

## Mechanische Kräfte als Motor evolutionärer Veränderung

03.09.2025, 17:00 | Wissenschaft, Forschung, Bildung

Pressemitteilung von: *idw - Informationsdienst Wissenschaft*

---



Auf den Punkt gebracht:

**Kleine Falte – große Bedeutung:** Eine als Cephalic Furrow (Kopffurche) bekannte Gewebefalte, die sich evolutionär gesehen ganz neu zwischen Kopf und Rumpf von Fliegenembryonen gebildet hat, spielt eine mechanische Rolle bei der Stabilisierung des Embryonalgewebes während der Entwicklung der Fruchtfliege *Drosophila melanogaster*.

**Kombination von Theorie und Experiment:** Die Forschenden integrierten Computersimulationen in ihre Experimente und zeigten, dass der Zeitpunkt und die Position für die Bildung der Kopffurche entscheidend für ihre Funktion sind, wodurch sie mechanische Instabilitäten im embryonalen Gewebe verhindern kann.

**Evolutionäre Reaktion auf mechanische Belastung:** Die erhöhte mechanische Instabilität, die durch Bewegungen des Embryonalgewebes entsteht, könnte zur Bildung und evolutionären Entwicklung des genetischen Programms der Cephalic Furro beigetragen haben. Dieses Ergebnis zeigt, dass mechanische Kräfte die Entstehung neuer evolutionärer Merkmale beeinflussen können.

-----

Mechanische Kräfte formen Gewebe und Organe während der Entwicklung eines Embryos durch einen Prozess, der Morphogenese genannt wird. Diese Kräfte bewirken, dass Gewebe sich gegenseitig drücken und ziehen. Dabei liefern sie den Zellen wichtige Informationen und bestimmen die Form der Organe. Trotz der großen Bedeutung dieser Kräfte ist ihre Rolle in der Evolution der Entwicklung noch nicht vollständig geklärt.

Bei der Entwicklung von Tierembryonen finden Gewebeströmungen und Faltungsprozesse statt, an denen mechanische Kräfte beteiligt sind. Diese verwandeln eine einschichtige Blastula (eine hohle Kugel aus Zellen) in eine komplexe mehrschichtige Struktur, die als Gastrula bezeichnet wird. Während der frühen Gastrulation bilden einige Fliegen der Ordnung Diptera an der Grenze zwischen Kopf und Rumpf eine Gewebefalte, die als Cephalic Furrow (Kopffurche) bezeichnet wird. Diese Falte ist ein spezifisches Merkmal einer Untergruppe der Diptera und stellt daher eine evolutionäre Neuheit bei Fliegen dar.

Die Forschungsgruppen von Pavel Tomancak und Carl Modes, beide Gruppenleiter am Max-Planck-Institut für molekulare Zellbiologie und Genetik in Dresden, untersuchten die Funktion der Cephalic Furrow während der Entwicklung der Fruchtfliege *Drosophila melanogaster* und den möglichen Zusammenhang mit ihrer Evolution. Die Ergebnisse ihrer Untersuchung sind in der Fachzeitschrift *Nature* veröffentlicht.

#### Eine genetisch gemusterte Falte mit unbekannter Funktion

Die Forschenden wussten bereits, dass mehrere Gene an der Bildung der Kopffurche beteiligt sind. Das Interessante an der Kopffurche ist, dass es sich um eine markante embryonale Einstülpung handelt, deren Entstehung genetisch gesteuert wird, die aber während der Entwicklung keine offensichtliche Funktion hat. Die Falte bildet keine spezifischen Strukturen und entfaltet sich im weiteren Verlauf der Entwicklung wieder, ohne Spuren zu hinterlassen. Bruno C. Vellutini, Postdoktorand in der Gruppe von Pavel Tomancak, der die Studie gemeinsam mit Tomancak leitete, erklärt: „Unsere ursprüngliche Frage war, welche Gene an der Bildung der Kopffurche beteiligt sind und welche Rolle die Einstülpung in der Entwicklung spielt. Später haben wir unsere Untersuchungen auf andere Fliegenarten ausgeweitet und festgestellt, dass Veränderungen in der Expression des Gens *buttonhead* mit der Evolution der Kopffurche zusammenhängen.“

Mit ihren Experimenten zeigt das Forschungsteam, dass das Fehlen der Kopffurche zu einer erhöhten mechanischen Instabilität des Embryonalgewebes führt und dass die Hauptursachen für die mechanische Belastung in den für die Gastrulation typischen Zellteilungen und Gewebebewegungen liegen. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler konnten feststellen, dass die Bildung der Kopffurche diese Druckbelastungen absorbiert. Ohne eine Kopffurche bauen sich die Spannungen auf, und die äußeren Kräfte, die durch die Zellteilungen in der einschichtigen Blastula entstehen, führen zu mechanischer Instabilität und Gewebeverformungen. Diese faszinierende physikalische Funktion brachte die Forschenden auf die Idee, dass sich die Kopffurche als Reaktion auf die mechanischen Herausforderungen der Gastrulation bei Dipteren entwickelt haben könnte, wobei die mechanische Instabilität als möglicher Anpassungsdruck fungiert.

