

ENTWICKLUNGSBIOLOGIE

Parthenogenese durch genetische Manipulation bei *Drosophila*

Einem Forschungsteam ist es durch genetische Manipulation gelungen, „jungfräuliche Geburten“ (Parthenogenese) bei der Taufliege *Drosophila melanogaster* auszulösen, also bei einem Tier, das sich normalerweise rein geschlechtlich fortpflanzt. Zu diesem Zweck sequenzierten sie Gene, deren Aktivität bei der verwandten, fakultativ parthenogenetischen Art *Drosophila mercatorum* darüber entscheiden, ob sich eine Eizelle auch ohne befruchtende Spermienzelle weiterentwickelt. Beeinflusst man die Genaktivität einer passenden Genkombination in *Drosophila melanogaster*, erzeugen auch diese Taufliegen parthenogenetische Nachkommen. Sie entstehen durch eine Verschmelzung von Meiose-Polzellen, weisen eine de-novo-Zentrosomenbildung auf und sind überwiegend triploid.

Zur sexuellen Fortpflanzung gehören normalerweise zwei Individuen: ein Weibchen mit Eizelle und ein Männchen mit Spermienzelle. Eine Jungfernzeugung (Parthenogenese) erscheint aus Menschensicht als biblische Ausnahme, ist vor allem bei Wirbellosen aber verbreitet [1].

Parthenogenese (eingeschlechtliche Fortpflanzung, engl. *asexual reproduction*) ist ein Sammelbegriff für Fortpflanzungstypen, bei denen sich eine Eizelle ohne Befruchtung zu einem Organismus mit rein mütterlichen Genen weiterentwickelt. Die zellulären Abläufe sind recht unterschiedlich: So kann eine diploide Vorläuferzelle der Eizelle sich zum Beispiel mitotisch zu einem kompletten Organismus weiterentwickeln. Geht der Parthenogenese eine Meiose voraus, kann aus der entstandenen haploiden Eizelle ein ebenfalls haploider Nachkomme hervorgehen. Dies ist etwa bei Bienen der Fall. Verschmilzt die unbefruchtete Eizelle dagegen mit einer der Meiose-Polzellen, entstehen diploide Nachkommen. Die Eizelle kann aber auch gleich mit mehreren Polzellen verschmelzen, daher ist Polyploidie bei parthenogenetischen Arten häufiger als sonst. Anders als bei der ungeschlechtlichen Vermehrung besteht der eingeschlechtliche Nachwuchs also

nicht unbedingt aus elterlichen Klonen, sondern weist durch genetische Rekombination eine gewisse Variabilität auf.

Bei Säugetieren verhindern epigenetische Methylierungen die Entwicklung von Embryonen mit rein mütterlichen Genen und damit die Parthenogenese. Väterliche Gene sind offenbar bei der Bildung von Fruchtblase und Plazenta unersetzlich. Ohne Befruchtung fehlen außerdem die von der Spermienzelle übernommenen Zentrosomen, die den Spindelapparat bei der Zellteilung organisieren.

Die Fähigkeit zur Parthenogenese hat durchaus evolutive Vorteile, denn sie erspart nicht nur die aufwändige Partnersuche und Paarung, sondern ist gleichzeitig eine reproduktive Absicherung für isolierte Weibchen in einer günstigen Umwelt. Das gilt besonders, wenn regelmäßig oder umweltbedingt zwischen sexueller Fortpflanzung und Parthenogenese gewechselt wird.

Fakultative Parthenogenese bei *Drosophila*

Das Haustier der Genlabore *Drosophila melanogaster* pflanzt sich sexuell fort, Parthenogenese kommt bei dieser Art nicht vor (Abbildung 1). Anders ist es bei der verwandten Art *Drosophila mercato-*

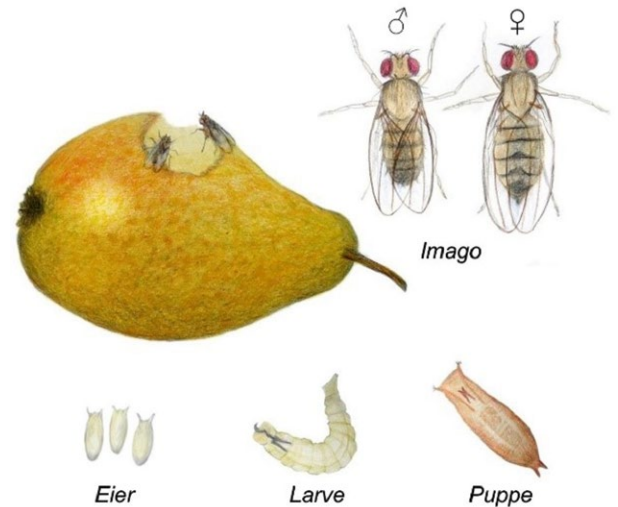


ABB. 1 Entwicklung der Taufliege *Drosophila melanogaster*. Abb. Inge Kronberg.

