

Im Labyrinth offenbaren Bakterien ihre Individualität

Forschende der ETH Zürich weisen nach, dass genetisch identische Zellen individuell unterschiedlich auf chemische Lockstoffe reagieren. Mit Durchschnittswerten lässt sich das Verhalten von Bakterien nur ungenügend beschreiben.

Sie gelten als die einfachsten Lebensformen. Doch selbst Mikroorganismen nehmen ihre Umwelt wahr und können sich aktiv fortbewegen. So erkennen sie sowohl Nahrung als auch schädliche Substanzen und bewegen sich auf diese zu oder wenden sich ab. Dabei orientieren sie sich am Konzentrationsgefälle des jeweiligen Stoffes in der Umgebung. Das Leben einer Mikrobe lässt sich somit als eine ununterbrochene Abfolge von Entscheidungen auf der Basis chemischer Gradienten verstehen.

Die Fähigkeit von Zellen, Stoffe gezielt anzusteuern oder zu meiden, wird in der Fachsprache Chemotaxis genannt. Bislang haben Wissenschaftler die chemotaktischen Eigenschaften von Bakterien in der Regel als einheitliches Merkmal einer Art oder Population betrachtet – als würden sie sich alle Zellen mehr oder weniger gleich verhalten. Damit genügen Durchschnittswerte, um ihre Bewegungen zu beschreiben. Forschende der ETH Zürich haben nun die Chemotaxis von Bakterien in einem Verhaltensexperiment beobachtet. «Wer genau hinschaut, entdeckt sogar innerhalb einer Population genetisch gleicher Zellen erstaunliche Verhaltensunterschiede», sagen Mehdi Salek und Francesco Carrara, die beiden Erstautoren einer soeben in [Nature Communications](#) veröffentlichten Studie.

Mikroben im T-Labyrinth

Mit ihren Kollegen in der Forschungsgruppe um Professor Roman Stocker vom Institut für Umweltingenieurwissenschaften haben sie ein spezielles Mikrofluidik-System entwickelt, mit dem sie die Bewegung Tausender einzelner Bakterien in einer Flüssigkeit auf kleinstem Raum beobachten können. Das System besteht aus einer Reihe von engen Kanälen, die sich auf einer dünnen Glasplatte verzweigen und so eine Art mikroskopisches Labyrinth bilden, durch das die Bakterien schwimmen.

Labyrinth werden in der Verhaltensforschung oft benutzt, um etwa die Vorlieben von Insekten oder Würmern (aber auch von Pflanzenwurzeln) zu untersuchen. Mit ihrem Mikrofluidik-System wenden die ETH-Forscher diese Methode erstmals im mikroskopischen Massstab an. Ihr Labyrinth gleicht einem Stammbaum: mit einem Startkanal, der sich immer weiter nach unten verästelt, wo auch die Konzentration eines chemischen Lockstoffs am grössten ist.

Entscheidungen an der Weggabel

Die Bakterien beginnen alle am gleichen Ort – und trennen sich im Kanalsystem zusehends auf, weil sie bei jeder Verzweigung entscheiden müssen, ob sie nach oben oder nach unten weiterschwimmen. Ihre chemotaktischen Fähigkeiten verleihen den Bakterien spezialisierte Rezeptoren, mit denen sie den Lockstoff erkennen. Zudem haben sie etwa ein halbes Dutzend Flagellen, die entweder im

Uhrzeigersinn oder im Gegenuhrzeigersinn rotieren können. «Je nachdem wechselt die Bakterie ihre Richtung oder sie schwimmt in eine Richtung weiter», erläutern Salek und Carrara.

Die ETH-Forscher fanden selbst innerhalb einer Gruppe genetisch identischer Zellen – also in Klonen – Individuen, die dem Lockstoff gut folgen konnten (indem sie bei den Verzweigungen jeweils den Weg nach unten zur höheren Konzentration einschlugen) – aber auch solche, die sich im Labyrinth weniger gut zurechtfinden. Die Wissenschaftler erklären sich diese Verhaltensunterschiede damit, dass identische Gene in Geschwisterzellen unterschiedlich aktiv sind. Das führt dazu, dass die Zellen über verschiedene Mengen der entsprechenden Proteine verfügen. «In jeder Zelle herrscht eine Art biochemisches Rauschen. Diese fundamentale Zufallskomponente vergrößert die Erscheinungs- und Verhaltensvielfalt», so die Forscher.

Erfolgreiche Population aus Individualisten

Die Vielfalt oder Heterogenität in der Chemotaxis kann für die Bakterie einen evolutiven Vorteil bedeuten. Denn während die chemotaktisch geschickten Individuen rasch lokal stabile Nahrungsquellen ausmachen und ausbeuten können, wagen sich ihre vom Lockstoff weniger beeinflussten Schwesterzellen eher in neues Territorium – wo sie in einer sich ständig ändernden Umwelt auf zusätzliche Nahrungsquellen stossen können.

«In den biomedizinischen Lebenswissenschaften ist die nichtgenetische Vielfalt schon länger bekannt, sie spielt beispielsweise bei der Entwicklung von Antibiotikaresistenzen eine entscheidende Rolle. Nun zeigen die Umweltwissenschaften, dass auch grundlegende Eigenschaften wie Fortbewegung und Chemotaxis von dieser Vielfalt geprägt sind – und erweitern den Begriff der Individualität von Bakterien», sagt Roman Stocker. Er nimmt an, dass das unterschiedliche individuelle Verhalten von Bakterien relevant ist, um auch Prozesse wie etwa bakterielle Infektionen von Korallen oder den mikrobiellen Abbau von Ölverschmutzungen besser zu verstehen.

Literaturhinweis

Salek MM, Carrara F, Fernandez V, Guasto JS, Stocker R: Bacterial chemotaxis in a microfluidic T-maze reveals strong phenotypic heterogeneity in chemotactic sensitivity. Nature Communications, 23. April 2019, doi: [10.1038/s41467-019-09521-2](https://doi.org/10.1038/s41467-019-09521-2)