#### Physikalisches Modell zur Dynamik der Faltung

Um herauszufinden, wie viel die einzelnen mechanischen Belastungen ausmachen, entwickelten die experimentellen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Tomancak-Gruppe zusammen mit der Gruppe von Carl Modes ein theoretisches physikalisches Modell, das sich wie die Fliegenembryonen verhält. Carl Modes erklärt: „Unser Modell kann das Verhalten von embryonalem Gewebe in Fliegenembryonen mit sehr wenigen freien Parametern simulieren. Gefüttert wurde das Modell mit den Daten aus den Experimenten. Zunächst wollten wir sehen, wie sich die Stärke der Faltung auf die Funktion der Kopffurche auswirkt. Wir gingen davon aus, dass ein starker Zug innerhalb der Faltung ein guter Puffer ist, um mechanischen Kräften entgegenzuwirken. Wir stellten jedoch fest, dass es vor allem auf die Position und den Zeitpunkt ankommt. Je früher sich die Kopffurche bildet, desto besser funktioniert sie als Puffer. Wenn sie sich ungefähr in der Mitte des Embryos bildet, hat sie die stärkste Pufferwirkung.“ Dieses physikalische Modell bietet eine theoretische Grundlage dafür, dass die Kopffurche Druckbelastungen absorbiert und mechanische Instabilitäten im embryonalen Gewebe während der Gastrulation verhindern kann.

#### Verwandte Studie entdeckt zwei zelluläre Mechanismen zur Stressvermeidung

Eine andere Studie, die sich ebenfalls damit beschäftigt, wie Fliegen mechanischen Belastungen entgegenwirken, wurde gleichzeitig in der Fachzeitschrift *Nature* veröffentlicht. Das Team um Steffen Lemke von der Universität Hohenheim und Yu-Chiun Wang vom RIKEN Center for Biosystems Dynamics Research in Kobe, Japan, entdeckte zwei verschiedene Methoden, mit denen Fliegen während ihrer Embryonalentwicklung auf Druckbelastungen reagieren. Fliegen verfügen entweder über eine Kopffurche oder, wenn ihnen diese fehlt, über eine ausgedehnte Teilung außerhalb der Ebene, was bedeutet, dass sich die Zellen nach unten teilen, um die Oberfläche zu verringern. Beide Mechanismen wirken als mechanische Ableitung, um Gewebekollisionen und -verformungen zu verhindern. Das Team der Studie arbeiteten während ihrer Studie mit den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern des MPI-CBG zusammen.

#### Evolution einer kleinen Falte

Pavel Tomancak fasst die Ergebnisse zusammen: „Unsere Erkenntnisse geben empirische Hinweise darauf, wie mechanische Kräfte die Entwicklung von Innovationen in der frühen Entwicklungsphase beeinflussen können. Die Cephalic Furrow könnte sich durch genetische Veränderungen als Reaktion auf die mechanischen Herausforderungen der Gastrulation bei Dipteren entwickelt haben. Wir zeigen, dass mechanische Kräfte nicht nur für die Entwicklung des Embryos wichtig sind, sondern auch für die Evolution seiner Entwicklung.“

wissenschaftliche Ansprechpartner:

Dr. Pavel Tomancak  
tomancak@mpi-cbg.de

Dr. Bruno C. Vellutini  
vellutini@mpi-cbg.de

Originalpublikation:

Bruno C. Vellutini, Marina B. Cuenca, Abhijeet Krishna, Alicja Szałapak, Carl D. Modes, Pavel Tomancak: Patterned invagination prevents mechanical instability during gastrulation. Nature, September 3, 2025, doi : 10.1038/s41586-025-09480-3

#### **Max-Planck-Institut für molekulare Zellbiologie und Genetik**

KatrinBoes (Mitarbeiter in der Presse- und Öffentlichkeitsarbeit)

0351 210 2080

kboes@mpi-cbg.de

---

News-ID: 1290988 • Views: 472 (Stand: 04.06.2026)

Link zur Pressemitteilung:

<https://www.openpr.de/news/1290988/Mechanische-Kraefte-als-Motor-evolutionaerer-Veraenderung-idw.html>