



PRESSEINFORMATION

FORSCHUNG

Elastizität von Zellbausteinen erklärt Grundlagen für Biomachines

Luise Dirscherl (Leitung)

Telefon +49 (0)89 2180 - 2706
Telefax +49 (0)89 2180 - 3656
dirscherl@lmu.de

Infoservice:
+49 (0)89 2180 - 3423

Geschwister-Scholl-Platz 1
80539 München
presse@lmu.de
www.lmu.de

München, 16. Januar 2008 — Sie spielen für viele Zellfunktionen eine wichtige Rolle: Mikrotubuli, stabförmige Zellbausteine. Ihr elastisches Verhalten können Wissenschaftler der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) München, der University of Texas und des European Molecular Biology Laboratory in Heidelberg jetzt physikalisch erklären. Das gelang den Forschern, zu denen auch Professor Erwin Frey vom Department für Physik der LMU gehört, mit einer Kombination aus eleganten Einzelmolekülexperimenten und einem neuen theoretischen Modell, das den molekularen Aufbau der Strukturen berücksichtigt. Die Ergebnisse, die auch für die Entwicklung biologischer Maschinen bedeutsam sein können, wurden in der aktuellen Ausgabe von „Physical Review Letters“ veröffentlicht.

Mikrotubuli sind stabförmige Proteinbausteine des Zytoskeletts, also des Grundgerüsts biologischer Zellen. Sie kommen in verschiedenen Größen und Architekturen vor und spielen eine entscheidende Rolle für viele Zellfunktionen. Als molekulare Zugseile sind sie bei der Zellteilung von großer Bedeutung und dienen gleichzeitig als molekulare Schienen dem Transport von Substanzen.

Um die Funktionsweise dieser Strukturen zu erklären, ist das Verständnis ihrer elastischen Eigenschaften unabdingbar. Bisher wurde dafür ein Modell verwendet, bei dem man von homogenen, isotropen Stäben ausgeht, die einzig und allein durch ihre Biegefestigkeit charakterisiert werden. Man spricht vom „Wormlike Chain“-Modell, auf deutsch etwa: „wurmartige Kette“. Der theoretische Physiker Professor Erwin Frey hat nun zusammen mit Kollegen von der University of Texas und dem „European Molecular Biology Laboratory“ in Heidelberg gezeigt, dass dieses Standardmodell das elastische Verhalten von Mikrotubuli nicht ausreichend erklärt. So kann man beobachten, dass längere Stäbe steifer sind als kurze, was nicht mit dem „Wormlike Chain“-Modell zu beschreiben ist. Den Wissenschaftlern gelang nun die Entwicklung eines neuen Modells, das die molekulare Struktur der Mikrotubuli berücksichtigt.

Kommunikation und Presse

Telefon +49 (0)89 2180 - 2706
Telefax +49 (0)89 2180 - 3656
dierscherl@lmu.de

Infoservice:
+49 (0)89 2180 - 3423

In Wirklichkeit handelt es sich dabei nämlich um Röhren mit einem Durchmesser von etwa 25 Nanometern, die ihrerseits aus kleinen parallel angeordneten Stangen gebildet werden, so genannten Protofilamenten, die sich gegeneinander verschieben lassen. Zwischen diesen aus winzigen kugelförmigen Proteinen bestehenden Stangen treten molekulare Reibungs- und Federkräfte auf. Eine Verbiegung solcher Strukturen kann man sich in etwa wie das Biegen eines Buches vorstellen, bei dem die Seiten aneinander entlang gleiten.

Zur Beschreibung der elastischen Eigenschaften solcher hierarchischer molekularer Architekturen haben Frey und seine Mitarbeiter Heussinger und Bathe eine neue vereinheitlichte Theorie der „Wormlike Bundles“ entwickelt, bei der die Reibungs- und Federkräfte berücksichtigt werden. Mikrotubuli repräsentieren dabei nur eine Variante aus einer breiten Klasse bündelartiger Strukturen, die sich mit der Theorie beschreiben lassen, zum Beispiel auch Kohlenstoff-Nanoröhren.

Die Wissenschaftler haben zur Überprüfung ihrer Theorie im Labor die thermischen Fluktuationen von Mikrotubuli analysiert. Dazu haben sie diese mit Fluoreszenzmarkern versehen und anschließend die Marker unter dem Mikroskop beobachtet. Aus dem gemittelten Versatz beim Verbiegen konnte die Relaxationszeit berechnet werden, also die Zeit bis zur Rückkehr in die Ausgangslage – eine wichtige Kenngröße der elastischen Eigenschaften. Bei kurzen Mikrotubuli mit einer Länge L unter zehn Mikrometern stieg die Relaxationszeit quadratisch mit L an. Nach dem bisher verwendeten „Wormlike Chain“-Modell erwartet man aber eine Proportionalität zur vierten Potenz der Länge. Die quadratische Abhängigkeit kann nur mit dem neuen „Wormlike Bundle“-Modell erklärt werden. Bei noch kleineren Mikrotubuli kürzer als 5 Mikrometer lassen die Messergebnisse darauf schließen, dass innere Reibung zusätzliche Beiträge zur Fluktuationsdynamik liefert.

Die in der aktuellen Ausgabe von „Physical Review Letters“ veröffentlichten Ergebnisse zeigen, dass sich unter Einbeziehung der molekularen Architektur die Elastizitäts-Eigenschaften von semiflexiblen Polymeren mit Protofilament-Struktur physikalisch erklären lassen. Diese Erkenntnisse bilden auch eine Grundlage für die Konzeption und den Bau künstlicher biologischer Maschinen. So hängt die Funktionsweise von biologischen Schaltern oder Transportmechanismen in hohem Maße mit den elastischen Eigenschaften der verwendeten Grundbausteine zusammen. Die Anwendung der Theorie auf Kohlenstoff-Nanoröhren liefert zudem einen wichtigen Beitrag für die Forschungsarbeiten an diesen vielversprechenden neuen Materialien.

Die vorgestellten Arbeiten entstanden im Rahmen des Exzellenz-Clusters „Nanosystems Initiative Munich“, das es sich zum Ziel gesetzt hat, funktionale Nanostrukturen für Anwendungen in der Medizin und in der Informationsverarbeitung zu entwickeln, zu erforschen und zum Einsatz zu bringen.

Veröffentlichung:

Microtubule dynamics depart from the wormlike chain model, K. Taute, F. Pampaloni, E. Frey, and E.-L. Forin, Phys. Rev. Lett. [q-bio.BM/0708.1928]

Ansprechpartner:

Prof. Dr. Erwin Frey
Ludwig-Maximilians-Universität München
Fakultät für Physik
Tel.: 089 / 2180 4538
E-Mail: frey@lmu.de

Dr. Peter Sonntag
Nanosystems Initiative Munich
Presse- und Öffentlichkeitsarbeit
Tel.: 089 / 2180 5091
E-Mail: peter.sonntag@lmu.de

Kommunikation und Presse

Telefon +49 (0)89 2180 - 2706
Telefax +49 (0)89 2180 - 3656
[dirtscherl@lmu.de](mailto:dirscherl@lmu.de)

Infoservice:
+49 (0)89 2180 - 3423