

Pressemitteilung

Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation

Dr. Manuel Maidorn

23.07.2021

<http://idw-online.de/de/news773310>

Forschungsergebnisse, Wissenschaftliche Publikationen
Physik / Astronomie, Werkstoffwissenschaften
überregional



Das Gedächtnis der Faltungen

Was passiert, wenn weiche Materialien stark komprimiert werden? Forschende des Max-Planck-Instituts für Dynamik und Selbstorganisation, der Universität Twente und der Cornell University untersuchten die Morphologie der Faltungen im Mikrometerbereich. Sie entdeckten einen doppelten Faltungsmechanismus, der ähnlich wie beim Benetzen von Flüssigkeiten durch Kapillarkräfte hervorgerufen wird und ein T-förmiges Faltungsprofil verursacht. Die Entfaltung hinterlässt eine Narbe, die als Keimpunkt für nachfolgende Faltungen dient. Ohne das Material zu beschädigen, ermöglicht dies ein frei programmierbares Faltungsgedächtnis von weichen Oberflächen.

Das Prinzip der Faltenbildung ist Teil unseres Alltags: Beim Schließen der Hand oder Beugen des Arms entsteht durch Selbstkontakt der Haut eine Falte die sich bei der Umkehrung der Bewegung wieder auflöst. Auf mikroskopischer Ebene ist bekannt, dass eine solche Faltung kleine Narben hinterlässt, die als Initiationspunkte für nachfolgende Faltungen dienen. Stefan Karpitschka, Leiter der Studie zur Untersuchung dieses Phänomens, erklärt: "Bisher ging man davon aus, dass diese Narben durch die Verringerung der Oberflächenspannung entstehen, was zu Adhäsion führt, wenn eine weiche Oberfläche sich selbst berührt. Wir zeigen, dass die Oberflächenspannung auch für die Mikromorphologie der Falten eine wichtige Rolle spielt und dass ihre Verringerung nicht ausreicht, um die Entstehung der Narben zu erklären."

Kapillarität ruft T-förmige Faltungsprofile hervor

Um das Verhalten fester Materialien beim Falten zu beobachten, verwendeten die Wissenschaftler ein Polymergel, das sich in kontrollierter Weise komprimieren lässt. Dabei ermöglichte es ihnen eine fluoreszierende Schicht an der Oberfläche dieses Gels, die Faltenbildung auf mikroskopischer Ebene zu verfolgen. Ohne Oberflächenspannung faltete sich das Material in einem V-förmigen Profil. Kommt jedoch die Oberflächenspannung ins Spiel, verändert das Gleichgewicht der Kräfte auf der Oberfläche die Morphologie: Am oberen Rand des selbstkontaktierenden Materials entsteht eine zweite Faltung, wodurch sich insgesamt ein T-förmiges Profil ergibt. Außerdem krümmt sich die freie Oberfläche stark, was die Kapillarkräfte am Knick definiert. "Es wurde schon früher beobachtet, dass Kapillaritätseffekte nicht nur in Flüssigkeiten zu beobachten sind, sondern auch in weichen Festkörpern auftreten", erklärt Karpitschka. "Hier zeigen wir, dass auch Oberflächenkontakte fester Materialien einen Kapillarcharakter aufweisen. Dies ist die physikalische Erklärung sowohl für die Oberflächenkrümmung als auch für das T-förmige Profil der Falte."

Vordefinierte Faltungen durch Kontaktlinien-Pinning

Insgesamt zeigen diese Beobachtungen, dass entstehende Narben in Materialien auf der Mikroskala durch Pinning der Kontaktlinie beim Entfalten des Materials verursacht werden. Diese Narben deuten also nicht auf eine Beschädigung des Materials hin, sondern stellen die Überbleibsel der Selbstadhäsion nach einer Faltung dar. Dies führt zu einer Asymmetrie beim Falten und Entfalten von Materialien und definiert die Stellen, an denen spätere Falten entstehen.

"Unsere Beobachtungen zur Faltenmorphologie eröffnen einen neuen Weg, die Mechanik an Festkörper-Grenzflächen zu quantifizieren", schließt Karpitschka. "Ein solches 'Faltungsgedächtnis' könnte eine wesentliche Rolle bei der Bildung subzellulärer Strukturen in der Biologie spielen, ebenso wie bei der Herstellung weicher Robotik oder intelligenter Textilien auf der Mikroskala."

