

Inseln im Festland

In uralten Seen erforschen Biologen die Entstehung neuer Arten. Viel schneller als bislang für möglich gehalten bringen diese Gewässer ihre einzigartige Lebensvielfalt hervor. Fast live können die Forscher zusehen, wie die Evolution neue Fische und Krebse schafft.



Fischerboote auf dem ostafrikanischen Victoriasee

LAPLACE-TOULOUSE / GALBE.COM

Wenn Walter Salzburger Material für seine Forschung sammeln will, geht er auf den Markt. Ledrige, in der Sonne getrocknete Fische kauft er dann bei den Händlern am See. Oder er mietet sich gleich selbst ein Boot.

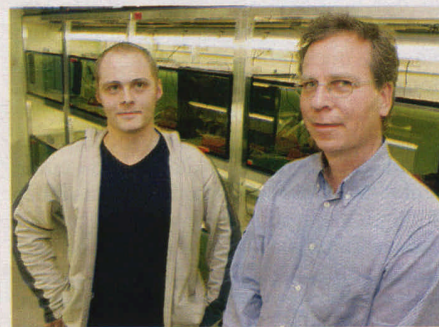
Mit Kiemennetzen zieht Salzburger dann schillernde Beute aus der Tiefe, „immer auf der Hut vor Krokodilen, Nilpferden und Piraten“. Kein Festschmaus winkt ihm als Lohn. Kleine Flossenstückchen will der Wissenschaftler gewinnen. In Alkohol konserviert, bringt er sie zwecks Erbgutanalyse von seinen Afrika-Expeditionen mit nach Hause.

Salzburger ist Evolutionsforscher an der Universität Konstanz. Zusammen mit dem Biologen Axel Meyer erforscht er die Buntbarsche der großen Seen Ostafrikas. Der Ort ist gut gewählt: Mehr als 1400 Arten der bunten Flossenträger tummeln sich in den Wassern des Tanganjika-, Malawi- und Victoriasees. Ein Grund für die weltweit einzigartige Vielfalt: Die ostafrikanischen Gewässer sind uralte. Hunderttausende von Jahren hatten die Fische dort Zeit, weitgehend abgeschottet von der Außenwelt neue Formen zu bilden.

„Die Seen sind einzigartige Modellsysteme, in denen wir die Entstehung von Arten direkt beobachten können“, schwärmt Meyer – und weiß sich in seiner Zunft in

guter Gesellschaft. Ausgerüstet mit den Methoden der modernen Molekularbiologie, machen sich Biologen weltweit mit neuer Verve daran, die Mechanismen der Evolution zu entschlüsseln. Im Fokus der Wissenschaft: eine Hand voll uralter Seen, in denen sich die Fortentwicklung des Lebens gleichsam wie unter dem Vergrößerungsglas studieren lässt.

Der Baikalsee in Sibirien, der Biwasee in Japan, der Titicacasee in Südamerika oder der Chubsugul-See in der Mongolei gehören neben den ostafrikanischen Seen zu den Reisezielen der Forscher (siehe Grafik). „Genetische Reservoire“ nennt Meyer diese Greise unter den Seen. Weil sie geologisch meist stabiler sind als Flüsse,



Biologen Salzburger, Meyer
„Evolution hat kein Ziel“



Buntbarsch-Vielfalt aus dem Victoriasee*: In einem

können in ihnen über Jahrtausende neue Arten entstehen. Das Faszinierende für die Wissenschaftler: Bis zu 80 Prozent der Seebewohner sind so genannte endemische Arten, kommen also ausschließlich in ihrem Hausgewässer und nirgendwo sonst auf Erden vor.

Beispiel Baikalsee: Mehr als 2500 Tierarten haben Forscher im mit rund 25 Millionen Jahren ältesten See der Erde inzwischen identifiziert. Weitere 20 neue Arten bergen sie alljährlich mit Hilfe von Angeln oder Schleppnetzen. „In einem einzigen See sehen wir eine Vielfalt, die man normalerweise auf einem ganzen Kontinent findet“, schwärmt der finnische Biologe Risto Väinölä vom Naturkundemuseum in

* Rotschwanz (Aufwuchsfresser), Kenya-Gold (Insektenfresser), Rotrückchen (Schneckenfresser).

Helsinki. Allein die Artenzahl an Flohkrebse schätzt Väinölä im Baikalsee auf über 1000.

„Inseln im Festland“ nennt der Konstanzer Forscher Meyer in Anlehnung an die klassischen Expeditionsziele der Evolutionsbiologen die artenreichen Lebensräume. Darwin etwa verhalf die verblüffende Fülle verschiedener Finkenarten auf den Galápagos-Inseln zu seiner epochalen Theorie der Artbildung. An den Gestaden der uralten Seen streben moderne Forscher nun nach ähnlicher Erleuchtung: Wie nur schafft es die Evolution, die Vielfalt der Lebewesen hervorzubringen? Mit welcher Geschwindigkeit entstehen neue Arten? Und, im Zeitalter der Molekularbiologie: Welche Gene sind verantwortlich für die Fortentwicklung des Lebens?

