galathea 19 / 3 • Berichte des Kreises Nürnberger Entomologen • 2003 • S. 123-129
© Kreis Nürnberger Entomologen; download unter www.biologiezentrum.at

Wissenschaftsumschau

Neue Erkenntnisse bei Mimikry

Abstract: report of new investigations on mimicry from articles published in the magazine **nature**: inccurate mimics explained with kin selection; camouflage in crab spiders; warning colours mean suicide; one possible way to speciation.

Bei dem biologischen Phänomen „Mimikry" kommt es zu einer Art "Betrug" in der zwischenartlichen Kommunikation, da ungefährliche Nachahmer dieselben Signale benutzen wie ihre wehrhaften Vorbilder. Die nach Henry W. Bates benannte Form der Mimikry, die er vor 150 Jahren an Schmetterlingen im Urwald Brasiliens erforschte, sieht man heute als ausbalanziertes System von 3 Beteiligten:

dem Signalsender (giftiges oder wehrhaftes Vorbild mit Signalfärbung, geschützt vor Feinden),

dem Signalempfänger (Fressfeind, dessen Angriff durch Farbkombinationen, Gerüche, Verhaltensweisen u.a. abgewehrt werden soll, und der die Signalbedeutung nach einem Erstkontakt sofort erlernt)

und einem Nachahmer, der den Signalsender imitiert und auf sich damit wenigstens einen Teil des Schutzes überträgt.

Sieht man sich beispielsweise die bekannte Schwebfliegen-Wespen-Mimikry an, so findet man unter den Fliegen durchaus etliche gute Imitatoren, die sich ungeniert zeigen wie ihre Vorbilder, und die – menschlich ausgedrückt – darauf setzen, dass ein Fressfeind keinen genauen Vergleich mit dem echten Vorbild ziehen kann und den Schwindel nicht erkennt. Andererseits lebt eine Fülle „schlechter" Nachahmer offensichtlich auch nicht viel gefährlicher als die Superkopien, denn sonst hätten sie längst von der Selektion eliminiert werden müssen.

Wie genau muss ein Vorbild imitiert werden, um ein Maximum an Schutz zu erreichen? Mit diesem Problem befasst sich der 1. Artikel:

Rufus A. Johnstone: „The evolution of inaccurate mimics“
nature 418, 1.8. 2002: 524-526.

– Die Evolution ungenauer Nachahmer -

Das Überleben des Einzelnen (seine individuelle ‚fitness') hängt an der Genauigkeit der Nachahmung: Je präziser, desto größer der Schutz! Untersuchungen zeigten, dass dies nur dann zutrifft, wenn

die Vorbilder häufig sind,
sie sehr wehrhaft und/oder giftig sind und
die Nachahmer alleine auftreten.

Ist der Weg der Farbmusterangleichung erst einmal eingeschlagen, führt der Selektionsdruck in recht kurzer Zeit zu fast perfekten Nachbildern.
Warum gibt es dann so viele ungenaue Nachahmer? Die können nicht nur Nachteile haben!

Johnstone erklärt diese Tatsache mit der „"kin selection" der Soziobiologie. Darunter versteht man seit Hamilton 1964 einen Evolutionsfaktor, der den Fortbestand einer Art unter dem Aspekt der Weitergabe von Genen betrachtet. Demnach muss sich nicht jedes Individuum fortpflanzen. Die Kosten-Nutzen-Rechnung für die Art geht auf, wenn es altruistisch engen Verwandten hilft, denn diese haben viele Gene mit ihm gemein. Klassisches Beispiel ist der Bienenstaat, dessen weibliche Arbeiterinnen auf eigene Nachkommen verzichten, weil sie den garantierten Fortbestand von 50% ihrer Gene haben, wenn sie bei der Aufzucht der Eier der Königin helfen und ihre Arbeitskraft dem gemeinsamen Staat widmen.

Die Verbindung zur Mimikry sieht der Autor so:

Kein Feind kann sich darauf konzentrieren, ungenießbare oder gefährliche Beute strikt zu vermeiden und gleichzeitig die Nachahmer dieses Vorbildes intensiv zu verfolgen. Welche Beute gemacht wird hängt davon ab, wie hoch Einsatz und Gewinn sind, und auch wie teuer ein Irrtum kommt. Wesentliche Eckwerte sind dabei die relative Häufigkeit von Vorbild und Nachahmer und auch der Grad der Ähnlichkeit. Und hier spielt nicht nur die Selektion eines Individuums eine Rolle, sondern auch der Einfluss einer Gemeinschaft verwandter Lebewesen, eben der kin-selection. Sie

kann bei allen Lebewesen einer Gruppe die Ähnlichkeit zu einem Vorbild steigern und so jedem Mitglied den gleichen Vorteil verschaffen. Da keine Unterschiede bestehen, ist auch keiner im Kampf ums Dasein im Vorteil oder benachteiligt.