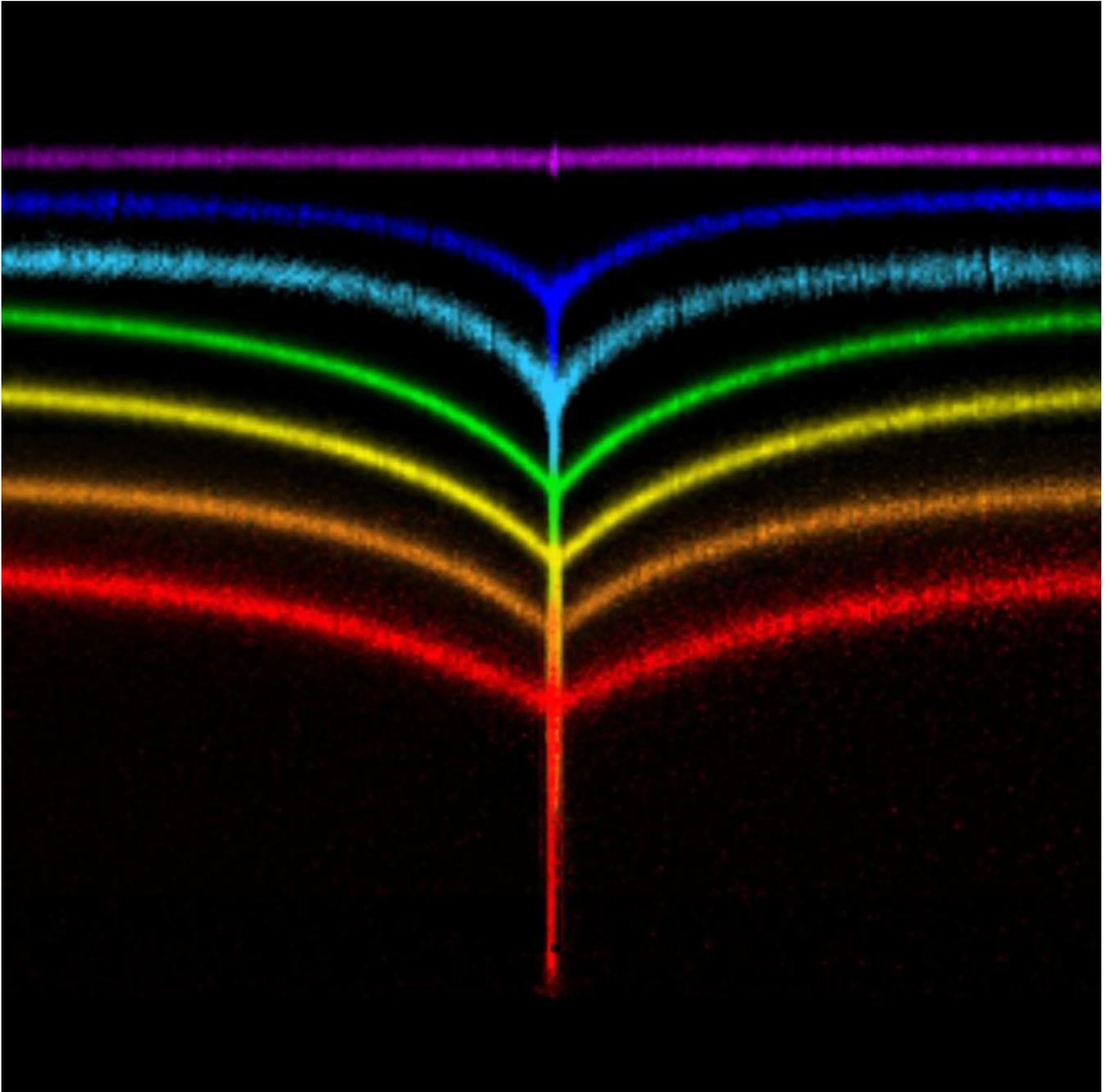
Originalpublikation:

Pinning-Induced Folding-Unfolding Asymmetry in Adhesive Creases

Phys. Rev. Lett. 127, 028001 – Published 9 July 2021

<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.127.028001>

URL zur Pressemitteilung: <https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.127.028001>



Die Faltung eines weichen Materials hinterlässt eine Narbe, die als Keimstelle für nachfolgende Faltungen dient
Stefan Karpitschka