

Gründereffekt bei Eidechsen: ein Freilandexperiment auf Inseln

Sehr kleine Gründergruppen, die neue Lebensräume besiedeln, können seltene Varianten besitzen, die sich in der neuen Umgebung durchsetzen und so zu einem evolutionären Wandel führen. Dieser so genannte Gründereffekt wurde zwar schon vor knapp 50 Jahren postuliert, doch bis heute liegen nur wenige experimentelle Daten dazu vor. Eine aktuelle Studie verfolgt das Ziel, die Auswirkungen von Gründereffekt und natürlicher Selektion in neu gegründeten Populationen zu vergleichen. Die Wirkung beider Faktoren konnte in der Divergenz der Populationen nachgewiesen werden, aber über längere Zeiträume gesehen bleibt ihre Beziehung nach wie vor unbekannt. Außerdem zeigt sich eine klare Tendenz zur genetischen Verarmung der neuen Populationen.

Daniel Vedder

In den Theorien über Evolutionsmechanismen spielt eine Reihe zufälliger Prozesse eine Rolle. Ein Beispiel ist der sog. Gründereffekt, der 1963 von dem berühmten Evolutionsbiologen Ernst MAYR vorgeschlagen wurde. Er tritt ein, wenn nur sehr wenige Individuen von einer Population abgespalten werden und eine neue Population gründen, beispielsweise bei der Einführung einer Spezies in ein neues Gebiet. Dies führt tendenziell zu einer Verarmung des Genpools der neuen Population im Vergleich zur alten, da die Gründer nur einen Teil der genetischen Variabilität in den neuen Genpool einbringen können. Außerdem können Eigenschaften, die in der Ausgangspopulation relativ selten waren, zufällig in der neuen Population unverhältnismäßig stark vertreten sein. Wegen dieser möglichen Verschiebung wird der Gründereffekt von manchen Biologen als wichtige Ursache der Divergenz (Verschiedenwerden) und sogar der Artbildung angesehen. Allerdings ist es sehr schwer, diesen Effekt nachzuweisen, zum einen weil er vergleichsweise selten auftritt und zum anderen, weil er durch andere Effekte überlagert werden kann. Daher ist das Ausmaß seiner Wirkung noch sehr umstritten. Einige Theoretiker argumentieren beispielsweise, dass durch natürliche Selektion die Spuren des Gründereffekts sehr bald verwischt würden, so dass über evolutionäre Zeiträume hinweg seine Bedeutung vernachlässigbar sei.

Anfang des Jahres erschien in *Science* eine Studie, in der der Gründereffekt experimentell erforscht wurde. KOLBE et al. (2012) benutzten den gut erforschten Bahama-Anolis (*Anolis sagrei*), eine in der Karibik heimische Eidechsenart, um auf sieben kleinen Inseln neue Populationen zu etablieren. Die ursprünglichen Eidechsenpopulationen dieser Inseln (Flächen: < 500 m²) waren kurz zuvor durch einen Hurrikan ausgelöscht worden. Im Jahr 2005 setzte die Arbeitsgruppe

jeweils ein zufällig ausgewähltes Männchen und ein Weibchen, die sie auf der größeren benachbarten Insel Iron Cay gefangen hatten, auf diesen Inseln aus.

Frühere Studien hatten gezeigt, dass bei *A. sagrei* ein Selektionsdruck bezüglich der Beinlänge herrscht. Tiere mit längeren Beinen können auf breiteren Ästen und Baumstämmen schneller laufen, während kürzere Beine auf schmalerem Geäst vorteilhaft sind. Somit werden auf Inseln mit kleinerem Gebüsch die Eidechsen ausgelesen, die kürzere Beine haben und deshalb schneller laufen können. Aus demselben Grund setzen sich auf Inseln mit größeren Bäumen die Individuen mit den längeren Beinen durch. Da der Pflanzenbewuchs der Ursprunginsel Iron Cay um einiges größer ist als derjenige der Testinseln und daher breitere Äste vorherrschen, stand zu erwarten, dass durch die natürliche Selektion die durchschnittliche Beinlänge der ausgesetzten Populationen sich stark verringern würde. Die Hypothesen des Gründereffekts sagen in dieser Situation voraus, dass Genotyp und Phänotyp

Abb. 1 Unterschiede in der Vegetation (schematisiert) der Ursprungspopulation und der Gründer-Populationen auf den Inseln. Näheres im Text. (Nach KOLBE et al. 2012)

