

Verwandlungskünstler: Die Raupen des Birkenspanners

Die Raupen des bekannten Birkenspanners können sich durch ein „ausgeklügeltes System“ (EACOCK et al. 2019, 5) tarnen, indem sie sich farblich auf verschiedene Weise an den Untergrund anpassen. Sie nutzen dazu eine visuelle Wahrnehmung außerhalb der Augen: Sie können mit ihrer Haut Farben sehen. Diese plastische Fähigkeit – Reaktionsmöglichkeiten auf unterschiedliche Umweltreize – ist anspruchsvoll und stellt ein klares Design-Indiz dar.

Reinhard Junker

Der Birkenspanner (*Biston betularia*) ist einer der bekanntesten Organismen im Zusammenhang mit Evolution und wird häufig als Paradebeispiel für das Wirken von Mutation und Selektion angeführt. Die ausgewachsenen Falter kommen in heller und dunkler Form vor, die an unterschiedlich gefärbte Aufenthaltsorte des Falters angepasst sind. Seit einigen Jahren ist bekannt, dass ein springendes Gen (Transposon) die Ursache für den Farbwechsel ist (VAN'T HOF et al. 2016) und keine evolutionären Veränderungen stattgefunden haben.

Kaum bekannt ist hingegen, dass auch die Raupen des Birkenspanners gut im Tarnen sind – und zwar sehr viel flexibler und anpassungsfähiger als die Falter. Die dahinterstehenden Mechanismen sind erstaunlich und ermöglichen eine beeindruckende Form von Plastizität. Unter diesem Begriff werden Fähigkeiten von Organismen gefasst, je nach Umweltbedingungen unterschiedliche Phänotypen auszubilden, also Unterschiede z. B. im Aussehen, im Verhalten

oder in der Physiologie – und das ohne Änderung des Erbguts. Bekannte plastische Eigenschaften beim Menschen sind die Verdickung der Hornhaut bei mechanischer Beanspruchung oder die Erhöhung der Anzahl der roten Blutkörperchen bei längerem Aufenthalt in dünnerer Luft.

Plastische Fähigkeiten beruhen auf Variationsprogrammen, die nach Bedarf abgerufen werden können. Plastische Merkmale sind somit sehr viel anspruchsvoller als fixe Merkmale (wie z. B. beim Menschen die Augenfarbe).

Die Raupen des Birkenspanners

Was ist das Besondere an diesen Raupen? Eine Forschergruppe konnte an ihnen erstmals bei einem Gliederfüßer nachweisen, dass sie in der Lage sind, mit ihrer Haut die Farbe ihrer Umgebung zu erkennen (EACOCK et al. 2019). Diese Fähigkeit nutzen sie, um sich farblich an die



Abb. 1 Birkenspannerrau-
pen in unterschiedlicher
Tarnung. (Noor MAF; CC BY
2.5)

Zweige anzupassen, auf denen sie sich aufhalten. Zudem ahmen sie die Form der Zweige nach (Abb. 1). Die Raupen sind dann kaum von einem Zweig unterscheidbar. Die Farbumstellung dauert allerdings einige Stunden. Doch die Raupen können noch mehr. Sie wissen sich damit zu helfen, dass sie aktiv Umgebungen aufsuchen, deren Farbe zu ihrer aktuellen Hautfarbe passt. Die Forscher fanden außerdem heraus, dass Gene, die für das Sehen erforderlich sind, nicht nur in den Augen der Raupen, sondern auch in ihrer Haut exprimiert wurden (zur Ausprägung kommen), und zwar auf dem ganzen Körper.

Birkenspannerrau- pen können mit der Haut „sehen“.

Die Fähigkeit der optischen Wahrnehmung durch die Haut wiesen die Forscher dadurch nach, dass sie den Raupen gleichsam die Augen verbanden, indem sie die Augenzellen (Ocellen) unter Zuhilfenahme eines Mikroskops mit schwarzer Acrylfarbe übermalten. Für die Farbe des Untergrunds, auf dem die Raupen platziert wurden, wählten die Forscher braun, grün, schwarz und weiß; außerdem variierten sie die Leuchtkraft der Farben. So konnten sie nachweisen, dass die Augen nicht benötigt werden, um die Farbe des Untergrundes festzustellen, denn die Farbanpassung erfolgte auch mit den blinden Augen. Die Lichtwahrnehmung erfolgt also außerhalb der Augen; man spricht von extraokularer Photorezeption. Die Forscher vermuten, dass diese Fähigkeit der Wahrnehmung durch die Haut erforderlich ist, weil die Augen der Raupen von *B. betularia* aufgrund ihrer abgewinkelten Zweighaltung während des Tages zu weit von den Zweigen entfernt sind. In dieser Position sowie während des Fressens an Blättern empfangen die Photorezeptoren auf

der Raupenhaut möglicherweise genauere Farb- und Musterinformationen über den ruhenden Zweig als die Ocellen. Die Identität und genaue Lage der extraokularen Photorezeptoren konnten allerdings noch nicht bestimmt werden. Die Autoren vermuten, dass sie mehr oder weniger gleichmäßig in einer Schicht der larvalen Oberhaut verteilt sind.

