

Press release**Universität Heidelberg****Marietta Fuhrmann-Koch**

05/13/2022

<http://idw-online.de/en/news793769>Research results
Information technology, Medicine, Physics / astronomy
transregional, national**UNIVERSITÄT
HEIDELBERG**
ZUKUNFT
SEIT 1386**Malaria-Parasiten machen Wirbel**

Wissenschaftlern der Universität Heidelberg ist es gelungen, größere Gruppen von Malaria-Parasiten in Bewegung zu versetzen und die aufgezeichneten Bilddaten auszuwerten. Die sich kollektiv bewegenden Erreger bilden Wirbelsysteme, die stark von physikalischen Prinzipien bestimmt werden. Mithilfe von Computersimulationen konnten die Mechanismen ermittelt werden, die diesen rotierenden Bewegungen zugrunde liegen.

Malaria-Parasiten machen Wirbel

Heidelberger Studie: Die kollektive Bewegung der Erreger wird stark von physikalischen Prinzipien bestimmt

Die Krankheit Malaria wird von einzelligen Parasiten ausgelöst, die sich vor der Übertragung auf den Menschen in der Speicheldrüse des Moskitos in größeren Gruppen ansammeln. Bewegen können sie sich dort aufgrund der räumlichen Enge eigentlich nicht, außer diese Beschränkung wird durch eine geeignete experimentelle Präparation aufgehoben. In solchen Experimenten haben Wissenschaftler der Universität Heidelberg die Erreger in Bewegung versetzt und die aufgezeichneten Bilddaten mit modernen Methoden der Bildverarbeitung ausgewertet. Die Daten zeigen, dass die sich kollektiv bewegenden Erreger Wirbelsysteme bilden, die stark von physikalischen Prinzipien bestimmt werden. Mithilfe spezieller Computersimulationen konnten die Mechanismen ermittelt werden, die diesen rotierenden Bewegungen zugrunde liegen.

Die kollektive Bewegung von biologischen Organismen ist ein weitverbreitetes Phänomen der natürlichen Welt. So bewegen sich Insekten oder Fische gerne in Schwärmen. Eine Bewegung im Kollektiv findet auch oft auf der zellulären Ebene statt, zum Beispiel wenn Krebszellen aus einem Tumor auswandern oder Bakterien einen Biofilm bilden. Das Zusammenwirken vieler Individuen kann zu sogenanntem emergentem Verhalten führen – neuen Eigenschaften, die es in dieser Form sonst nicht geben würde. „In der Physik entstehen durch Kollektivität so wichtige Prozesse wie Phasenübergänge, Supraleitung oder magnetische Eigenschaften“, erläutert Prof. Dr. Ulrich Schwarz, Leiter der Arbeitsgruppe „Physik komplexer Biosysteme“ am Institut für Theoretische Physik der Universität Heidelberg. In einer interdisziplinären Studie hat er jetzt mit Prof. Dr. Friedrich Frischknecht (Malaria-Forschung) und Prof. Dr. Karl Rohr (Biomedizinische Bildanalyse) gezeigt, dass kollektive Bewegung auch beim Malaria-Erreger Plasmodium auftreten kann.

Der Einzeller wird durch den Stich eines Moskitos in die Haut übertragen und entwickelt sich dann zuerst in der Leber und danach im Blut weiter fort. Da Plasmodium in den meisten Stadien als Einzelzelle agiert, wurden seine kollektiven Eigenschaften bisher kaum untersucht. In der Speicheldrüse des Moskitos hat der Parasit eine lange und gekrümmte Form, die einer Mondsichel ähnelt und Sporozoit genannt wird. „Sobald Sporozoiten durch den Mosquito in die Haut injiziert werden, beginnt eine schnelle Bewegung einzelner Parasiten in Richtung der Blutgefäße. Dabei handelt es sich um die kritische Phase der Infektion, da diese nur dann erfolgreich ist, wenn ein Erreger die Blutbahn erreicht“, betont Prof. Frischknecht.

