

PRESSEMITTEILUNG

Perfekte Mikroringe aus dem Nichts

Biologisches Modellsystem mit „absorbierenden Zustand“

München, 15. November 2011 - Ein Güterzug würde, sofern die Lok mit ausreichend Energie versorgt wird, fahren so weit die Schienen reichen. Doch die Natur kennt auch Systeme, deren Dynamik plötzlich in eine Art Endlosschleife mündet. Wie in einem Hamsterrad wäre der Zug in einem solchen System gefangen – die Lok führe zwar, der Zug bewege sich aber nicht mehr von der Stelle. Die Physiker nennen das einen absorbierenden Zustand. Wissenschaftlern des Exzellenzclusters Nanosystems Initiative Munich ist es nun gelungen, aus nur drei Komponenten ein Modellsystem aufzubauen, um die Gesetzmäßigkeiten solcher Zustände zu erforschen.

Von aktiven Systemen sprechen Naturwissenschaftler, wenn diese pausenlos Energie umsetzen. Solche Systeme begegnen uns überall: einfache Maschinen fallen ebenso in diese Kategorie wie hochentwickelte Lebewesen. Trotzdem sind unser Wissen und das Verständnis dieser Systeme noch sehr begrenzt. Denn oft finden wir komplexe Phänomene, wo eigentlich simple Verhaltensmuster zu erwarten gewesen wären.

So erging es auch dem Physiker-Team um die NIM-Wissenschaftler Andreas Bausch, Professor für Biophysik an der Technischen Universität München (TUM) und Erwin Frey von der Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU). Sie untersuchten, wie sich Fasern des Muskelproteins Aktin verhalten, wenn sie gleichzeitig transportiert und miteinander verbunden werden. Dabei beobachteten die Physiker, dass das System sich plötzlich nicht mehr weiter zu entwickeln scheint, obwohl pausenlos Energie umgesetzt wird.

Die Physiker nennen einen solchen Zustand absorbierend. Was bedeutet, dass sich das System aus diesem Zustand nicht mehr befreien kann. Das Modellsystem der Physiker besteht aus nur drei Komponenten: dem Muskelprotein Aktin, Motorproteinen, die in der Zelle vor allem für Transport und Bewegung zuständig sind, sowie Faszin-Molekülen, um die Aktinfasern untereinander zu verbinden. Mit Hilfe dieses einfachen Modellsystems gelang es den Wissenschaftlern, die zu Grunde liegenden Gesetzmäßigkeiten zu untersuchen.

Die aktive Komponente des Modellsystems, also den Transport der Aktin-Fasern, erledigen Millionen biologischer Motorproteine. Für den Versuch sind sie auf einer Oberfläche verankert. Wird dem System Energie in Form von Adenosintriphosphat (ATP), dem Treibstoff der Motorproteine, bereitgestellt, fangen die Fasern an, sich ungeordnet zu bewegen. Geben die Forscher nun Vernetzermoleküle zu, verbinden sich die Einzelfasern. Dadurch entstehen stetig größere Strukturen, die dann ebenfalls transportiert werden. Gegen Ende des Experiments sind alle Fasern in größere Strukturen eingebaut. Allerdings können sich diese Strukturen nun nicht mehr frei über die Oberfläche bewegen. Sie sind nun ortsfest, für immer und

Nanosystems Initiative Munich (NIM)
Dr. Birgit Gebauer (Presse- und Öffentlichkeitsarbeit)
Schellingstraße 4, D-80799 München
Tel.: +49 (89) 2180 5091 Fax: +49 (89) 2180 5649
Mail: birgit.gebauer@lmu.de

ewig – das System ist in einem absorbierenden Zustand gefangen.

Die entstehenden Muster sind überraschend komplex. So formen sich unter anderem perfekte ringförmige Strukturen. Sie rotieren unter dem Einfluss der Motorproteine fortwährend und beinhalten mehrere Millionen einzelner Fasern. Aus den nur nanometergroßen Bauteilen entstehen dabei wie von Geisterhand Mikrometer große Muster. „Das Erstaunliche daran ist nicht nur die Komplexität der Strukturen, sondern dass bereits dieses einfache System aus nur drei Bestandteilen – Fasern, Motorproteine und Vernetzermoleküle – einen absorbierenden Zustand ausbilden kann“, so Volker Schaller vom Lehrstuhl für Biophysik der TUM, Erstautor der Studie.

