



ERLANGEN,  
23. JANUAR 2026

## Eine mechanische Sichtweise auf Metastasen und die Rolle der Viskosität von Tumorzellen

**Weltweit erkranken jedes Jahr Millionen Menschen an Krebs. Bei fortgeschrittenen Tumorerkrankungen können sich Krebszellen vom ursprünglichen Tumor lösen und sich an anderen Stellen im Körper wieder ansiedeln, um dort Metastasen zu bilden. Auf ihrem Weg müssen sie über das körpereigene Transportsystem wie das Blut- oder Lymphgefäßsystem verteilt werden und dabei zahlreiche mechanische Hürden überwinden. Ein multidisziplinäres Forschungsteam hat untersucht, wie die mechanischen Eigenschaften von Tumorzellen ihren Metastasierungsprozess beeinflussen, während sie durch die Blutgefäße zirkulieren. Die kürzlich in *Nature Materials* veröffentlichten Ergebnisse liefern wichtige Bausteine für das Verständnis der Metastasierung.**

Verlassen Tumorzellen den ursprünglichen Gewebeverband und siedeln sich in entfernten Organen des Körpers an, spricht man von einer Metastasierung des Primärtumors. Da in den meisten Fällen nicht der Primärtumor, sondern Metastasen die Ursache krebsbedingter Todesfälle sind, ist ein grundlegendes Verständnis dafür, wie Tumorzellen körpereigene Hürden überwinden, entscheidend für eine erfolgreiche Krebsbehandlung.

Um Metastasen zu bilden, müssen sich Tumorzellen vom Primärtumor lösen, in den Blutkreislauf gelangen, durch den Kreislauf wandern, sich in kleinen Blutgefäßen festsetzen, diese verlassen (Extravasation) und schließlich neues Gewebe besiedeln. Obwohl bekannt ist, dass mechanische Eigenschaften den Erfolg der Metastasierung beeinflussen, sind die grundlegenden Mechanismen dahinter bislang unklar.

Ein kollaboratives Forschungsteam aus Biologen, Metastase-Experten sowie Physikern hat unter Beteiligung des Max-Planck-Zentrums für Physik und Medizin (MPZPM) und



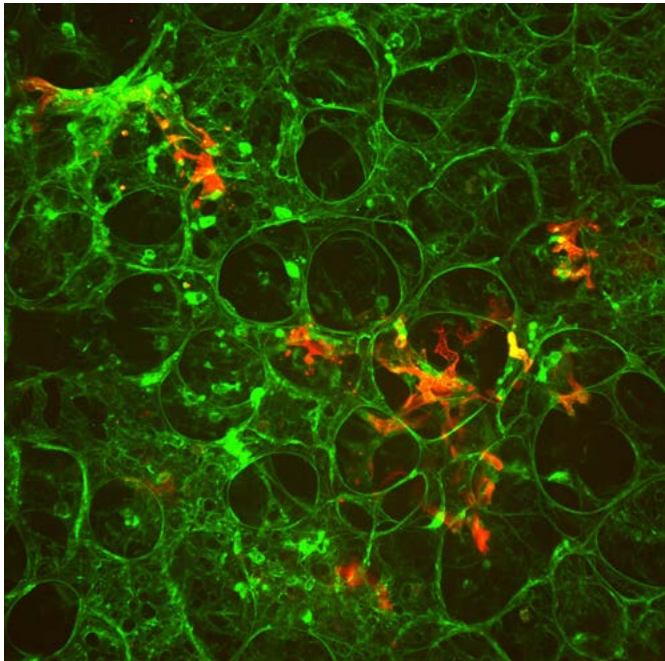
Tumorzelle, die in einem intersomatischen Gefäß  
im Zebrafischeembryo festsetzt.

© V. Gensbittel, J. Goetz

des Centre de Recherche en Biomédecine de Strasbourg (INSERM/Unistra, CRBS) die physikalischen Einschränkungen analysiert, denen Tumorzellen auf dem Weg zur Metastasierung ausgesetzt sind, und untersucht, wie ihr mechanisches Verhalten ihren Fortschritt im Metastasierungsprozess beeinflusst.

Unter der Leitung von Prof. Jacky G. Goetz (INSERM/Unistra, CRBS), Prof. Jochen Guck (Max-Planck-Institut für die Physik des Lichts, MPL/MPZPM) und Dr. Salvatore Girardo (MPZPM) betrachten die Wissenschaftler\*innen Tumorzellen als Objekte mit bestimmter Größe und Verformbarkeit. Diese „Objekte“ sind Kräften ausgesetzt, wenn sie sich durch das Kreislaufsystem bewegen und in das umliegende Gewebe eindringen.

Das Team konzentriert sich dabei auf die Fähigkeit der Zellen, elastisch oder viskos auf Kräfte zu reagieren. Zellen sind viskoelastisch, das heißt, sie sind sowohl weich als auch elastisch. Wenn man langsam auf sie drückt, verhalten sie sich wie eine Flüssigkeit und fließen oder verformen sich allmählich (viskoses Verhalten). Wenn man schnell auf sie drückt, verhalten sie sich wie eine Feder und springen in ihre ursprüngliche Form



© V. Gensbittel, J. Goetz

Tumorzelle im Labyrinth der Lungengefäße (bei Mäusen).

zurück, sobald die Kraft entfernt wird (elastisches Verhalten). Die Wissenschaftler\*innen kombinieren biologische Modelle mit maßgeschneiderten biophysikalischen Werkzeugen. Dieser additive Ansatz ermöglicht erstmals direkt zu untersuchen, wie elastisches und viskoses Verhalten die Zirkulation, das Anhalten und das Verlassen von Tumorzellen aus den Blutgefäßen während der Metastasierung beeinflusst.

