

Streiflichter

■ Superschnelle Wüstenameise

Ameisen genießen große Aufmerksamkeit von Biowissenschaftlern, z.B. werden auffällige und außergewöhnliche Verhaltensweisen an diesen sozial lebenden Insekten untersucht. Ameisen besiedeln die unterschiedlichsten Lebensräume und weisen eine enorme Vielfalt an dafür geeigneten Ausstattungen auf (auch an dieser Stelle wurden bereits wiederholt entsprechende Untersuchungen vorgestellt). Wüstenameisen leben in einem extremen Habitat, z.B. in Bezug auf Temperatur, Wasser, Nahrung etc. So lebt *Cataglyphis bombycina* in den Sanddünen der Nordafrikanischen Sahara und zeigt nach Untersuchungen von PFEFFER et al. (2019) mit 855 mm/s die höchste Geschwindigkeit, die bisher für solche Tiere gemessen wurde. Die Ameise legt bei diesem Tempo in einer Sekunde eine Strecke zurück, die dem 100-Fachen ihrer Körperlänge entspricht. Übertragen auf einen Menschen mit einer Kör-

pergröße von 1,80 m würde das einer Geschwindigkeit von 180 m/s entsprechen. Usain Bolt, der 2009 in Berlin den aktuellen Weltrekord über 100 m in 9,58 s aufstellte, könnte da nur staunen; er musste aber auch eine sehr viel größere Masse beschleunigen.

Diese extrem hohe Geschwindigkeit erreichte *C. bombycina* mit kürzeren Beinen als die bisher geführte Rekordhalterin *C. fortis*. Die Analyse von Videos aus Hochgeschwindigkeitsaufnahmen lieferte Hinweise auf eine sehr hohe Schrittfrequenz (< 40 Hz) und extrem schnelle Bewegung beim Schwingen der Beine (bis zu 1400 mm/s). Bei diesen schnellen Bewegungen sind die Beine sehr gut synchronisiert, und zwar so, dass immer drei Beine aus Vorder- und Hinterbein einer Seite mit dem mittleren Bein der anderen Seite einen Dreibeinstand zeigen. Die Beine berühren den Untergrund nur sehr kurze Zeit (7 ms) und die Ameise befindet sich vor dem folgenden Dreibeinstand ohne Boden-

berührung in der Luft, sie „fliegt“ quasi. Diese „Flugphasen“ treten bereits auf, bevor die Höchstgeschwindigkeit erreicht wird.

Für die Wüstenameise, die tagaktiv ist und in der Mittagshitze bei wenig Verkehr im Wüstensand auf Nahrungssuche geht, sind diese Fähigkeiten sehr hilfreich: So ist sie nicht unnötig lange der lebensfeindlichen Hitze ausgesetzt. Im Übrigen scheint sie die hohen Temperaturen für ihre Höchstgeschwindigkeit zu benötigen, im Labor bei kühlen 10 °C erreichten die Ameisen nur Geschwindigkeiten von 57 mm/s. Die beiden von PFEFFER et al. verglichenen Wüstenameisen *C. bombycina* und *C. fortis* erreichen die auffällig hohen Geschwindigkeiten bei ihrer Fortbewegung auf unterschiedliche Weise (Beinlänge, Schrittfrequenz und -länge) und sind doch beide für ihren Lebensraum gut ausgerüstet.

[PFEFFER SE, WAHL VL, WITTLINGER M & WOLF H (2019) High-speed locomotion in the Saharan silver ant, *Cataglyphis bombycina*. J. Exp. Biol. 222, doi:10.1242/jeb.198705] H. Binder



Abb.1 *Cataglyphis bombycina*, die schnellste Ameise der Welt. (Foto: Harald Wolf, mit freundlicher Genehmigung)

■ Epigenetische Steuerung von Augenverlust bei Höhlenfischen

Blinde Höhlenfische sind ein viel zitiertes Beispiel für Rudimentation (Rückbildung von Organen). Schon lange wird der in Teilen Nordamerikas und Mexikos lebende blinde Höhlensalmmler *Astyanax mexicanus* (Familie Characidae) untersucht. Die Fische leben in stockfinsternen Höhlen, in denen die besten Augen nichts nützen würden. Daher ist es nicht verwunderlich, dass ihre Augen rückgebildet sind, obwohl die Gründe dafür nicht sicher geklärt sind: Vorteil durch Materialersparnis? Weniger Angriffsfläche für Infektionen, bloße Folge von Verlustmutationen durch Wegfall der Selektion? (vgl. Diskussion bei JUNKER 2002, 125–127; MORAN et al. 2015) Als Ausgleich für den Verlust des Sehsinnes sind andere Sinnesorgane optimiert, der Stoffwechsel verändert

und andere Anpassungen erfolgt. Die Höhlenformen besitzen z.B. einen sehr viel größeren Bereich mit Geschmacksknospen um das Maul herum (PETERS 1990). Im Großen und Ganzen sind blinde Höhlenfische und die normalen Formen genetisch sehr ähnlich und sie können problemlos Mischlinge bilden.

