



Die Darwinfinken - Evolution im Zeitraffer

Erkenntnisse eines britischen Ehepaares aus mehr als 30 Jahren Forschung auf den Galapagosinseln

Seit 1973 studiert das Forscherpaar Rosemary und Peter Grant die Darwinfinken auf den Galapagosinseln. Mit ihrer Arbeit konnten sie unter anderem zeigen, dass Evolution viel schneller abläuft, als Darwin meinte. Dieses Tempo lässt sich möglicherweise mit den Artvermischungen erklären, die die Grants immer wieder beobachtet haben.

Charles Darwin wurde unter anderem durch die Tierwelt der Galapagosinseln zu seiner Evolutionstheorie inspiriert. Sie selbst erforschen die dort heimischen Darwinfinken seit nunmehr 33 Jahren. Was ist so besonders an diesen Vögeln?

Rosemary Grant: Ein Forscher namens David Lack hatte 1947 in einem Buch beschrieben, dass Schnabelgrösse und Körpergrösse innerhalb einer Darwinfinken-Population extrem schwanken können - wäre die Körpergrösse von Menschen ähnlich variabel, so würden wir zwischen 1,5 und 2,5 Meter gross.

Peter Grant: Die Frage für einen Evolutionsbiologen war daher, warum innerhalb mancher Darwinfinken-Populationen so grosse Unterschiede auftreten, während sich die Individuen anderer Populationen nicht so stark voneinander unterscheiden.

Rosemary G.: Ausserdem interessierten wir uns für die Aufspaltung einer Art in verschiedene Arten, die sogenannte adaptive Radiation. Bei den Darwinfinken hatte diese Aufspaltung in 14 Arten vermutlich erst vor relativ kurzer Zeit stattgefunden, und keine der Arten war aufgrund menschlicher Einflüsse ausgestorben. Die Situation war also so natürlich wie nur möglich.

Konkurrenz um Nahrung

Was wusste man über die Darwinfinken, als Sie 1973 ihre Forschung begannen, und was wusste schon Darwin?

Peter G.: Darwin hat die Galapagosinseln 1835 nur während fünf Wochen besucht und die Finken nicht direkt erforscht, sondern lediglich Exemplare für Museen gesammelt. In England wurden diese Exemplare dann von einem Systematiker namens John Gould untersucht, und erst durch dessen Arbeit erkannte Darwin, wie viele

verschiedene Finken-Arten er auf den Galapagosinseln gesammelt hatte. Zu dieser Zeit hatte Darwin nur eine vage Vorstellung von evolutionärem Wandel. Er formulierte deshalb vorsichtig, die Abstufung der Schnabelgrösse bei den verschiedenen Finken-Arten könne einen fast auf den Gedanken bringen, hier sei eine Art in verschiedene Richtungen verändert worden. Diese Erkenntnis spielte eine Rolle bei der Entwicklung seiner Evolutionstheorie.

Ende der 1930er Jahre hat dann David Lack beobachtet, dass sich zwei bestimmte Arten von Darwinfinken im Hinblick auf die Schnabelgrösse stark unterscheiden, wenn sie beide auf derselben Insel vorkommen. Auf Inseln des Archipels, auf denen nur eine der beiden Arten lebt, variiert die Schnabelgrösse dieser Vögel hingegen zwischen dem für diese Art «normalen» Mass und der Schnabelgrösse der fehlenden Art.

Lack vermutete deshalb, dass sich die zwei Arten das Nahrungsangebot aufteilten, wenn sie gemeinsam auf einer Insel lebten. So spezialisiere sich eine Art auf grosse Samen und entwickle grosse Schnäbel, die andere auf kleine Samen und habe entsprechend kleinere Schnäbel. In Abwesenheit eines Konkurrenten falle diese Spezialisierung dagegen weg, und die allein auf der Insel lebende Art nutze das gesamte Nahrungsangebot von kleinen bis zu grossen Samen und zeige die entsprechende Bandbreite an Schnabelmassen. Das war allerdings nie wirklich erforscht worden, man hatte die Nahrung der verschiedenen Arten nur aus ihrer Schnabelgrösse abgeleitet.

