

## EPIGENETIK

## DNA-Methylierung und Temperaturanpassung von Austern im *common-garden*-Experiment

*Austern sind wichtige Riffbildner an den Meeresküsten und werden schon lange zum Verzehr in Aquakultur gezüchtet. Das macht sie zu einem geeigneten Modelltier in der Biologie. Common-garden-Experimente zeigen den Einfluss der Umwelt auf das Erscheinungsbild und die zugrundeliegenden epigenetischen Mechanismen: Im Gezeitenbereich ist die DNA-Methylierung der Austern gering, viele Gene sind aktiv. Die Muscheln wachsen hier zwar langsamer und bleiben kleiner als ihre weniger exponiert lebenden Artgenossen im tieferen Wasser, passen sich aber besser an Temperaturänderungen und Hitzestress an.*

Innerhalb einer Art können einzelne Individuen abhängig vom Lebensraum verschieden aussehen, man spricht von Modifikationen im Erscheinungsbild. So eine phänotypische Plastizität bietet besonders in wechselhaften Lebensräumen einen Spielraum zur Anpassung an Stressbedingungen. Ohne langwierige Selektion und Evolution können auf diese Weise Individuen entstehen, die an die jeweiligen Umweltbedingungen angepasst sind. Bei gleichem Genotyp gibt es Unterschiede im Phänotyp: Es liegt keine selektiv veränderte DNA-Basensequenz vor, sondern lediglich ein anderes Muster der Genaktivität. Zu den Mechanismen dieser epigenetischen Vorgänge gehören Histon-Modifikation, RNA-Interferenz und DNA-Methylierung.

Bei einer DNA-Methylierung werden Methylgruppen an die Cytosin-Nukleotide gehängt und so Gene inaktiviert. Methylierungsmuster lassen sich labortechnisch gut erfassen und haben Aussagekraft in der Ökologie, Entwicklungs- und Evolutionsbiologie. Entsprechende Untersuchungen an Fischen, Schildkröten und Korallen zeigen, dass sich marine Wirbellose durch unterschiedliche DNA-Methylierung sehr schnell an Salzgehaltsänderung, Versauerung und Temperaturanstieg des Meerwassers anpassen können [1].

An der Meeresküste verändert sich die Temperatur täglich und jahreszeitlich sehr stark und beeinflusst

die Stoffwechselrate der hier lebenden, wechselwarmen Meerestiere. Dazu gehört die Pazifische Auster (*Crassostrea gigas*), die inzwischen auch an der Nordseeküste vorkommt (Foto und [2]). Sie siedelt sowohl in der Gezeitenzone (Litoral) als auch in dauerhaft überfluteten Küstenzonen (Sublitoral). Eier und Spermien von Austern beider Lebensräume mischen und finden sich im freien Wasser. Die entstehenden Muschel-Larven litoralen und sublitoralen Ursprungs leben planktonisch, bis sie sich nach einigen Monaten an der Küste festzementieren. Austern in der Gezeitenzone wachsen langsamer und sind kleiner als die sublitoralen Artgenossen, dafür aber hitzetoleranter. Es gibt also Unterschiede im Phänotyp ausgewachsener litoraler und sublitoraler Austern.

### Common-garden-Experiment

Um zu untersuchen, ob es sich dabei um genetische oder epigenetische Unterschiede handelt, setzte eine Forschergruppe aus China eine Variante des *common-garden*-Experimentes (Gemeinschaftsgarten) ein [3]. Wie der Name „Garten“ vermuten lässt, wurde diese klassische Experimentform ursprünglich für Genotyp-Phänotyp-Umwelt-Untersuchungen von Pflanzen konzipiert. Sie eignet sich aber auch für fest-sitzende Tiere wie die Austern. Bei einem *common-garden*-Experiment werden Individuen aus verschiede-



