



Illustr.: otoro.net

Evolution in der Glaskugel

Kann man den künftigen Verlauf der Evolution vorhersagen? Und was würde passieren, könnte man das „Tape of Life“ noch einmal von vorne abspielen? Das Buch „Glücksfall Mensch“ des amerikanischen Zoologen Jonathan Losos rollt dieses Gedankenexperiment des Paläontologen Stephen J. Gould wieder auf. Laborjournal hat einige Evolutionsbiologen um ihre Meinung gebeten.

Eine Mega-Plattenpyramide wächst hinter Zack Blount an die Decke. Wie viele Petrischalen es wohl sind, fragt sein Mentor Richard Lenski, der das Foto seines Mitarbeiters bei Twitter veröffentlichte. Genug jedenfalls, um Respekt vor Blounts Durchhaltevermögen zu haben.

Ein guter Teil seiner praktischen Laborarbeit der vergangenen Jahre war wohl unspektakulär bis öde: Bakterien weitertransferieren, Bakterien auf Platten austreichen, Bakterien einfrieren, und dann alles wieder von vorne, über Jahre hinweg.

Nicht alles ist Zufall

Aber das Lenski-Labor hat mit geduldiger Mikrobiologie das Wissen über die Evolution entscheidend vorangebracht. Denn die Plattentürme und die eingefrorenen *Escherichia coli*-Stämme der experimentellen Evolutionsbiologen aus Michigan sind eine Zeit-

maschine. Sie hilft dabei, eine Frage zu beantworten, die seit einiger Zeit wieder heiß diskutiert wird: Welche Rolle spielt der Zufall in der Evolution?

Klar ist: Evolution ist blind, sie schaut nicht in die Zukunft. Neue Mutationen sind in der Regel Zufallsereignisse. Wobei – daraus zu folgern, in der Evolution sei „alles Zufall“ wäre grundfalsch, erklärt der Basler Evolutionsbiologe Walter Salzburger im Gespräch mit *Laborjournal*: „Die Entstehung von Variation in einer Population ist zufällig. Aber die Selektion als wichtiger Filter ist alles andere als zufällig, Selektion ist gerichtet.“ Jedoch passiert Selektion – und damit Evolution – immer im Hier und Jetzt. „Die Evolution“ ist kein vorausschauender Architekt. Sie plant nicht und hat kein langfristiges Ziel vor Augen.

In Malaria-Gebieten hatten Menschen mit einem sogenannten „Sichelzell-Allel“ des Hämoglobin-Gens einen selektiven Vorteil – so-

lange die zweite Kopie des Gens intakt war. Homozygote Träger der Mutation werden allerdings schwer krank. Am Hämoglobin in dieser Weise herumzupfuschen wäre aus einer langfristigen Design-Perspektive kaum die beste Lösung, um mit der Malaria-Bedrohung umzugehen. Das ist, der Evolution“ aber egal. Denn wie gesagt, die Evolution als mitdenkenden, vorausschauenden Agenten gibt es nicht.

Wenn Variation zufällig entsteht und Selektion immer nur in der ebenfalls von Zufällen geprägten Gegenwart wirkt: Bedeutet das, dass Evolution insgesamt ein zielloser, nicht vorhersagbarer Prozess ist?

Der US-Paläontologe Stephen J. Gould hatte 1990 in seinem Buch „*Wonderful Life*“ ein Gedankenexperiment zu dieser Frage eingeführt, das unter dem Schlagwort „*Replaying the Tape of Life*“ (etwa: „das Band des Lebens noch einmal abspielen“) bis heute für Debatten sorgt. Der Herpetologe Jonathan Losos

hat Goulds Gedankenexperiment kürzlich in einem viel diskutierten Buch wieder aufgegriffen (jetzt auch auf Deutsch erschienen: „Glücksfall Mensch“, ISBN-10: 3446258426).