In ihren Untersuchungen am Zentrum für Infektiologie des Universitätsklinikums Heidelberg haben Friedrich Frischknecht und sein Team entdeckt, dass die in den infizierten Speicheldrüsen enthaltenen Parasiten als Kollektive mobilisiert werden können. Dazu wird dem Moskito die Speicheldrüse entnommen und behutsam zwischen zwei Glasplättchen gedrückt. Es ist eine für die Wissenschaftler unerwartete Entdeckung, dass die mondsichelartigen Zellen in der neuen Präparation rotierende Wirbel bilden. Sie erinnern an die kollektiven Bewegungen von Bakterien oder Fischen, unterscheiden sich von diesen aber darin, dass sie immer in die gleiche Richtung drehen. Die Parasiten-Wirbel besitzen damit einen chiralen Charakter und – auch das unerwartet – zeigen Schwankungen in ihrer Größe. Diese Oszillationen lassen, so Prof. Frischknecht, auf emergente Eigenschaften schließen, da sie nur im Kollektiv der sich bewegenden Zellen möglich sind und bei größeren Wirbeln stärker werden.

Um diese Phänomene genauer zu verstehen, wurden die experimentellen Daten quantitativ ausgewertet. Die Gruppen von Ulrich Schwarz und Karl Rohr, Leiter der Biomedical Computer Vision Group am BioQuant-Zentrum der Universität Heidelberg, nutzten dazu moderne Methoden der Bildverarbeitung. Sie konnten damit einzelne Parasiten in den rotierenden Wirbeln verfolgen und ihre Geschwindigkeiten sowie ihre Krümmungen vermessen. Mithilfe sogenannter Agenten-basierter Computersimulationen war es möglich, genau diejenigen Gesetzmäßigkeiten zu identifizieren, die alle Aspekte der experimentellen Beobachtungen erklären können. Das Zusammenspiel von aktiver Bewegung, gekrümmter Form der Zelle und Chiralität in Verbindung mit mechanischer Flexibilität reicht dabei aus, um die Sortier- und Oszillationsphänomene in den Parasiten-Wirbeln zu begründen. Die von den Wissenschaftlern beobachteten Oszillationen entstehen dadurch, dass die Bewegung der einzelnen Erreger in elastische Energie umgewandelt wird, die in den Wirbeln gespeichert ist. „Unser neues Modellsystem bietet die Möglichkeit, die Physik von Kollektiven mit elastischen Eigenschaften besser zu verstehen und in Zukunft vielleicht für technische Anwendungen nutzbar zu machen“, betont Physiker Ulrich Schwarz.

In einem nächsten Schritt werden die Forscherinnen und Forscher untersuchen, wie genau die Chiralität der Bewegung entsteht. Der Aufbau von Sporozoiten legt verschiedene Möglichkeiten nahe, die in Experimenten mit genetischen Mutationen untersucht werden können. Erste Computersimulationen haben bereits ergeben, dass sich rechts- und linksdrehende Parasiten schnell „entmischen“ und getrennte Wirbelsysteme erzeugen. Ein besseres Verständnis der zugrundeliegenden molekularen Mechanismen könnte neue Wege erschließen, um die am Anfang jeder Malaria-Infektion stehende Bewegung von Sporozoiten zu stören. „Unsere Studie hat auf jeden Fall gezeigt, dass die Mechanik der Erreger dabei eine sehr wichtige, bisher übersehene Rolle spielt – eine Erkenntnis, die neue Perspektiven auch für medizinische Interventionen eröffnet“, so Infektiologe Friedrich Frischknecht.

Durchgeführt wurden die Arbeiten an dem von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Sonderforschungsbereich 1129 „Integrative Analyse der Replikation und Ausbreitung pathogener Erreger“, der an der Medizinischen Fakultät Heidelberg der Universität Heidelberg angesiedelt ist. Die Ergebnisse ihrer interdisziplinären Studie haben die Wissenschaftler in „Nature Physics“ veröffentlicht.

Kontakt:

Universität Heidelberg
Kommunikation und Marketing
Pressestelle, Telefon (06221) 54-2311
presse@rektorat.uni-heidelberg.d

contact for scientific information:

Prof. Dr. Ulrich Schwarz
Institut für Theoretische Physik
Telefon (06221) 54-9399
schwarz@thphys.uni-heidelberg.de

Original publication:

