

Basteln und stricken mit DNA

Der Münchner Biophysiker Hendrik Dietz lässt aus Erbsubstanz komplexe Formen entstehen /

Ziel sind Nanomaschinen

Von Brigitte Röthlein

Hendrik Dietz konzentriert sich immer auf das Wesentliche. Das erkennt man beispielsweise daran, dass er sich nicht die Mühe macht, seine Tafel erst abzuwischen, bevor er etwas Neues darauf schreibt. Er schreibt einfach auf die volle Tafel, und seine Augen blenden das Gewirr im Hintergrund völlig aus.

Diese Konzentrationsfähigkeit trug sicherlich mit dazu bei, dass der 31-jährige Physiker 2009 zu einem Shootingstar der Biophysik-Szene wurde. Er hat die Fachwelt verblüfft mit neuen Methoden und Erkenntnissen, die er in seiner Postdoc-Zeit in an der US-Universität Harvard entwickelt hat; im vergangenen Sommer wurde er daraufhin der jüngste Professor am Physik-Department der Technischen Universität München.

Was die Fachwelt so elektrisiert hat nennt er selbst leicht ironisch „Basteln und Stricken auf der Nanoskala“ (milliardstel Meter). In nur zweijähriger Arbeit gelang es ihm und seinen Harvard-Kollegen William M. Shih und Shawn M. Douglas, aus DNA – der Desoxyribonukleinsäure, aus der auch unsere Gene bestehen – in großen Mengen allerlei winzigste Figuren herzustellen: kleine Ziegelsteine, Bälle, Zahnräder, gerade und verbogene Bänder und andere, zum Teil recht komplizierte Strukturen.

Was zunächst wie eine mehr oder weniger nutzlose Spielerei aussieht, diente der Entwicklung des Verfahrens. Nun, seit dieses automatisiert zur Verfügung steht, ist es ein mächtiges Werkzeug, mit dem man Strukturen im Nanomaßstab herstellen kann, die für bestimmte praktische Zwecke hilfreich sind.

Das Ziel des jungen Forschers ist es, aus Aminosäuren, den Bestandteilen der Proteine, kleine Werkzeuge zu bauen, die bestimmte Funktionen ausüben oder bestimmte Stoffe herstellen können. In lebenden Zellen gibt es das zuhauf: beispielsweise das Kinesin, das wie ein molekularer Lastwagen die Kontraktion von Muskelfasern verursacht, oder Enzyme wie die ATP-Synthase, die ATP, den Treibstoff der Zelle, herstellt.

„Jeden Tag synthetisieren diese Moleküle in jedem von uns rund 50 Kilogramm ATP“, sagt Dietz, und seine hellblauen Augen strahlen vor Begeisterung. „Da ist eine wahnsinnig wertvolle Technologie versteckt, und es würde sich lohnen, sie nachzuahmen.“

Allerdings ist es sehr schwer, auf dieser winzigen Größenskala mit Proteinen zu arbeiten, sie sind zu komplex in Gestalt und Funktion. Dietz suchte deshalb nach ei-

ner anderen Möglichkeit, wie er die gewünschten Nanowerkzeuge bauen könnte. DNA war der Schlüssel dazu. Deren Moleküle sind kettenförmig, regelmäßig und stabil und vor allem sehr gut erforscht. Seit James Watson und Francis Crick 1953 ihre Struktur als Doppelhelix aufgeklärt haben, experimentieren Heerscharen von Biologen mit den Molekülen. Man kennt ihre Struktur genau und weiß, wie sie sich unter bestimmten Umständen verhalten. Warum sollte man sie also nicht als Baumaterial verwenden?

Schon 1991 hatten die Forscher Junghuei Chen and Nadrian C. Seeman einen ersten Schritt in diese Richtung veröffentlicht. Die beiden hatten einen winzigen DNA-Würfel erzeugt. Danach gab

es eine Reihe kleinerer Fortschritte, „aber im Jahr 2006 kam wirklich eine Revolution“, so Dietz. Paul W. K. Rothmund vom Cal-

tech in Kalifornien gelang es damals, mit DNA Formen zu erzeugen. Er demonstrierte sie mit Smiley-Faces und einer Karte von Nord- und Südamerika im Nanomaßstab. Der Nachteil dieser Objekte: Sie waren nur zweidimensional, also flache Muster auf einer Unterlage.