Die Augen werden bei den blinden Höhlenfischen zunächst weitgehend normal angelegt und beginnen zwei Tage nach der Befruchtung zu verkümmern. Dieser Verlauf hängt damit zusammen, dass die Augenanlage bei Wirbeltieren eine formbildende Funktion bei den ersten Stadien der Kopfausformung hat. Eine zu frühe Störung durch Mutationen führt zu Missbildungen im Kopfbereich.

Die genetischen Ursachen für die Rückbildung der Augen waren bis vor kurzem ziemlich unklar. Es gab zwar Hinweise, dass mehrere Gene betroffen sind und Änderungen im Bereich der Regulationsgene vorliegen (WILKENS 1988), aber es konnten keine Genmutationen sicher identifiziert werden, die für die Augenentwicklung wichtig sind.

Nun konnte eine Forschergruppe zeigen, dass überraschenderweise genetische Änderungen (Mutationen der DNA) nicht ursächlich für den Augenverlust sind, sondern zahlreiche epigenetische Veränderungen (GORE et al. 2018, KOCH 2018). Dabei wird das Erbgut selbst nicht verändert, sondern es werden Gene ein- oder ausgeschaltet, was typischerweise reversibel ist und oft nur einige Generationen anhält (anders als in der Regel bei Mutationen). Epigenetische Änderungen werden durch Umweltfaktoren sozusagen bedarfsgerecht beeinflusst; es handelt sich nicht wie bei den meisten Mutationen um ein Zufallsgeschehen mit gelegentlichen glücklichen Treffern, sondern um eine programmierte Situation. Das Ein- und Ausschalten der Gene erfolgt durch DNA-Methylierung; dabei werden Methylgruppen an DNA-Basen angefügt, was die Inaktivierung der betreffenden Gene bewirkt. Für die Methylierung ist hier das Enzym DNA-Methyltransferase (DNMT3B) zuständig.



Abb.1 Die blinde Form des Höhlensalmers *Astyanax mexicanus* (H. ZELL, CC BY-SA 3.0)

Es stellte sich heraus, dass die Einschränkung der Augenentwicklung bei den *A. mexicanus*-Fischen durch eine epigenetische Stilllegung vieler Gene bewirkt wird. Von diesen Genen werden 26 Gene auch im menschlichen Auge exprimiert (genutzt), und 19 davon sind mit Erkrankungen des menschlichen Auges verbunden. Die Höhlenfische weisen in ihren sich entwickelnden Augen einen höheren Gehalt an DNMT3B auf. Eine Mutation des DNMT3B-Gens beim Zebrafisch führt interessanterweise zu einer höheren Aktivität von Augenogenen und zu größeren Augen. Die Ergebnisse deuten damit insgesamt darauf hin, dass bei den blinden Höhlenfischen eine genetische Veränderung eintrat, die zu erhöhten DNMT3B-Werten führt, was zu einer epigenetischen Unterdrückung vieler Gene für die Augenentwicklung führt. Insgesamt handelt es sich damit um ein Zusammenspiel einer Regulationsmutation, die vielfache epigenetische Änderungen auslöst.

Das Beispiel der blinden Höhlenfische zeigt, dass Veränderungen in der DNA-Methylierung als wichtige molekulare Auslösemechanismen dienen können, die Vielfalt in der Merkmalsausprägung erzeugen. Möglicherweise ist hier eine der Quellen für schnelle Anpassungen zu suchen, denn epigenetisch verursachte Änderungen können – da durch äußere, hier z.B. durch Umweltbedingungen ausgelöst – schnell

eine ganze Population betreffen. Die zeitraubende Fixierung mutierter günstiger Allele (Genausprägungen) entfällt. Und sofern es sich um eine programmierte Situation handelt – optionale Regulierungswege scheinen programmiert zu sein – entfällt auch eine lange Wartezeit auf gelegentlich günstige Mutationen.

[GORE AV, TOMINS KA et al. (2018) An epigenetic mechanism for cavefish eye degeneration. *Nat. Ecol. Evol.* 2, 1155–1160 • JUNKER R (2002) Ähnlichkeiten – Rudimente Atavismen. *Studium Integrale*. Holzgerlingen • KOCH L (2018) All eyes on rapid adaptive evolution. *Nat. Rev. Genet.* 19, 472 • PETERS N (1990) Regressive und rekonstruktive Evolution bei Höhlenfischen – zwei Formen besonders schnellen phylogenetischen Wandels. *Z. zool. Syst. Evolut.-forsch.* 28, 1–11 • MORAN D, SOFTLEY R & WARRANT EJ (2015) The energetic cost of vision and the evolution of eyeless Mexican cavefish. *Sci. Adv.* 1, e1500363] R. Junker

■ Der Belwal, ein Mischling aus Beluga und Narwal

Im Jahr 1990 wurde in Westgrönland ein ungewöhnlich aussehender Schädel eines Gründelwals (Familie Monodontidae) gefunden und an die Universität Kopenhagen (Dänemark) geschickt, wo er mehrere Jahrzehnte lang aufbewahrt wurde. Aufgrund seines intermediären Schädelbaus wurde angenommen, dass es sich um einen Mischling aus Beluga und Narwal handelt. Erst letztes Jahr wurde der Walschädel genauer untersucht. Die 2019 veröffentlichten