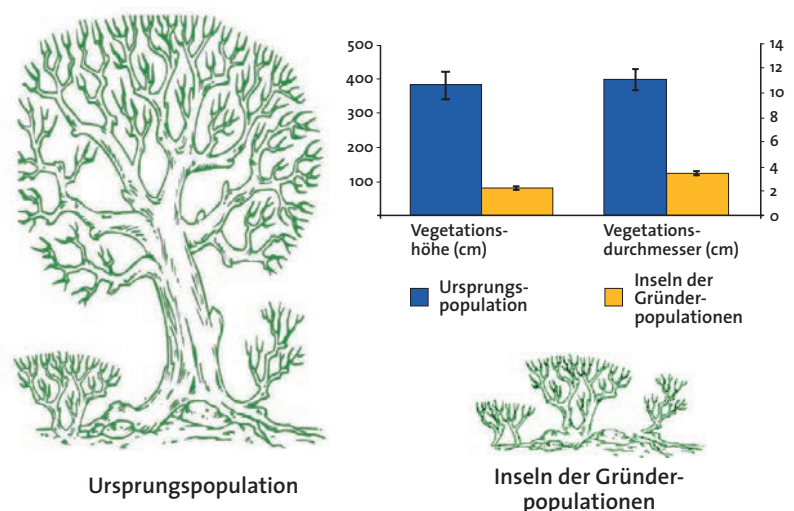




Abb. 2 Männlicher Bahama Anolis (*Anolis sagrei*) auf der Insel Sanibel in Lee County, Florida, der seine Hautfalte an der Kehle aufbläst. (Wikimedia commons, © Frédéric TRUDEAU)

der neu gegründeten Populationen auch nach einigen Generationen von den jeweiligen Genen abhängig sein würden, die die Gründerindividuen in die Population einbrachten.

Fünf Jahre lang beobachteten die Forscher nun die Populationen, was ungefähr genauso vielen Generationen gleichkommt. Es stellte sich heraus, dass die genetische Variabilität der einzelnen Populationen stark abnahm. Und es zeigte sich tatsächlich, dass die durchschnittlichen Genotypen der gegründeten Populationen von der Ausgangssituation ihrer Gründer abhingen. Unter den Populationen der sieben Inseln gab es große Unterschiede in den Allelfrequenzen, allerdings lag alle Variabilität innerhalb des Rahmens des Genpools der Ursprungspopulation. Alle diese Beobachtungen stehen in Einklang mit den Erwartungen des Gründereffekts. Jedoch drückte auch die natürliche Selektion ihr Siegel auf. Genau wie erwartet nahmen die durchschnittlichen Beinlängen sämtlicher gegründeter Populationen deutlich ab (ca. 5% in drei Jahren). Trotz dieser adaptiven Veränderung konnte keine ausschließliche Korrelation zwischen der Größe der verfügbaren Vegetation und der Beinlänge festgestellt werden. Dies zeigt, dass die natürliche Selektion nicht allein dafür verantwortlich sein konnte, welche Beinlänge letztendlich nach den fünf Jahren erreicht wurde. Die Population, die anfangs bereits die längsten Beine hatte, hatte nach fünf Jahren zwar kürzere Beine als zuvor, aber im Vergleich zu den anderen Populationen immer noch die längsten, egal, wie breit oder schmal die Äste auf ihrer Insel waren. Auch dies ist ein sehr klarer Hinweis auf die Rolle des Gründereffekts, da der Genotyp der Gründer

offenbar entscheidend ist für die Weiterentwicklung der ganzen Population.

Diskussion

Die Autoren der Studie werten diese Ergebnisse als eine Bestätigung der These, dass der Gründereffekt mindestens in den Anfängen einer Neubesiedelung eine wichtige Rolle spielt. Sie weisen darauf hin, dass die entstandene Divergenz zwischen den einzelnen Populationen in dem Experiment von einer Größenordnung ist, wie sie auch zwischen natürlich vorkommenden Populationen von *A. sagrei* zu finden ist.

Nicht geklärt werden konnte, wie lange der Gründereffekt anhalten wird, und ob durch natürliche Selektion irgendwann dessen Spuren ausgeradiert werden. Außerdem stellte Andrew HENDRY, ein kanadischer Evolutionsbiologe, die Frage, ob es einen Unterschied gemacht hätte, wenn man mehrere Gründerpaare pro Insel genommen hätte anstatt lediglich eines (CASTRO 2012).

Zur Beantwortung dieser Fragen ist es interessant, andere Freilandexperimente heranzuziehen. LOSOS et al. (2001) führten eine ähnliche Studie durch, in der über zehn neue Populationen von *A. sagrei* mit jeweils fünf oder zehn Gründerindividuen nach 14 Jahren analysiert wurden. Auch hier wurden starke Auswirkungen der natürlichen Selektion auf die Beinlänge nachgewiesen. Zwar erwähnten die Autoren den Gründereffekt nicht, doch ihre Ergebnisse zeigten genau wie bei KOLBE et

al. keine ausschließliche Korrelation zwischen Beinlänge und Astdicken, was auf einen Gründereffekt hindeutet, auch wenn dieser damals nicht das Objekt der Untersuchung war. Diese Studie unterstützt also deutlich die Ergebnisse von KOLBE et al.