Die Hypothese war also, dass die unterschiedliche Schnabelgrösse der zwei Arten auf gemeinsam bewohnten Inseln eine evolutionäre Anpassung an die Konkurrenz um Nahrung darstelle?

Peter G.: Genau. Ein Grossteil unseres Wissens über Konkurrenz und ihre Rolle in der Evolution stammt aus solch indirekten Beobachtungen. Evolution in Wirbeltieren, so war schon Darwin überzeugt, sei ein derart langsamer Prozess, dass man ihn gar nicht wahrnehmen könne. In Experimenten mit zwei Mäuse-Arten hatte ich jedoch klare Hinweise darauf gefunden, dass diese beiden Arten in der Natur um Lebensraum konkurrierten. Die Schlussfolgerung daraus war, dass man Konkurrenz zwischen wildlebenden Wirbeltier-Arten sehr wohl auch in der Gegenwart beobachten kann. Deshalb wollten wir die Darwinfinken und ihre Nahrung im Detail untersuchen - zuvor hatte man die Nahrung der verschiedenen Arten nämlich nur aus ihrer Schnabelgrösse abgeleitet.

Anpassung an die Umwelt

Was war Ihre konkrete Fragestellung?

Rosemary G.: Wir wollten wissen, wie genau verschiedene Arten aus einer einzigen entstehen.

Peter G.: Laut der in der Biologie üblichen Definition werden zwei Populationen, die sich auseinander entwickelt haben, dann als zwei Arten betrachtet, wenn sie sich zwar noch gelegentlich vermischen, dabei aber als zwei getrennte Populationen bestehen bleiben. Natürlich können wir nicht den gesamten Prozess studieren, denn das dauert zu lange - niemand weiss, wie lange.

Rosemary G.: Aber wir bekommen eine Vorstellung davon, wie sich die Darwinfinken bei der Besiedlung der verschiedenen Galapagosinseln an die jeweils herrschenden Umweltbedingungen angepasst haben, wenn wir eine Darwinfinken-Population über die Zeit verfolgen. Auf dem Galapagos-Archipel wechseln sich nämlich niederschlagsreiche Jahre ab mit Perioden extremer Trockenheit, in denen die Vögel nicht brüten und ein Grossteil der Population stirbt. Die Umweltbedingungen ändern sich also auch hier, nur eben im Laufe der Zeit, nicht mit der Ausbreitung von Insel zu Insel. Das war ein anderer Grund, warum sich der Galapagos-Archipel so gut für unsere Forschung geeignet hat.

Welche Veränderungen haben Sie beobachtet?

Rosemary G.: Wir haben mehrmals Wechsel von grösseren zu kleineren und wieder zu grösseren Schnäbeln gesehen, und wir wissen auch, warum diese Veränderungen stattgefunden haben, weil wir ja gleichzeitig das Nahrungsangebot gemessen haben. Wir konnten also evolutionäre Anpassungen einer Wirbeltier-Population an sich verändernde Umweltbedingungen dokumentieren; das hatte zuvor als unmöglich gegolten.

Peter G.: Falls wir bisher also irgendeinen Einfluss auf die Evolutionstheorie hatten, dann indem wir gezeigt haben, dass Evolution in Wirbeltieren sehr schnell geschehen kann, innerhalb nur einer Finken-Generation.

Und die Hypothese ist, dass Artbildung auch nach diesem Muster abläuft?

Peter G.: Ja. Wir haben einen kleinen Teil von diesem Prozess gesehen.

Rosemary G.: Eine andere wichtige Frage im Hinblick auf die Entstehung neuer Arten ist, was geschieht, wenn Populationen, die sich - etwa auf verschiedenen Inseln - auseinander entwickelt haben, wieder aufeinander treffen. Was hindert sie daran, sich wieder zu vermischen und zu einer grossen Population zu verschmelzen? Hinweise auf einen solchen Isolationsmechanismus verdanken wir einzelnen Individuen, die bei der Partnerwahl einen «Fehler» machen und sich mit einem Mitglied der anderen Population paaren.

Wie kann man sich das konkret vorstellen?