Könnte man mit einer Zeitmaschine die gesamte Erdgeschichte um ein paar hundert Millionen Jahre zurückdrehen, würden dann noch einmal Dinosaurier auftreten und wieder aussterben; noch einmal Urvögel mit Federn und Flügeln entstehen; noch einmal die Säugetiere auf den Plan treten? Und diese aus der Reihe gefallenen, nackten, aufrecht gehenden Primaten der Gattung *Homo* – waren die „ein Zufallsprodukt“? In gewisser Weise sicherlich, erklärt der Gießener Biologie-Didaktiker Dittmar Graf: „Wäre der Chicxulub-Meteorit vor 66 Millionen Jahren nicht im Norden der Halbinsel Yukatan eingeschlagen, sondern nur 200 Kilometer weiter nördlich in den Golf von Mexiko, hätte es vermutlich katastrophale Tsunamis gegeben, die vielleicht einen Großteil des Lebens in Nord- und Mittelamerika vernichtet hätten. Es wäre aber nicht zu der desaströsen globalen Staubverteilung gekommen, die dominierende Tiergruppen auf der ganzen Welt vernichtet hat.“

Und das hätte Folgen gehabt, so Graf: „Hätten die großen Saurier überlebt, würde es uns heute nicht geben. Möglicherweise aber intelligente Dinos.“

Selektion entscheidet

Nun kann man die Erdgeschichte nicht zurückdrehen, um die Frage rigoros zu testen. Was aber geht: Bakterien über viele tausend Generationen im Labor evolvieren lassen, die „Zwischenstände“ einfrieren und den Evolutionsprozess bei Bedarf von beliebigen Ausgangspunkten neu starten lassen. Damit wären wir bei Lenskis „*Long Term Evolution Experiment*“ (LTEE) und Blounts eingangs erwähntem Plattenstapel.

Die Details dieses Experiments erzählt Losos anschaulich in seinem Buch – und würden hier zu weit führen. Ein spannendes Ergebnis des Plattenmarathons ist jedenfalls, dass eine dieser *E. coli*-Linien zur Verblüffung der Forscher anfang, sich von Citrat zu ernähren – was unter den aeroben Bedingungen des Experiments für „normale“ *E. coli*-Stämme unmöglich ist. Von zwölf parallelen Ansätzen hat in

jeweils mehr als 30.000 Generationen nur eine einzige Linie diese Eigenschaft erworben, ein einziges Mal. Vorhergesehen hatte das zu Beginn des Experiments natürlich niemand, zumal das Citrat mehr oder weniger aus Versehen im Bakterienfutter war. Regiert also König Zufall die Evolution?

Was sagen die Zoologen dazu? Reptilienforscher Losos erzählt in seinem Buch von Eidechsenarten, die besonders kleine Beine haben und damit auf das Balancieren auf schmalen Zweigen hoch oben in den Bäumen spezialisiert sind – sowie von anderen Arten, die lange Beine haben und am Boden rasend schnell über offene Flächen sprinten können. Losos hat diese Spezialisten auf verschiedenen Inseln entdeckt: Auf Kuba, Puerto Rico, Hispaniola und Jamaika. Die Zweigläufer-Spezialisten von verschiedenen Inseln sehen sich äußerlich sehr ähnlich, und man könnte sie für verwandte Arten halten. Stammbaumanalysen erzählen aber eine andere Geschichte. Die Anpassung an das Baumleben geschah mehrmals unabhängig voneinander, und die Eidechsen sind jeweils näher mit ihren morphologisch sehr verschiedenen Mitbewohnern auf der ei-



F · S · T[®]