Je gefährlicher, angriffslustiger und häufiger das Vorbild, desto eher lohnt sich der Aufwand für eine perfekte Kopie, da das das Risiko reduziert, irrtümlich vom Feind gefressen zu werden. Exzellente Nachahmer treten meist alleine auf, kin selection fördert durch Gen-Übereinstimmung das ähnliche Aussehen aller Gruppenmitglieder. Das bessere Überleben durch erhöhten Schutz ist aber kein Anlass für eine stärkere Vermehrung, da beim Übertreffen der Anzahl der Vorbilder der Fressfeind immer öfter einen Nachahmer erbeutet und so die wichtige negative Eingangs-Erfahrung mit dem Vorbild nicht machen kann. Ungenaue Nachahmer können in diesem System kaum profitieren.

Je weniger abschreckend, weniger beißlustig und je seltener ein Vorbild ist, desto früher wird der Fressfeind aktiv. Also lohnt sich in diesem Fall der Aufwand einer perfekten Kopie nicht. Schon eine ungenaue Nachahmung führt bereits zum Optimum des erreichbaren Schutzes, der höchstens durch Ausweitung auf Mimese - Merkmale (Tarnwirkung z.B. durch Imitieren des Hintergrundes oder durch besondere Verhaltensweisen) verbessert werden kann. Beim Auftreten in Gruppen kommt hinzu, dass eventuelle Verluste für die Population insgesamt von geringer Bedeutung sind, erst recht, wenn es sich um altruistisch tätige Mitglieder gehandelt hat. Kin selection unterdrückt eine individuelle Entwicklung und führt zu vielen, aber ungenauen Nachahmern.

So zusammengefasst erscheint es nur logisch, dass perfekten Nachahmern lediglich der Status von Sonderfällen zukommt, die in begrenzten Gebieten auftreten. Ungenaue Nachahmer dagegen kennt man aus allen Artgruppen und Bereichen.

Die hier erklärte Anpassungshypothese von Johnstone macht folgende Vorhersagen:
erstens eine Population genauer Nachahmer genießt mehr Schutz als eine Population schlechter Nachahmer wenn das Vorbild häufig und/oder echt gefährlich ist. Umgekehrt gilt, dass eine Population optimaler Imitatoren schlechter dran ist als die

ungenauen Nachahmer, wenn das Vorbild selten und/oder weniger gefährlich ist.
zweitens ein ungenaues Nachahmen reicht bei schwachen und seltenen Vorbildern, mehr Genauigkeit lohnt nicht und
drittens ungenaues Nachahmen wird gefördert bei Arten mit begrenzter Verbreitung und einem Leben in Familiengruppen.

So einleuchtend sie sind, ein experimenteller Nachweis dieser drei Thesen dürfte nicht einfach sein.

Literatur

Campbell. Biology, Third Edition, Benjamin/Cummings Publishing Co. 1993
g-o.de Wissen Online Eine Sensation im brasilianischen Urwald... Batessche Mimikry www.g-o.de/kap4a/40ld0005.htm - 9k . Internet-download am 15.11.03
Library: Kin Selection www.taumoda.com/web/PD/library/kin.html - 6k. Internet-download am 15.11.03

Marc Théry & Jérôme Casas : Predator and prey view of spider camouflage. nature 415, Heft Januar 2002, S. 133
- Tarnfärbung einer Spinne aus der Sicht des Jägers und der Beute -

Jeder kennt Krabbenspinnen (*Thomisus onustus*), die auf Blüten lauern, um vor allem Honigbienen zu erbeuten. Meist sind die Spinnen farblich verblüffend der Blütenfarbe angepasst. Diese Blütenmimikry ist für das menschliche Auge sofort überzeugend. Die Autoren weisen aber darauf hin, dass es bisher keine experimentelle Bestätigung dafür gab, dass einerseits der Tarneffekt bei den zu erbeutenden Bienen wirkt, gleichzeitig aber auch bei den eigenen Feinden, insektenfressenden Singvögeln, funktionieren muss. Insekten und Vögel haben unterschiedliche optische Systeme. Die Vögel sehen UV, Grün, Blau und Rot, die Insekten aber nur die ersten drei, ohne Rot. Empfindlichkeit und Anzahl der Rezeptoren sind bei beiden Gruppen sehr verschieden. Bei ihrer (in Grenzen möglichen) Farbangleichung an die Unterlage müssen die Spinnen in der Lage sein, eine solche Farbmischung hervorzubringen, die beiden Zwecken genügt. Durchgeführte Farbkontrast-Messungen zeigen, dass die Tarnfärbung für beide optische Systeme taugt. Durch Strukturveränderungen in ihrer Haut vermag eine

Krabbenspinne vor allem den Grad des Farbkontrastes zu variieren. Da darauf Vogel- und Insektenaugen besonders reagieren, erhöht das den Tarneffekt und vergrößert den Jagderfolg.
Wahrscheinlich gelten diese Ergebnisse auch für die bekannten Blüten-Gottesanbeterinnen (*Pseudocreobotra wahlbergi* und *Hymenopus coronatus*).