„Ein derartiges ‚Minimal-System‘ sollte es uns erlauben die experimentellen Ergebnisse auch anhand theoretischer Modelle zu verstehen“, ergänzt Christoph Weber vom Lehrstuhl für Statistische und Biologische Physik der LMU München. Er arbeitet zusammen mit Prof. Frey an theoretischen Konzepten zur Beschreibung aktiver Systeme. Zusammen mit den Experimentatoren konnten so die Gesetzmäßigkeiten der Musterbildung identifiziert werden, und anhand von Computermodellen untersucht werden. So gelang es, Größe und Gestalt der Muster auf Zufallsbewegungen auf molekularer Ebene zurückzuführen.

„Den besonderen Reiz des Modellsystems macht, neben der Faszination der nahezu perfekten Muster, ein scheinbarer Widerspruch aus,“ sagt Biophysiker Andreas Bausch. Danach kann ein aktives System in einen absorbierenden Zustand übergehen, obwohl es beständig Energie verbraucht: „Ein absorbierender Zustand ist für das System wie eine Sackgasse: sobald auch nur ein Teil des Systems den Übergang vollzogen hat, gibt es kein Entrinnen mehr“, so Bausch. Derartige absorbierende Zustände finden sich in vielen, auch weit aus komplexeren aktiven Systemen, etwa beim Wachstum konkurrierender Zellpopulationen.

Doch liegen all diesen Systemen die gleichen fundamentalen Gesetzmäßigkeiten zu Grunde? Diese Überlegung gehört laut Frey zu den großen offenen Fragen in der Physik komplexer Systeme. „Zur Beantwortung dieser Fragen sind wir aber darauf angewiesen, zunächst einfache Modellsysteme zu entwickeln und zu verstehen“, betont der Münchner Physiker.

Die Forschungsarbeiten wurden unterstützt aus Mitteln des European Research Council (CompNet), der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) (SFB 863), des Exzellenzclusters Nanosystems Initiative Munich (NIM), dem Institute for Advanced Study und der International Graduate School of Science and Engineering (IGSSE) der Technischen Universität München sowie dem Bayerischen Elitenetzwerk (CompInt, NanoBioTechnology) (NIM/BG).

Originalpublikation:

Volker Schaller, Christoph A. Weber, Benjamin Hammerich, Erwin Frey und Andreas R. Bausch: Frozen steady states in active systems. PNAS, Early Edition, online Nov. 14, 2011. DOI: 10.1073/pnas.1107540108 – www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1107540108

Bild- und Videomaterial:

Ringbildung: <http://bio.ph.tum.de/home/e27-prof-dr-bausch/research-areas/cytoskeleton-and-biopolymernetworks/motor-driven-patternformation.html>

Theorie: http://www.theorie.physik.uni-muenchen.de/lsfrey/research/biological_physics/rings/index.html

Kontakte:

Prof. Dr. Andreas Bausch

Technische Universität München

Chair for Cellular Biophysics (E 27)

James Franck Str. 1, 85748 Garching, Germany

Tel.: 089 / 289-12480 – Fax: 089 / 289-14469

E-Mail: andreas.bausch@ph.tum.de

Internet: <http://bio.ph.tum.de/home/e27-prof-dr-bausch/bausch-home.html>

Prof. Dr. Erwin Frey

Ludwig-Maximilians-Universität München

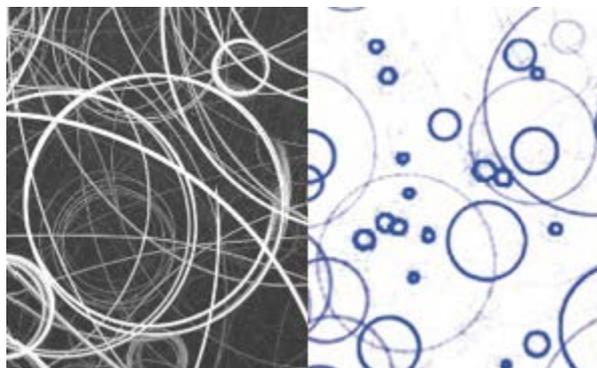
Chair for Statistische und Biologische Physik

Theresienstrasse 37, 80333 Munich, Germany

Tel.: 089 / 2180-4537 – Fax: 089 / 2180-4154

E-Mail: frey@lmu.de

Internet: www.theorie.physik.uni-muenchen.de/lsfrey



Nanosystems Initiative Munich (NIM)
Dr. Birgit Gebauer (Presse- und Öffentlichkeitsarbeit)
Schellingstraße 4, D-80799 München
Tel.: +49 (89) 2180 5091 Fax: +49 (89) 2180 5649
Mail: birgit.gebauer@lmu.de