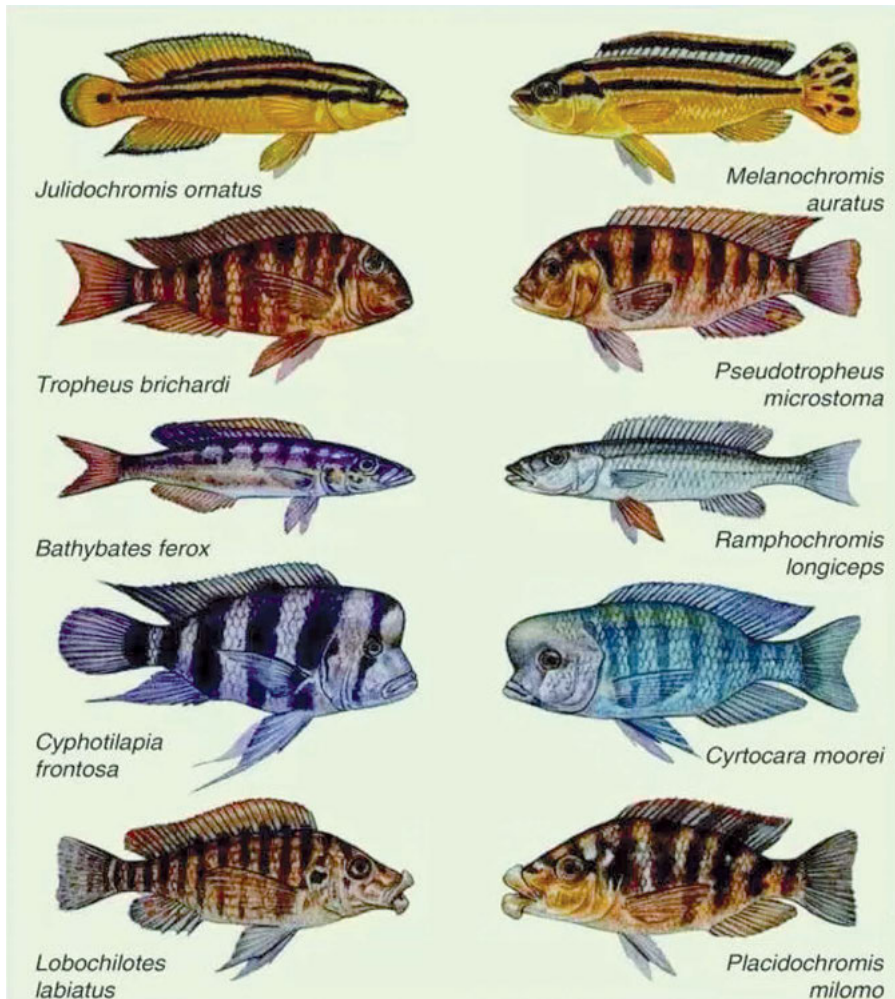
FINE SCIENCE TOOLS

PRECISION IN MOTION

By working closely with the world's scientific and biomedical research communities, we ensure that you have a complete range of innovative, precision surgical and microsurgical instruments to choose from. Take your research further, faster – with Fine Science Tools.

FINE SURGICAL INSTRUMENTS
FOR RESEARCH™

VISIT US AT FINESCIENCE.DE
OR CALL +49 (0) 6221 90 50 50



Konvergente Evolution: Buntbarsch-Arten aus dem Tanganjikasee (li.) und dem Malawisee (re.), die sich unabhängig voneinander aus einer einzelnen Linie konvergent entwickelten. Evolution verläuft offenbar zumindest innerhalb gewisser Zwänge (Constraints).

Illustr.: Roberto Osti

das so ist, dann sieht man notwendigerweise auch konvergente Formen.“

Systembiologe Johannes Jäger, zur Zeit Gastdozent an der Uni Wien, stößt in dasselbe Horn: „Es ist klar, dass es keine endlose Formenvielfalt gibt. Entwicklung und Evolution haben nur ein begrenztes Repertoire zur Verfügung.“

Jäger nennt ein Beispiel: „Es scheint nicht möglich zu sein, dass sich sechsgliedrige Wirbeltiere entwickeln. Es gibt also keine Drachen oder ‚Engel‘, die sowohl Arme und Vorderbeine als auch Flügel besitzen. Und es sind immer die vorderen Gliedmaßen, die in Flügel umgewandelt werden, und zwar auf konvergente Art und Weise in Flugsauriern, Vögeln und Fledermäusen.“

Johannes Jäger spekuliert auch über mögliche Ursachen für das begrenzte Repertoire der Evolution: „Der eine Grund dafür ist historisch: Die Evolution steckt in einem lokalen Bereich des möglichen Konfigurationsraumes des Universums fest und hat nicht die Zeit, diesen unfassbar großen und vieldimensionalen Raum systematisch zu durchkreuzen.“