Diskussion

Werfen wir die Frage auf, ob die Befunde an den Raupen des Birkenspanners eher eine natürlich-evolutive oder eine kreative Entstehung der extraokularen Photorezeptoren nahelegen. Die Autoren schreiben: „Die detaillierte und zusammengesetzte Natur des Farbmusters der Raupe lässt auf eine komplexe Signalverarbeitungskaskade schließen, die die Produktion mehrerer Pigmente in verschiedenen Zelltypen initiiert, steuert und koordiniert“ (EACOCK et al. 2019, 5). Allein dieser Befund spricht dafür, dass es sich bei dieser besonderen Form der Wahrnehmung um eine programmierte biologische Funktion handelt. Er ist aber nur ein Teil einer plastischen Reaktion, die sowohl das Aussehen (farbliche Anpassung) als auch das Verhalten der Raupen umfasst (sie suchen Stellen auf, die ihrer momentanen Färbung entsprechen). Für diese plastische Reaktion muss wie in allen Fällen dieser Art 1. der optische Reiz gemessen werden, 2. der Istwert (vorhandene Farbe) mit einem Sollwert (passende Farbe) verglichen werden und 3. eine Reaktion erfolgen (Änderung der Hautfarbe). Außerdem benötigt das gesamte System eine Führungsgröße, wonach der Sollwert festgelegt wird. Alle Komponenten werden gleichzeitig benötigt und es handelt sich bei allen um anspruchsvolle Fähigkeiten.

Für sich alleine genommen ist Konkurrenz kein ursächlicher Faktor für die Entstehung evolutiver Neuheiten.

Der Farbwechsel bei diesen Raupen ist eine sogenannte kontinuierliche Reaktionsnorm. Das heißt, die Farbänderungen, die aufgrund der Farbhinweise der Zweige in der unmittelbaren Umgebung der Raupen eintreten, sind stufenlos möglich. Plastische Reaktionen können auch diskontinuierlich sein, z. B. bei Frühjahrs- und Sommerformen von Faltern wie beim einheimischen Landkärtchen. Plastische Reaktionen sind aufgrund ihrer nichtreduzierbaren Konstellation ein klares Design-Indiz.

EACOCK et al. (2019, 5) schreiben am Schluss ihres Artikels von einem „ausgeklügelten System der extraokularen Photorezeption und

phänotypischen Plastizität“. Das ist eine offenkundig zutreffende Beschreibung. Dagegen ist ihre Behauptung, dass dieses System durch ein evolutionäres Wettrüsten zwischen Räuber und Beute angetrieben worden sei, durch keinerlei Befunde belegt. Die Idee eines evolutionären Wettrüstens ist als evolutionstheoretisches Konzept ein reines Gedankenmodell ohne empirische Stütze, wenn es wie in diesem Fall um die Entstehung neuer komplexer Systeme geht. Im Gegenteil: In seinem Buch „The edge of evolution“ zeigt Michael BEHE anhand empirischer Studien, dass Konkurrenzsituationen eher zu einer Art „Grabenkrieg“ führen, der tendenziell zu Verlusten führt, und nicht zu einem Wettrüsten (BEHE 2007). Konkurrenz an sich ist demnach kein ursächlicher Faktor für die Entstehung evolutiver Neuheiten.

Ein letzter Aspekt: EACOCK et al. (2019, 5) merken an, dass sich die Strategie, sich in visuell heterogenen Umgebungen auf passenden Hin-

tergründen auszuruhen, auch bei Plattfischen, Molchlarven und Salamandern entwickelt habe, die ebenfalls zu Farbwechseln fähig sind. Unter Voraussetzung von Evolution hätten wir es also wie bei vielen anderen komplexen Fähigkeiten mit konvergenter Entstehung zu tun: Ähnliche Strukturen oder Mechanismen treten ohne verwandtschaftliche Beziehungen auf. Mutmaßliche Konvergenzen komplex-funktionaler Systeme können plausibler als klares Design-Indiz aufgefasst werden.

Literatur

- BEHE M (2007) The edge of evolution. New York.
- EACOCK A, ROWLAND HM, VAN'T HOF AE, YUNG CJ, EDMONDS N & SACCHERI IJ (2019) Adaptive colour change and background choice behaviour in peppered moth caterpillars is mediated by extraocular photoreception. *Comm. Biol.* 2:286.
- VAN'T HOF AE, CAMPAGNE P et al. (2016) The industrial melanism mutation in British peppered moths is a transposable element. *Nature* 534, 102–105.