

Wie kräftig sind biologische Motoren?

Dresdner Forscher messen die Kräfte von Molekülen, die innerhalb von Zellen für Bewegungen sorgen

Von Brigitte Röthlein

DRESDEN – Bewegung und Transport innerhalb von lebenden Zellen wird von sogenannten molekularen Motoren erledigt. Diese Eiweißmoleküle sind in der Lage, ihre Struktur zu verändern und sich so in winzigen Schritten fortzubewegen, wenn sie geeigneten Treibstoff erhalten. Adenosintriphosphat, meist einfach ATP genannt, versorgt sie mit Energie. Nun ist es Forschern am Biotechnologischen Zentrum (Biotec) der TU Dresden und dem Max-Planck-Institut für Molekulare Zellbiologie und Genetik (MPI-CBG) erstmals gelungen, die Reibungskräfte zu messen, die ein solcher Minimotor auf seinem Weg überwinden muss. Sie berichten darüber in der aktuellen Ausgabe der Fachzeitschrift „Science“.

Seit Jahren entwickeln die Dresdner Forscher Methoden, wie man die nur wenige Nanometer kleinen Biomotoren sichtbar machen und ihre Bewegung vermessen kann. Dazu haben sie fluoreszierende Eti-

ketten an den Motoren angebracht und können sie nun als leuchtende Punkte unter dem Mikroskop bei der Arbeit beobachten. „Molekulare Motoren sind wie Ameisen“, erklärt Jonathon Howard, Direktor und Gruppenleiter am MPI-CBG, „sie können ein Vielfaches ihres Eigengewichts transportieren. Ein solcher Motor ist nur einen Nanometer groß, aber er kann Dinge transportieren, die tausendmal größer sind als das Molekül selbst.“

So befestigten die Wissenschaftler beispielsweise an einzelnen Nanomotoren kleine Glasperlen, die sie dann mithilfe von Laserstrahlen in einer optischen Falle festhielten. Sie konnten auf diese Weise beobachten, wie die ausgeübte Kraft die Bewegung der Motoren beeinflusste – ein wichtiger Faktor zu ihrem Verständnis. Heute weiß man immerhin schon, dass ein einzelner Motor etwa ein billionstel Newton an Kraft erzeugt.

Um nun die Reibungskräfte zwischen einem Motor und seiner Unterlage zu ermitteln, befestigten die

Forscher am Motorprotein Kinesin Mikrokugeln. Dann zogen sie das Gespann mit einer Laserpinzette über fadenförmige Proteinstrukturen, sogenannte Mikrotubuli, die in der Zelle wie winzige Gleise wirken. So konnten sie die Reibungskräfte zwischen einzelnen Molekülen und dem Schienentrakt exakt messen. „Wie eine große Maschine durch Reibung abgebremst wird, ist das auch bei molekularen Motoren der Fall – deren Geschwindigkeit und Leistung werden begrenzt durch den Widerstand, der durch die Reibung mit dem Schienensystem entsteht“, berichten Erik Schäffer, Gruppenleiter am Biotec, und sein Kollege Jonathon Howard.

Die Wissenschaftler erklären das Phänomen auf molekularer Ebene als kleine Haftverbindungen zwischen einzelnen Molekülen – Reibung entsteht durch die Kräfte, die für das Auseinanderreißen dieser Verbindungen nötig sind. Die Motoren stolpern dabei mit Acht-millionstel-Millimeter-Schritten über ihre Molekülschienen hinweg. „Das

ist genau die Länge der Untereinheiten, aus denen sich ein Mikrotubulus aufbaut und an dem so ein Motor entlangläuft – das Motorprotein scheint also mit seinen kleinen Füßchen von Untereinheit zu Untereinheit zu stapfen“, macht Schäffer die Vorgänge anschaulich. Die Reibungskräfte, die auf das Kinesin wirken, geben auch Aufschluss über die Effizienz dieses Motorproteins. „Ungefähr die Hälfte der Energie, die Kinesin aus dem Treibstoff ATP der Zelle gewinnt, geht als Reibung zwischen Motor und Untergrund verloren“, fasst Howard zusammen.

„Den Rest setzt es in mechanische Arbeit um – das ist alles in allem effizienter als bei den meisten großen Maschinen“, fügt Schäffer hinzu. Der Energieverlust wird letztendlich in Wärme umgewandelt, die sodann zum Heizen des menschlichen Körpers beiträgt. So werden etwa unsere Muskeln unter anderem auch aufgrund dieser inneren Reibung der Zellen warm, wenn wir sie bewegen.