IN DER NANOWELT

Konstruktionen im Nanobereich organisieren sich aus Erbgutstücken (DNA) selbst.

Vereinfacht betrachtet besteht die DNA (Desoxyribonukleinsäure) aus einem Rückgrat, an dem sogenannte Basen hängen. Von diesen Basen gibt es vier Varianten. Jeweils zwei dieser Varianten passen zueinander. Deshalb können sich je zwei DNA-Stränge, deren Basen zueinander komplementär sind, miteinander verbinden. Sie bilden die Doppelhelix, aus der unsere Gene bestehen – oder auch künstliche Strukturen.

tech in Kalifornien gelang es damals, mit DNA Formen zu erzeugen. Er demonstrierte sie mit Smiley-Faces und einer Karte von Nord- und Südamerika im Nanomaßstab. Der Nachteil dieser Objekte: Sie waren nur zweidimensional, also flache Muster auf einer Unterlage.

Als Hendrik Dietz erfuhr, dass der Biologe William Shih an der Harvard Medical School dreidimensionale Objekte aus DNA fertigen wollte, schloss er sich 2007 dessen Forschungsgruppe an. Zusammen mit dem Informatiker Shawn Douglas gelang den Wissenschaftlern in den nun folgenden zwei Jahren der Coup. Sie „tuckerten“ einsträngige, von Viren hergestellte DNA, die sie „Rückgrat“ nennen, mit winzigen,

künstlich produzierten DNA-Schnipseln, den sogenannten „Klammernmolekülen“, so zusammen, wie sie es vorher programmiert hatten.

Das Wunder geschieht im Reagenzglas: „Man stellt alle benötigten Teile her, gibt sie zusammen, erwärmt, schüttelt und schaut, was dabei herauskommt“, so Dietz. Wie ein Puzzle, das sich selbst zusammensetzt, entstehen durch Selbstorganisation die kleinen Objekte, und zwar viele Millionen gleichzeitig. Unter dem Elektronenmikroskop kann man ihre Form erkennen und kontrollieren, ob alles geklappt hat.

Im Lauf der Zeit sammelten die Forscher immer mehr Erfahrung im Umgang mit ihrem Baumaterial, und so gelang es, die Vorschriften für das Zusammenbauen der DNA zu systematisieren und als Computerprogramm zu speichern.

„Wir haben jetzt ein Regelwerk, mit dem man die kleinsten DNA-Bausteine programmieren kann. Man kann sie nach Belieben zusammenfügen wie Legosteine“, sagt Dietz. Selbst das Erzeugen von Kurven und Rundungen hat der Forscher inzwischen systematisiert.

Die Öffentlichkeit staunte, und Fachkollegen waren voll des Lobes: Thomas H. LaBean von der Duke University in North Carolina kommentierte den Artikel euphorisch in Nature, die Arbeit stelle „eine dritte Revolution in der DNA-Nanotechnologie dar“ und eröffne eine „neue Dimension in der DNA-Kunst“.

Und die Wissenschaftler Yan Liu and Hao Yan von der Arizona State University schrieben ebenso begeistert in Science: „Es ist, als ob die DNA Yoga-Übungen erlernt hätte, um eine Vielzahl unterschiedlicher Haltungen im Nanomaßstab einzunehmen.“

Dietz selbst entschloss sich, zurück nach Deutschland zu gehen. Neben praktischen Anwendungen seiner Nanoobjekte etwa für die Mikroskopie oder die Grundlagenforschung verfolgt er nun an der TU München nach wie vor sein großes Ziel: Er will Proteine bauen, die bestimmte Aufgaben in Zellen erledigen – etwa Poren in der Zellhülle zu öffnen und zu schließen –, oder chemische Stoffe herstellen, indem sie auf atomarer Ebene die Reaktionsbestandteile in die richtige Form pressen und so zur Reaktion zwingen. So will er versuchen, es der Natur gleichzutun oder vielleicht sogar ein wenig besser zu sein.



TU MÜNCHEN