Rosemary G.: Kaktus-Grundfinken übernehmen manchmal ein Nest von Mittel-Grundfinken. Normalerweise werfen sie dann alle Eier aus dem Nest, doch ab und zu übersehen sie eines. Dann wächst ein Mittel-Grundfink in einem Kaktus-Grundfinken-Nest auf und lernt von seinem Stiefvater den «falschen» Gesang - die Gesänge der beiden Arten unterscheiden sich sehr. Wir konnten solche Vögel über Jahre beobachten, und es stellte sich heraus, dass sie sich bei der Partnerwahl nach dem Gesang richteten, nicht nach dem Aussehen und sich deshalb mit Kaktus-Grundfinken statt mit Mittel-Grundfinken paarten. Der Gesang fungiert also als Isolationsmechanismus zwischen diesen beiden Arten.

Und so entstehen Mischformen der zwei Arten?

Rosemary G.: Ja, unter anderem. Das passiert aber sehr selten, in weniger als einem Prozent der Fälle, und in den ersten 10 Jahren unserer Studie haben diese Hybriden nicht überlebt. Sie hatten nämlich mittelgrosse Schnäbel, mit denen sie die harten Samen, die die Mittel-Grundfinken mit ihren grossen Schnäbeln fressen, nicht knacken konnten, und brauchten etwa dreimal so lang, um die Samen zu öffnen, von denen sich die Kaktus-Grundfinken ernährten. Das Einzige, was sie fressen konnten, waren kleine, weiche Samen, und von denen gab es damals nur sehr, sehr wenige. Aber 1983 war ein El-Niño-Jahr, wir hatten enorm viel Regen, und die Insel war voller kleiner weicher Samen. Unter diesen Bedingungen überlebten die Hybriden und paarten sich mit Tieren der Art, deren Gesang sie gelernt hatten. Dadurch flossen Gene von einer Art in die andere. Diesen Genfluss zwischen Arten nennt man Introgression.

Peter G.: Eine unserer Fragen zu Beginn war ja gewesen, warum manche Populationen der Darwinfinken genetisch so variabel sind. Eine der Antworten lautet nun: Durch gelegentliche Introgression, denn dieser Genfluss kommt nur unter bestimmten Umweltbedingungen vor. Wir glauben ausserdem, dass eine gelegentliche Introgression im frühen Stadium der Artbildung sehr wichtig ist. Denn wenn sich zwei Populationen ein Stück auseinander entwickelt haben und beide schon über neue Eigenschaften verfügen, es aber trotzdem hin und wieder Hybride gibt, dann fliesst eine enorme Menge an neuem genetischem Material von einer Population in die andere.

Rosemary G.: Auf diese Weise können neue Eigenschaften schneller erworben werden, als wenn die Veränderung nur durch Mutationen stattfindet. Die Bedeutung der Introgression für die Geschwindigkeit der Evolution wird allerdings erst langsam erkannt. Dabei konnten wir mit DNA-Analysen zeigen, dass dieser Prozess nicht nur bei den von uns beobachteten Darwinfinken auf der Insel Daphne Major vorkommt, sondern auch bei anderen Arten von Darwinfinken; ausserdem kennt man das Phänomen von Buntbarschen und Pflanzen.

Was haben sie noch aus den DNA-Analysen gelernt?

Peter G.: Zum Beispiel, wer der Vater eines Kükens ist. Wer die Mutter ist, kann man zuverlässig aus Beobachtungen schliessen, aber das Männchen, das die Küken füttert, ist in rund 15 Prozent der Fälle nicht der biologische Vater. Ausserdem haben wir ein besseres Verständnis der Entstehung der verschiedenen Arten im

Laufe der Evolution bekommen. Systematiker wie John Gould hatten die Darwinfinken ja rein nach ihrer äusseren Erscheinung, dem sogenannten Phänotyp, in Arten eingeteilt und später auch einen Stammbaum erstellt. Jetzt machen wir das über DNA-Vergleiche; das ist viel zuverlässiger, weil sich auch sehr verschiedene Arten in die gleiche Richtung entwickeln können, was eine nähere Verwandtschaft vortäuscht. Tatsächlich unterscheidet sich der Stammbaum, der aufgrund von DNA-Analysen erstellt wurde, in einigen wichtigen Details von dem, der nach dem äusseren Erscheinungsbild erstellt worden war.