Eine weitere Studie lässt jedoch die aufgeworfenen Fragen weiterhin offen. EALES et al. (2008) fanden wenige Hinweise auf einen Gründereffekt, als sie eine natürliche Invasion von *Anolis cristatellus* auf Dominica beschrieben. Die beobachtete Population stammte von einer Gruppe Eidechsen ab, die wahrscheinlich durch ein Schiff von Puerto Rico her eingeführt worden war, und sich aus Individuen aus drei verschiedenen Populationen zusammensetzte. Die genaue Größe dieser Gründergruppe ist unbekannt, die Autoren fanden aber heraus, dass sie mindestens sieben Weibchen enthielt. Sieben Jahre nach der Einführung war fast keine Verringerung der genetischen Variabilität der neuen Populationen im Vergleich zu den Eidechsen von Puerto Rico nachweisbar, außerdem kaum eine Verschiebung der Allelfrequenzen. Dies steht im direkten Gegensatz zu den Vorhersagen des Gründereffekts. Die Autoren sind sich dessen bewusst, und diskutieren deshalb zwei Gründe, um diesen Befund zu erklären. Erstens konnten sie zeigen, dass die ursprünglichen Populationen ein sehr hohes Maß an genetischer Variabilität haben. Das machte es wahrscheinlicher, dass auch die Gründerindividuen viel Variabilität in die neue Population einbringen. Und da die gegründete Population sehr schnell wuchs, konnte wenig von dieser Variabilität durch Gendrift in einer kleinen Population verloren gehen. Außerdem haben weibliche Eidechsen der Gattung *Anolis*, inklusive *A. cristatellus* und *A. sagrei*, die Eigenschaft, Sperma speichern zu können. Dies könnte laut den Berechnungen der Autoren dazu geführt haben, dass die sieben Weibchen unter den Gründerindividuen bis zu 42 verschiedene Genotypen eingeführt haben. Dadurch wird natürlich der Flaschenhalseffekt, der ja ein Auslöser für den Gründereffekt ist, drastisch verringert, was den fehlenden Gründereffekt erklären könnte. Die Frage bleibt aber: Warum ist das nicht auch bei KOLBE et al. passiert, wenn auch *A. sagrei* diese Fähigkeit hat?

Die Geschwindigkeit, mit der die natürliche Selektion zu Veränderungen führt, ist beachtlich.

KOLBE et al. (2012) haben einen wichtigen Beitrag zum Verständnis des Gründereffekts geleistet. Ihre Studie ist eine von wenigen, die sich experimentell mit diesem Phänomen auseinandersetzen. Sie konnten zeigen, wie

natürliche Selektion und der Gründereffekt zusammenwirken, um eine neue Population in den ersten Generationen zu formen. Die Geschwindigkeit, mit der die natürliche Selektion zu Veränderungen führt, ist beachtlich. Anders als nach gängigen Vorstellungen, dass Evolution Jahrtausende braucht, bis deutliche Änderungen etabliert sind, sind bei den Inselexperimenten von KOLBE et al. nach lediglich fünf Generationen Änderungen sichtbar. Hierin liegt aber auch eine noch offene Frage: Wenn natürliche Selektion so schnell wirkt, wird sie dann nicht sehr bald den Gründereffekt überlagern und somit unwichtig machen? Bei LOSOS et al. war der Gründereffekt zwar nach 14 Generationen auch noch nachweisbar, aber wie ist die Situation nach 50 oder 100 Generationen? Dies sind evolutionstheoretisch gesehen immer noch extrem kurze „Augenblicke“, aber bis jetzt liegen zu solchen Zeitspannen noch keine Daten vor. Hierzu sind noch mehr Studien nötig, auch um die Frage zu beantworten, unter welchen Bedingungen der Gründereffekt überhaupt nicht greift, wie es bei EALES et al. der Fall war.

Die Ergebnisse lassen sich plausibel im Grundtypmodell deuten.

Sollte sich herausstellen, dass der Gründereffekt in etwa so funktioniert, wie Theoretiker es vorausgesagt und KOLBE et al. beobachtet haben, so passt dies auch gut in das Grundtypenmodell der Schöpfungsforschung. Es ist durchaus denkbar und wurde zum Teil schon beobachtet, dass ein Gründerereignis auch zu Artbildung führt (siehe JUNKER 2012). Diese Artbildung läuft in einer Weise ab, wie sie im Rahmen des Grundtypenmodells erwartet wird: Lebewesen spezialisieren sich mehr und mehr, dadurch passen sie sich besser an ihre Umwelt an, aber es geht dabei auch immer mehr von der ursprünglichen Variation der Ausgangsform verloren.

Literatur

- CASTRO J (2012) An evolutionary idea: Scientists watch lizards released on island. www.msnbc.msn.com/id/46242342/ns/technology_and_science-science/t/evolutionary-idea-scientists-watch-lizards-released-island/
- EALES J, THORPE RS & MALHOTRA A (2008) Weak founder effect signal in a recent introduction of Caribbean *Anolis*. *Mol. Ecol.* 17, 1416–1426.
- JUNKER R (2012) Schnelle Artbildung live bei Darwinfinken. *Stud. Int. J.* 19, 45–47.
- KOLBE JJ, LEAL M, SCHOENER TW, SPILLER DA & LOSOS JB (2012) Founder effects persist despite adaptive differentiation: a field experiment with lizards. *Science* 335, 1086–1089.
- LOSOS JB, SCHOENER TW, WARHEIT KI & CREER D (2001) Experimental studies of adaptive differentiation in Bahamian *Anolis* lizards. *Genetica* 112–113, 399–415.