreiter der MEMS und hat sich in den letzten Jahren einer alten Science-Fiction-Phantasie zugewandt: Der Verschmelzung von Maschine und Leben.

Biologische Elemente wie etwa Zellen, Rezeptorproteine, Enzyme oder DNA haben erstaunliche Eigenschaften, sie können zum Beispiel einzelne Moleküle erkennen, Lichtenergie leiten oder chemische Reaktionen katalysieren. „Lassen sie sich als Bauteile für die nächste Mikroelektronik-Generation wie Computerprozessoren, Sensorsystemen, MEMS und anderen Mikromaschinen nutzen?“, fragt Tabata, Professor in der Abteilung für Mikroingenieurwissenschaften der Universität Kyoto. „Und wie schafft man es, sie mit mikroelektronischen Systemen zu kombinieren?“ Tabata ist sicher, dass die Bio-Nanotechnologie die Zukunft der menschlichen Ingenieurskunst prägen wird, auch wenn er momentan noch die Grundlagen erforscht. Aber es sind solche Visionen, die seine Forschung von Anfang an angetrieben haben, in einer Zeit, als es die Bezeichnung „Mikroelektromechanische Systeme“ nicht einmal gab.

Schon in den frühen 1980ern war es die Verschmelzung von Technik und Biologie, die den 1956 geborenen Japaner fesselte. Während seines Master-Studiums am Nagoya Insti-

tut für Technologie stieß er auf eine Publikation, die beschrieb, wie ein mit Mikroelektroden gekoppeltes Silikonplättchen half, Nervenimpulse im gelähmten Arm eines Patienten wieder in elektrische Signale umzuwandeln, die die Bewegung eines künstlichen Arms kontrollierten. Das faszinierte ihn derart, dass er nach seinem Diplom 1981 eine Doktorarbeit in den Toyota Central Research and Development Laboratories Inc. in Aichi/Japan begann, wo es genau um solche Mikrosysteme ging, die mit elektrischen und mechanischen Bauteilen operierten. „In diesem noch vollständig neuen Gebiet konnte man damals als junger Forscher entscheidende Impulse setzen“, erinnert Tabata sich. In den folgenden Jahren prägte er das Feld und half, die MEMS als eigenständiges Gebiet in den Ingenieurwissenschaften zu etablieren. Heute ist die Technologie, die inzwischen neben mikroelektronischen und mikromechanischen Phänomenen auch etwa Prinzipien der Mikrofluidik nutzbar macht, aus vielen Industriezweigen nicht mehr wegzudenken.

Tabata indes hat sich vor einigen Jahren wieder in eine Terra incognita gestürzt. Denn zwar gibt es neben dem Top-Down-Ansatz der MEMS – also dem Prinzip der Verkleinerung von makroskopischen Systemen mithilfe von Mikrosystemtechnologie – auch den Bottom-Up-Ansatz der Synthetischen Biologie, der auf der Selbstassemblierung von Atomen oder Molekülen beruht. Aber obwohl Biologen inzwischen zum Beispiel funktionelle Sensorsysteme aus Zellbausteinen konstruieren können, gibt es wenige Anstrengungen, die zwei Welten zu kombinieren. „Hier kann man sehr

viele neue Dinge beitragen und das hält jung“, sagt Tabata. Sein FRIAS-Projekt trägt den Titel „Konfigurierbare Selbst-Assemblierung von funktionellen Blocks aus DNA“. DNA ist ein hervorragender Baustein für MEMS-Anwendungen, denn es ist Gerüstmolekül und funktionelles Element zugleich.

„Man kann nanobiotechnologische Methoden anwenden, um aus DNA-Molekülen funktionelle Blöcke in der Größenordnung von Nanometern zu bauen, die aufgrund der spezifischen Eigenschaften der Nanomaterialien eine Vielzahl von verschiedenen chemischen und physikalischen Reaktionen ausführen können“, erklärt Tabata. Eine Technik, die Tabata und seine Mitarbeiter sich in jahrelanger Arbeit angeeignet haben, ist die sogenannte DNA-Origamitechnik, bei dem die Forscher lange DNA-Stränge mit Hilfe vieler kurzer DNA-Fragmente zu zweidimensionalen Schleifen und weiter zu komplexen dreidimensionalen Gerüsten falten können. Diese komplizierte Labortechnik hat einen entscheidenden Vorteil gegenüber anderen heute bekannten Techniken zur Herstellung von nano- und mikroskopischen Architekturen mit funktionellem Charakter: im Vergleich zum Beispiel zu einer Elektronenstrahl-Lithographie-Anlage kostet DNA-Origami nicht gleich zehn Millionen Dollar und füllt nicht einen ganzen Raum aus. „Man kann relativ billig ein mikroskopisches Plättchen aus dem Erbmolekül herstellen, das dann in Kombination mit Nanomaterial aus Metall beispielsweise Licht auffangen, übertragen und abgeben kann“, stellt Tabata fest, der in Freiburg mit der

Arbeitsgruppe von Jan G. Korvink, Direktor und Internal Senior Fellow der School of Soft Matter Research, kooperiert.

Die funktionelle Vielfalt eines einzelnen Plättchens ist gering, erst in der Kombination verschiedener solcher Blöcke werden komplexe und nützliche Eigenschaften wie etwa das Erkennen und Quantifizieren bestimmter Molekülkombinationen oder die Leitung und Verarbeitung von Lichtenergie möglich. Letzteres könnte in Zukunft zur extrem schnellen Informationsweiterleitung und -verarbeitung in Nano-Computerchips führen und die heute übliche und wesentlich langsamere Technologie auf der Basis von Elektronenströmen ablösen. „Darum versuchen wir zurzeit Wege zu finden, verschiedene DNA-Blöcke untereinander zu funktionellen Einheiten zu verbinden“, sagt Tabata, der wieder einmal voller Begeisterung auf wissenschaftlichem Neuland arbeitet. (mm)

Directed Self-Assembly  
of Nano Components