Ein anderer Grund sei, dass die Musterbildung wahrscheinlich aus geometrischen Gründen nicht endlos viele Möglichkeiten habe. Organismen sind eben keine beliebig formbaren Kneteklumpen. Vielleicht ist der Bauplan des Lebens eher vergleichbar mit einer Kiste Legosteine in allen Farben und Formen. Man kann beim Legobauen zwar seiner Fantasie freien Lauf lassen, und es gibt auch seltene Spezialsteine, beispielsweise für Sondermodelle wie die *Star Wars*-Raumschiffe. Dennoch ist das System Lego an einige Bauprinzipien gebunden.

Allerdings: Solche Zwänge (engl: *Constraints*) in der Biologie experimentell zu fassen, ist schwierig; auch deshalb, weil diese internen Faktoren in der „klassischen“ Evolutionstheorie gar nicht explizit vorkommen. Viele Biologen hoffen deshalb, dass in Zukunft eine „erweiterte Synthese“ der Evolutionstheorie neue Erkenntnisse aus anderen Disziplinen einbringt, aus der Entwicklungs- und der Systembiologie beispielsweise.

Vielleicht wird es damit wirklich möglich sein, den Verlauf der Evolution bis zu einem gewissen Grad vorherzusagen. Eine größere Genauigkeit als beim Wetterbericht sollte man aber nicht erwarten.

Hans Zauner

genen Insel verwandt als mit den Doppelgängern auf anderen Inseln.

Ganz ähnlich verhält es sich mit den Buntbarschen im afrikanischen Tanganjika- und dem Malawisee, die Walter Salzburger und seine Arbeitsgruppe erforschen. In beiden Seen leben jeweils mehrere hundert Arten, die sich in Körperbau, Färbung und Lebensweise drastisch unterscheiden. Und auch bei den Buntbarschen haben sich in den verschiedenen Seen Doppelgänger entwickelt, die nicht besonders nahe miteinander verwandt sind. „Ein Lehrbuchbeispiel für konvergente Evolution“, betont Salzburger. Kürzlich hat er mit seinem Team beschrieben, dass solche Konvergenzen sogar bei Buntbarschgemeinschaften im selben See vorkommen, innerhalb derselben Radiation. „Wir haben beobachtet, dass die afrikanischen Fischer, die sich eigentlich bestens mit den Buntbarscharten auskennen, auf den Märkten verschiedene Arten auf einen Haufen legen – weil sie sich zum Verwechseln ähnlich sehen.“

Bei der konvergenten Evolution der Eidechsen wie der Buntbarsche spielt offensichtlich die Selektion eine entscheidende Rolle: Ähnliche äußere Umstände bewirken die Evolution von verblüffend ähnlichen Lebens-

formen. Insofern scheint es auch nicht abwegig, dass zumindest informiertes Spekulieren über den zukünftigen Evolutionsverlauf unter bestimmten Umständen möglich sein kann.

Die Münchner Botanikerin Susanne Renner wägt ab: „Die Frage nach der Voraussagbarkeit ist keine Ja-oder-Nein-Frage. Auf einigen Zeitskalen sind Dinge voraussagbar, auf anderen nicht.“ Allerdings sind die Mechanismen der Evolution so fundamental, dass Renner eine Vorhersage wagt: „Ich bin überzeugt, dass es Leben auch auf anderen Planeten gibt und dass es da auch Prozesse wie Weitergabe von Information durch sich replizierende Moleküle, Vermehrung durch Teilung, Verringerung durch feindliche Übernahme (sprich Gefressenwerden), Substanzaufnahme und Wachstum gibt.“

Limitierte Möglichkeiten

Hinzu kommt: Selektion und Anpassung an ähnliche ökologische Nischen sind vielleicht nicht die einzige Erklärung für die allgegenwärtige Konvergenz – wie Salzburger erklärt: „Vielleicht gibt es nur limitierte Möglichkeiten, wie man einen Fisch beziehungsweise einen Organismus bauen kann. Wenn