**ABB. 1** Pazifische Austern in Hafenanlagen der Nordseeküste. Foto: Inge Kronberg.

nen Lebensräumen (bei der Auster Litoral und Sublitoral) vorübergehend zusammen in einem Gemeinschaftsgarten (hier unter konstanten Laborbedingungen) gehalten und zur Fortpflanzung gebracht. Die Nachkommen sind genetisch also nicht auf bestimmte Umweltbedingungen vorselektiert. Eine Hälfte dieser Folgegeneration wird während der (Larval-)Entwicklung einem veränderten Umweltfaktor (Hitzeschock: 6 h bei 35°C im Labor) ausgesetzt, die andere bleibt unbeeinflusst. Von diesen beiden Gruppen wird anschließend wieder jeweils eine Hälfte (der Jungmuscheln) in die unterschiedlichen natürlichen Lebensräume (Käfige in Litoral bzw. Sublitoral) ausgesetzt. Beim Austern-Experiment gab es also vier in Käfigen gehaltene Austern-Gruppen: Eine mit und eine ohne Hitzeschock im Litoral, eine mit und eine ohne Hitzeschock im Sublitoral. Anschließend wurden Phänotyp, Methylierungsmuster und Genexpression der vier Gruppen verglichen.

Das Ergebnis [4]: Im Litoral ist die Methylierung der Austern geringer als im Sublitoral; es sind also mehr Gene aktiv – vor allem solche, die für Entwicklungsprozesse und Apoptose kodieren. Das macht diese Muscheln plastisch und anpassungsfähig für die starken Temperaturschwankungen in ihrem Lebensraum, bremst aber ihr Wachstum. Im Sublitoral ist die Methylierung dagegen höher; es sind also weniger

Gene aktiv und zwar vor allem solche, die für die Homöostase zuständig sind. Sublitorale Austern zeigen dadurch weniger phänotypische Plastizität und sind weniger anpassungsfähig. Bei den mit Hitzeshock behandelten Austern sind die Unterschiede zwar etwas deutlicher, aber offenbar spielen die Umweltbedingungen während der langfristigen Entwicklung im Lebensraum eine größere Rolle als ein kurzzeitiger Stressfaktor.

DNA-Methylierungen vermitteln das unterschiedliche Erscheinungsbild von Austern bei der Anpassung an verschiedene Umweltbedingungen. Diese neuen Einsichten in die Epigenetik der phänotypischen Plastizität verbessern das Verständnis von Akklimatisierung und Anpassung. Die Anpassungsfähigkeit von Austern an erhöhte Temperaturen ist nicht nur für die Aquakultur von Austern wichtig, sondern auch für den Küstenschutz durch Austern-

riffe und deren Fortbestand im Klimawandel.

### Literatur

- [1] A. Li et al. (2018). *Front. Physiol.* 9, 825, 125.
- [2] I. Kronberg (2011). Austern – mehr als Luxus. *Biologie in unserer Zeit* 41, 232–233.
- [3] P. de Villemereuil et al. (2016). *Heredity* 116, 249–254.
- [4] X. Wang et al. (2021). *Heredity* 126, 10–22. <https://doi.org/10.1038/s41437-020-0351-7>