Anhand der Unterschiede im Erbgut der Darwinfinken und ihrer Verwandten auf dem südamerikanischen Festland konnten wir zudem ableiten, dass die gemeinsamen Vorfahren aller Darwinfinken vor 2 bis 3 Millionen Jahren auf den Archipel gekommen sein müssen. Damals sah der Galapagos-Archipel allerdings anders aus als heute. Das Klima war wärmer und feuchter, und es gab noch nicht so viele Inseln - noch heute entstehen neue Inseln im Archipel.

Rosemary G.: Mit den DNA-Analysen konnten wir auch zeigen, dass die Zahl der Finken-Arten mit der Zahl der Inseln zugenommen hat.

Peter G.: Die Vorfahren der Darwinfinken fanden also keine Welt der unbegrenzten Möglichkeiten vor, als sie am Galapagos-Archipel ankamen, sondern die Möglichkeiten nahmen im Laufe der letzten 2 bis 3 Millionen Jahre zu, und parallel dazu entwickelten sich die Darwinfinken und nutzten diese Möglichkeiten. Darwinfinken sind nämlich bemerkenswert flexibel in ihrem Verhalten. Besonders die Jungvögel probieren viel aus und erkunden verschiedene Futterquellen. Das könnte in ihrer Evolution wichtig gewesen sein, denn einige Darwinfinken verhalten sich für Vögel sehr ungewöhnlich. Der Spechtfink etwa löst einen Stachel von einem Kaktus und stochert damit in Löchern in der Baumrinde nach Maden. Ein anderer Darwinfink ernährt sich vom Blut eines Seevogels, des Tölpels, indem er mit dem Schnabel an den Ansatz von dessen Flügelfedern hackt und den austretenden Blutstropfen trinkt.

Ähnliche Situation auf Hawaii

Bedeutet das, dass sich eine andere Vogelart auf den Galapagosinseln nicht in ebenso viele neue Arten aufgespalten hätte? Ich dachte, es gibt nur deshalb so viele verschiedene Arten von Darwinfinken, weil deren Vorfahren auf eine mehr oder weniger leere Insel kamen und es so viele Nischen gab, die sie besetzen konnten.

Peter G.: Das ist die Erklärung, die man in einem Grossteil der Literatur findet, vor allem in Lehrbüchern. Aber das ist nicht alles. Zum Beispiel sind die Spottedrosseln etwa gleich lang auf den Inseln wie die Darwinfinken, und von ihnen gibt es nur 4 Arten. Irgendetwas hat ihre Veränderung limitiert. Eine ähnliche Situation findet man übrigens auf Hawaii, wo sich rund 50 Arten von Kleidervögeln entwickelt haben, aber nur 2 Arten von Drosseln - dabei kamen die Vorfahren der Drosseln nicht so viel später dort an als die der Kleidervögel. Es gibt also einen immanenten Unterschied zwischen verschiedenen Gruppen von Vögeln, der dafür sorgt, dass einige eher eine Aufspaltung in unterschiedliche Arten durchlaufen als andere. Was diesen Unterschied ausmacht, davon haben wir Biologen leider nur ein rudimentäres Verständnis.

Gibt es noch weitere offene Fragen?

Peter G.: Wir wissen beispielsweise noch nicht, was am Gesang der Schlüssel für die Erkennung der eigenen Art ist. Ist es die Zahl der Wiederholungen der einzelnen Töne, die Spannbreite der Frequenz von tiefen bis hohen Tönen oder etwas ganz anderes, das wir aus irgendeinem Grund nicht erfassen können? Diese Frage wird wahrscheinlich in den nächsten Jahren geklärt werden. Ausserdem wissen wir nur sehr wenig über die Umstände, die zu Artvermischungen führen. Schliesslich ist auch unser Verständnis dafür, wie 14 Arten von Darwinfinken aus einer einzigen Art entstehen konnten, noch nicht vollständig - und ich glaube auch nicht, dass es sich in näherer Zukunft deutlich verbessern wird.

Interview: Vera Bettenworth