Mike Speed & Graeme D. Ruxton : Evolution of suicidal signals.
nature 414, 28.3.2002: 375

- Evolution von Selbstmord-Signalen –

Warnfarben schützen vor Fressfeinden. Giftige Schlangen, Baumsteigerfrösche und die verschiedensten toxischen Insekten leben mit ihrer Anti-Feind-Ausrüstung offenbar bestens. Sie entkommen ihren Verfolgern, zumal diese bereits durch negative Erfahrungen vorgewarnt sind.
Aber wie sind solche Signale entstanden?
Ein Warnsignal bringt Schutz vor Feinden, die seine Bedeutung erlernt haben. Die gleichen Signale aber heben den Träger hervor und erregen erst die Aufmerksamkeit des Feindes. Dieser wird mit seiner ersten Beute die Bedeutung der Färbung sofort erlernen – Abschreckung gelungen, aber glatter Selbstmord für den Farbträger!
Ein Warnsignal wie die Gelb-Schwarz-Ringelung ist so verbreitet, dass die Verlustrate für jede beteiligte Art gering bleibt. Träger neuer Warnsignale dagegen verlieren für den Lernprozess ihrer Feinde so viele Individuen, dass sie vielleicht aussterben.
Wie könnten also solche Signale im Laufe der Evolution entstanden sein?
Eine Co-Evolution von Jäger und Beute kann man wohl voraussetzen. T.N.Sherratt (2002) stellte jetzt ein mathematisches Modell vor, das die Faktoren „ungenießbar" und „auffallend" koppelt und die Entscheidung eines Jägers von anderen nachahmen lässt. So können sie lernen, welche Beute sich rentiert und welche man meiden soli. Folglich gilt, nicht die mit Verteidigungswaffen ausgerüstete auffallende Beute ist essbar, sondern die unauffällige muss man suchen. Mit einem solchen Filter kann man gut leben, zumal er sich noch verfeinern lässt. Damit eignen sich die Jäger neue Strategien an, die auch innerhalb einer Art durchaus unterschiedlich sein können. So bleiben die „Lern-Verluste" doch

gering, so dass die Entstehung von Arten mit neuen Mustern vorstellbar wird.
Wie es aber begann und was eine ehemals unauffällige Beute veranlasst haben kann, Gifte und Warnfarben zu entwickeln bleibt zur Zeit ohne Antwort.

Chris D. Jiggins, Russell E. Naisbit, Rebecca L. Coe & James Mailet: Reproductive isolation caused by colour pattern mimicry. nature 411, 17.5.2001: 302-305
- Entstehung neuer Arten durch Farbmuster-Mimikry -

In Mittelamerika leben Schmetterlinge der artenreichen Gattung *Heliconius*, an denen die Müllersche Mimikry entdeckt worden ist – ungenießbare Arten ahmen ungenießbare nach und minimieren so die Verluste für die eigene Art durch Opferung für den Lernprozess der Feinde. Die dauerhafte Eigenständigkeit der Arten in der Evolution wird dadurch sicherer und leichter, indem ökologische Adaptation bereits die richtigen Partner zusammenführt.
Das sympatrische Vorkommen vieler Arten durch ökologische Anpassung an denselben Lebensraum begünstigt aber auch Mischpaarungen, obwohl sie wegen unterschiedlichem Habitat und der Mimikry-Bindung mit ihrem Flügelmuster selten sind und Pheromone wohl auch eine Rolle spielen. Die aus einer solchen Paarung hervorgehenden sterilen Weibchen-Hybriden können sich nicht fortpflanzen und die fertilen Männchen-Hybriden unterliegen mit ihrem für einen Fressfeind nicht einzuordnenden Farbmuster der Selektion.
Die Erforschung der enormen Vielfalt der Mimikry-Muster und –Beziehungen führte zu folgender Entdeckung:
Heliconius melpomene ahmt *H. erato* nach; beide leben im Waldrandbereich und auf Lichtungen;
Heliconius cydno ahmt *H. sapho* nach, diese beiden bewohnen den Primärwald.
Schon aus dem Grunde unterschiedlicher Lebensräume ist eine Paarung von *H. melpomene* mit *H. cydno* unwahrscheinlich. Umso überraschender ist es, dass es unter künstlichen Bedingungen zur Kopula kommt, und zwar umso intensiver, je weiter das Herkunftsgebiet beider Partner voneinander entfernt liegt (Allopatrie).

Wenn Farbgebung und Erscheinungsbild sich so dramatisch verschieben wie im Fall der beobachteten Kreuzung von *H. melpomene* mit *cydno*, ist eine gekoppelte Entwicklung von freier Partnerwahl mit der Entstehung mimetisch wirksamer Muster durchaus vorstellbar. Das Ergebnis wäre Reproduktive Isolierung, also die Entstehung neuen Arten.

Die Redaktion

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Galathea, Berichte des Kreises Nürnberger Entomologen e.V.

Jahr/Year: 2003

Band/Volume: 19

Autor(en)/Author(s): Anonymus

Artikel/Article: Neue Erkenntnisse bei Mimikry 123-129