Inge Kronberg, Bäum

## ZELLBIOLOGIE

### Bringt Gewebe in Form: die Basallamina

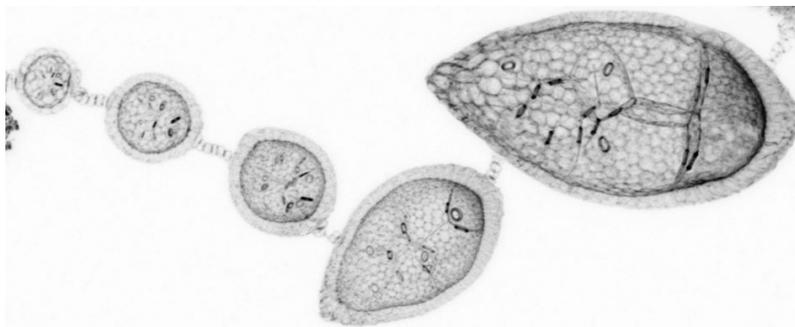
*Die Basallamina, eine dünne Proteinschicht im extrazellulären Raum, umgibt nahezu alle Gewebe. Durch die Vermittlung biochemischer und physikalischer Signale spielt sie dabei eine aktive Rolle in der Gestaltung, aber auch beim Erhalt von Geweben und Organen. Die Veränderung der molekularen Zusammensetzung moduliert diese Fähigkeiten.*

Die *Global tissue revolutions* [1], eine Publikation aus der Fachzeitschrift *Science* des Jahres 2011, löste in der Tat einen Hype um die Rolle der Basallamina in der aktiven Gestaltung von Geweben und Organen aus. Im genetischen Modellorganismus *Drosophila melanogaster* migrieren die Follikelzellen der Eikammer (Abbildung 1) auf der umschließenden Basallamina. Die kollektive Bewegung führt zur Rotation

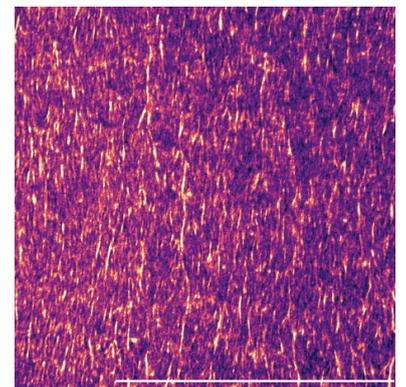
des gesamten Gewebes. Die Basallamina gewinnt dadurch eine strukturelle Polarisierung (Abbildung 2). Diese und wahrscheinlich weitere Mechanismen führen zu einer mechanischen Heterogenität der Basallamina. In ihrer zentralen Region ist die Basallamina steifer als an der vorderen und hinteren (anterioren und posterioren) Region der Eikammer [2], [3]. Jene Ungleichheit führt dazu, dass die Basallamina

dem immensen Wachstumsdruck lokal unterschiedlich entgegenhält. Eine ursprünglich runde Eikammer dehnt sich entlang ihrer anterior-posterioren Achse aus und bekommt eine ellipsoide Form (Abbildung 1). [4].

Die mechanischen Eigenschaften der Basallamina spielen eine wichtige Rolle bei der ordnungsgemäßen Ausdehnung der sich entwickelnden Eikammer. Welche molekularen Mechanismen und wie die individuellen Proteine der



**ABB. 1** Eikammern von *Drosophila melanogaster* in verschiedenen Entwicklungsstadien. Fluoreszenzfärbung des filamentären Aktins (f-Aktin) an Entwicklungsstadien von Eikammern in verschiedenen Stadien. Frühe Entwicklungsstadien sind rund und dehnen sich entlang ihrer Längsachse aus. Abgebildet sind Stadien zwischen 2–8 (v. li. n. re.). Die einzelnen Eikammern sind im Inneren aus den Keimbahnzellen und darauf liegenden somatischen Follikelzellen zusammengesetzt. Einzelne Eikammern werden durch Stielzellen verbunden.



**ABB. 2** Verteilung von Kollagen IV in der Basallamina einer Eikammer im Stadium 8. Die Basallamina der Eikammer bekommt neben ihrer flachen Organisation (lila), polarisierte, konzentrierte Strukturen (gelb, weiß). Diese faserartige Organisation wird bis Stadium 8 etabliert und beinhaltet alle Hauptkomponenten der Basallamina. Gezeigt ist hier ein Fusionsprotein von Kollagen IV mit einem grünfluoreszierenden Protein (GFP) in einer Intensitätsskala mit niedrigem Signal in lila und hohem Signal in weiß. Messbalken: 50 µm.