rum; hier gibt es Linien mit rein parthenogenetischen Nachkommen [2]. Ein Vergleich der Speicheldrüsen-Riesenchromosomen von *D. mercatorum* mit und ohne Parthenogenese zeigt bereits im Lichtmikroskop abweichende Chromosomen-Inversionen [3, 4]. Die jeweiligen Eier weisen Unterschiede in der Genexpression von 44 Genen auf, welche Zellteilung, Zentrosomenorganisation, Spindelbildung sowie den Zellzyklus beeinflussen. Sie kommen für die Steuerung der fakultativen Parthenogenese in Frage. Homologe Gene finden sich bei *D. melanogaster*; ihre Aktivität lässt sich dort mit der CRISPR/Cas-Methode ausschalten oder durch zusätzliche Kopien verstärken. Die Manipulation von nur einzelnen Genen führte dabei nicht zu entwicklungsfähigen Eiern. Wurde dagegen die Expression in der Kombination von drei ausgewählten Kandidatengen verringert bzw. gesteigert, entstanden durch diese Manipulation in *D. melanogaster* eingeschlechtliche Nachkommen, die ihrerseits zur Parthenogenese befähigt waren. Bei ihnen waren nach der Meiose Polzellen mit der Eizelle verschmolzen und Zentrosomen entstanden. Die Nachkommen waren teilweise triploid.

Damit ist eine genetische Basis der fakultativen Parthenogenese bei Tauflieden nachgewiesen. Möglicherweise lässt sich diese balancierte Über- oder Unterexpression von Genen auch bei anderen parthenogenetischen Arten finden. Das ist im Hinblick auf viele Ernteschädlinge interessant, die sich wie die Blatt-

läuse auch ohne Paarung sehr stark vermehren.

Literatur

- [1] I. Kronberg (2014). Genomik – Männerfreie Gesellschaft bei den Rädertieren. *BiuZ* 44 (4), 222–223.
- [2] A. R. Templeton (1979). The unit of selection in *Drosophila mercatorum*. *Genetics* 92, 1265–1282.

- [3] A. I. Sperling et al. (2023). A genetic basis for facultative parthenogenesis in *Drosophila*. *Current Biology*, <https://doi.org/10.1016/j.cub.2023.07.006>
- [4] A. Oza (2023). ‘Virgin birth’ genetically engineered into female animals for the first time. *Nature*, <https://doi.10.1038/d41586-023-02404-z>

Inge Kronberg, Büsum

ORNITHOLOGIE

Zwei Zugwege beim Kormoran

Der Kormoran ist eine Vogelart, die nicht selten im Fadenkreuz von Freizeitanglern und Berufsfischern einerseits und Vogelschützern andererseits steht. Umso wichtiger sind Erkenntnisse zur Lebensweise der Art, die so manches Vorurteil ausräumen und zur Versachlichung der Diskussionen beitragen können.



ABB. 1 Der Name Kormoran (*Phalacrocorax carbo*) leitet sich von dem altfranzösischen Wort für Wasserrabe ab. Die weitverbreiteten Küstenvögel ernähren sich fast ausschließlich von Fisch.

Im Jahr 2009 begann die Beringungszentrale Hiddensee – eine von drei dieser über Deutschland verteilten Einrichtungen – ein Farbberingungsprogramm an Kormoranen (*Phalacrocorax carbo*, Abbildung 1). Bis zum Jahr 2020 wurden 5078 Jungvögel im oder am Nest beringt, wovon 2767 bis zum 31.10.2020 wieder gefunden

wurden. Erkenntnisse zum Jahresaufenthalt, zur Zugphänologie, zum Ansiedlungsverhalten sowie zum Winterquartier waren das Ergebnis. Dabei kristallisierten sich zwei Zugwege heraus: „Der südliche über den Alpenraum nach Norditalien, von hier aus gegebenenfalls weiter über Korsika/Sardinien bzw. Italien/Malta bis nach Tunesien und Alge-

rien. Der westliche Zugweg umfasst den Abzug nach Südwesteuropa (Holland, Belgien, Frankreich, Spanien, Portugal). Auch Überwinterungen im französischen und spanischen Binnenland und an der Mittelmeerküste sowie Westalgerien und Marokko werden diesem Zugweg zugerechnet“, so die Autoren in der Zeitschrift „Vogelwarte“.

Doch nicht alle gekennzeichneten Kormorane erwiesen sich als ausgesprochene Zugvögel. Während einige Vögel unweit des Geburtsortes (in weniger als 100 km Entfernung) überwinterten, zogen andere weiter als 2500 Kilometer.

Bei der Wahl des Zugweges scheint die Herkunft eine Rolle zu spielen: Der Anteil der Vögel, der den südlichen Zugweg wählt, ist umso größer, je weiter südlich die Herkunftskolonie liegt. Auf dem westlichen Zugweg ziehen Jungvögel, die von der Ostseeküste oder aus dem norddeutschen Binnenland stammen, weiter als ältere Vögel. Auch der Heimzug von Jung- und Altvögeln unterscheidet sich deutlich: Altvögel verlassen ihre Überwinterungsgebiete überwiegend ab Mitte Februar, wobei in der zweiten Märzhälfte der Heimzug weitgehend abgeschlossen ist. Die Jungvögel dagegen kehren langsam – d. h. bis Ende Mai – aus dem Winterquartier zurück.

Literatur

- [1] C. Behringer et al. (2022). *Vogelwarte* 60, 169–192.

Wilhelm Irsch, Reblingen-Siersburg