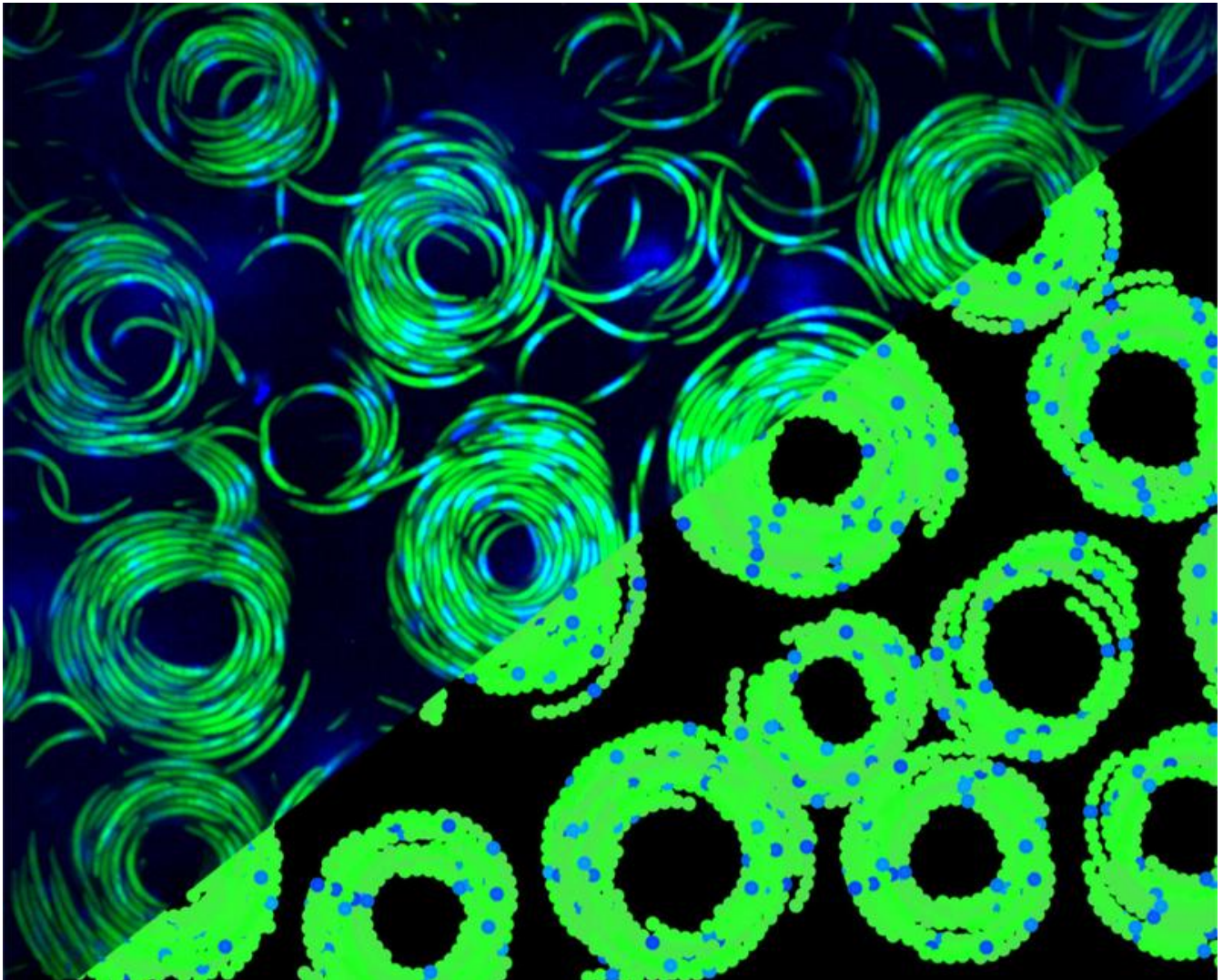
P. Patra, K. Beyer, A. Jaiswal, A. Battista, K. Rohr, F. Frischknecht, and U.S. Schwarz: Collective migration reveals mechanical flexibility of malaria parasites. *Nature Physics* (13 May 2022), <https://doi.org/10.1038/s41567-022-01583-2>

URL for press release: <http://www.thphys.uni-heidelberg.de/~biophys> – Schwarz-Gruppe

URL for press release: <http://www.sporozoite.org> – Frischknecht-Gruppe

URL for press release: <http://www.bioquant.uni-heidelberg.de/index.php?id=322> – Rohr-Gruppe

URL for press release: <http://www.sfb1129.de> – SFB 1129



Die Abbildung kombiniert das Konfokalmikroskopiebild von Sporozoiten-Wirbeln mit der Momentaufnahme einer Agenten-basierten Computersimulation dieser Wirbel.

Frischknecht-Gruppe und Schwarz-Gruppe (Paper in *Nature Physics*)