Sie nutzen zwei eigens entwickelte biophysikalische Werkzeuge: Hydrogelkügelchen, die das elastische Verhalten von Zellen nachahmen, und modifizierte Zellen, die spezifische viskoelastische Profile aufweisen. Die Kombination dieser Systeme mit *in vivo*-Bildgebung in zwei Tiermodellen (Zebrafisch und Maus) ermöglicht es dem Team, deren Verhalten im Kreislaufsystem zu verfolgen.

Die Forscher\*innen zeigen, dass die Viskosität und nicht etwa die Elastizität entscheidet, ob zirkulierende Objekte in kleine Gefäße gelangen, wo sie zum Stillstand kommen, und wie

sie extravasieren und in das umliegende Gewebe eindringen. Auch demonstrieren sie, dass die Viskosität für eine effiziente Extravasation erforderlich ist, indem sie Endothelien, wie die der Blutgefäße umgestaltet. Gleichzeitig wiesen sie nach, dass mechanische Eigenschaften, die die Extravasation unterstützen, nicht zwangsläufig das spätere Wachstum von Metastasen fördern.

„Unsere Arbeit identifiziert die Zellviskosität als einen wichtigen mechanischen Parameter, der mehrere Schritte des Metastasierungsprozesses in Blutgefäßen steuert“, sagt Girardo, Leiter der Core Facility Lab-on-a-Chip am MPZPM. „Wir konnten belegen, dass die mechanischen Eigenschaften, die Tumorzellen dabei helfen, den Blutkreislauf zu verlassen, im Widerspruch zu den Eigenschaften stehen können, die ihr späteres Wachstum an entfernten Stellen unterstützen. Dies deutet darauf hin, dass eine mechanische Anpassung während der Metastasierung notwendig sein könnte“, ergänzt Goetz, der das Studiendesign gemeinsam mit Jochen Guck, ehemaliger Direktor am MPL und Leiter der Abteilung ›Zellphysik‹, entwickelt hat.

Das Verständnis und die potenzielle Kontrolle von Parametern wie der Zellviskosität könnten neue Wege zur Bekämpfung von Krebs durch Mechanik eröffnen.

„Diese Arbeit ist tief in Gucks Vision verwurzelt“, sagen Girardo und Goetz. „Er war fest davon überzeugt, dass man medizinische Herausforderungen aus einer neuen physikalischen Perspektive angehen und diese mit biologischem Verständnis kombinieren sollte, um ein umfassenderes Bild von Krankheiten zu erhalten. Diese Denkweise inspiriert uns weiterhin, da sie die Tür zu wirklich neuartigen diagnostischen und therapeutischen Ansätzen öffnet.“

#### **Methode:**

Die Arbeit integriert biophysikalische Methoden, die in der Abteilung von Jochen Guck (MPZPM) und D. Müller (ETH Zürich, Department of Biosystems Science and Engineering in Basel) sowie im Labor von Jacky Goetz (INSERM/University of Strasbourg) entwickelt wurden. Ebenfalls wurden methodisch zellähnliche Mikrogelpartikel angewendet, die in der Core Facility Lab-on-a-Chip des MPZPM unter der Leitung von Dr. Salvatore Girardo im Rahmen des EU-Projekts FLAMIN-GO entwickelt wurden. *In-vivo*-Bildgebungen in zwei Tiermodellen (Zebrafisch und Maus), die von Jacky Goetz (INSERM/University of Strasbourg) entwickelt wurden, wurden mit Metastasierungsassays kombiniert.



Dr. Salvatore Girardo



Prof. Jacky G. Goetz

**Originale Publikation in *Nature Materials***

Gensbittel, V., Yesilata, Z., Bochler, L. *et al.* Cell viscosity influences haematogenous dissemination and metastatic extravasation of tumour cells. *Nat. Mater.* (2026).

<https://doi.org/10.1038/s41563-025-02462-w>

**Wissenschaftlicher Kontakt:**

Dr. Salvatore Girardo

Max-Planck-Zentrum für Physik und Medizin

Head of Core Facility Lab-on-a-Chip (LOC)

<https://mpzpm.mpg.de> | [salvatore.girardo@mpzpm.mpg.de](mailto:salvatore.girardo@mpzpm.mpg.de)

Prof. Jacky G. Goetz

Centre de Recherche en Biomédecine de Strasbourg (CRBS)

INSERM UMR\_S 1109

Leader of the Tumor Biomechanics Lab

[www.goetzlab.fr](http://www.goetzlab.fr) | [jacky.goetz@inserm.fr](mailto:jacky.goetz@inserm.fr)

Das **Max-Planck-Zentrum für Physik und Medizin** ist ein gemeinsames Projekt der drei Kooperationspartner Max-Planck-Institut für die Physik des Lichts (MPL), Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU) und Universitätsklinikum Erlangen (UKER). Ziel des neuen Forschungszentrums ist die Anwendung von fortschrittlichen Methoden der Experimentalphysik und Mathematik in der biomedizinischen Grundlagenforschung. Dabei liegt der Schwerpunkt auf der interzellulären Mikroumgebung.

Mehr auf [mpzpm.mpg.de](https://mpzpm.mpg.de).