Die drei großen Seen Ostafrikas, im Grabenbruch zwischen der ostafrikanischen und der zentralafrikanischen Platte gelegen, gelten als ideale evolutionsbiologische Freilandlabore. Zwischen etwa 200 000 und maximal zwölf Millionen Jahren sind sie alt. Ihr Faustpfand ist die atemraubende Vielfalt ebenjener Buntbarsche, den „Weltmeistern der Artbildung“ (Meyer) unter den Wirbeltieren.

Allein im Victoriasee leben geschätzte 500 Arten der farbenfrohen Knochenfische. Zum Vergleich: Europas gesamte Seen und Flüsse beherbergen nur etwas mehr als 200 verschiedene Fischarten. Das Verblüffende: Erbgutanalysen der Bunt-

Greise Gewässer

Die ältesten Seen der Erde



Diese Spezialisierung beim Fressen ist einer der wesentlichen Motoren der rasanten Artbildung. Die Form der Cichlidenkiefer und -zähne ist so variabel, dass selbst bei ein und derselben Art verschiedenes Futter bereits zur Ausprägung verschiedener Kieferstrukturen führt. Daneben kommt als Schmierstoff der Evolution die verblüffende Standorttreue der Buntbarsche hinzu. Nicht etwa den ganzen See nutzen die schillernden Flossenträger. Stattdessen leben sie meist in eng umgrenzten Gebieten. 95 Prozent der Arten haben kleine oder kleinste Verbreitungsgebiete, im Extremfall nur ein paar Felsen – isolierte Lebensräume, in denen „eine eigenständige Evolution“ stattfindet, wie Meyer erläutert.

„Die Männchen vieler Arten haben Reviere und verteidigen beispielsweise extra

das Alter anderer Arten relativ genau festzulegen.

Ohnehin wähnt Meyer in den Genomen die wahren Antworten auf die großen Fragen der Evolution. Als „heiligen Gral“ der Evolutionsforschung bezeichnet der Wissenschaftler etwa die Entschlüsselung jener „Speziationsgene“, die für die Bildung neuer Arten verantwortlich sind. „Es würde mich nicht wundern, wenn nur eine Hand voll Gene die Artbildung bewirken würde“, sagt Meyer. Herauszufinden, wo genau diese Gene im Erbgut liegen, ist das vornehmste Ziel der Konstanzer Forscher. „Wir vergleichen das Erbgut zweier nah verwandter Arten und versuchen, diejenigen Genabschnitte zu isolieren, die nicht übereinstimmen“, erläutert Meyer.

Molekulare Methoden helfen den Evolutionsforschern auch, Arten erst als solche zu erkennen. Der Finne Väinölä etwa berichtet von Flohkrebse aus dem Baikalsee, die zwar äußerlich gleich aussehen und sogar dicht benachbart leben, sich genetisch jedoch klar voneinander unterscheiden. „Ohne Molekulartechniken hätten wir das nie herausgefunden“, sagt Väinölä.

Die geschätzte Artenzahl der gefräßigen Krebstiere, die im Baikalsee bis zu neun Zentimeter lang werden können, habe sich damit auf einen Schlag verdreifacht, berichtet der Finne. Eine Erklärung für die merkwürdigen Doppelgänger hat Väinölä noch nicht. „Es ist paradox“, sagt der Forscher. „Normalerweise wird Artbildung durch Isolation vorangetrieben – die kann ich hier jedoch beim besten Willen nicht erkennen.“

Ähnliche Überraschungen erlebten die Biologen auch mit den Buntbarschen der ostafrikanischen Seen, als sie damit begannen, deren genetische Ausstattung zu ana-



„In der Victoriasee leben mehr Fischarten als in Gesamteuropa“

barsche im Victoriasee, die Salzburger und Meyer erst jüngst zusammen mit Kollegen veröffentlichten, zeigen, dass der ganze Formenreichtum binnen 100 000 Jahren aus nur zwei Buntbarschlinien entstand – Artbildung im Zeitraffer also, die sich gleichsam live miterleben lässt.

Um nicht den Überblick zu verlieren, teilen die Forscher die Buntbarsche in „Gilden“ ein. „Schnecken Schäler“ sind unter ihnen, die mit spitzen Zähnen Schnecken aus ihren Gehäusen herauspfriemeln. „Algenkratzer“ leben vegetarisch. „Insektenpicker“, „Jungfischfresser“ und sogar „Schuppenfresser“ gibt es unter den auch Cichliden genannten Buntbarschen – letztere zeichnen sich durch die Eigenart aus, mit nach hinten gebogenen Zähnchen Schuppen von den Flanken anderer Fische zu raspeln.

aufgeschüttete Sandburgen, auf denen die Weibchen ablaichen“, berichtet der Forscher. Schon über wenige hundert Meter Uferdistanz könnten so in recht kurzer Zeit genetische Unterschiede entstehen. Nicht Millionen von Jahren, sondern nur 1000 bis 10 000 Fisch-Generationen seien unter solchen Bedingungen für die Bildung einer neuen Art ausreichend, glaubt Meyer.

„Ich bin überzeugt davon, dass Evolution viel schneller abläuft als lange vermutet“, sagt Meyer. Wie schnell genau, versuchen die Biologen aus dem Erbgut der Tiere zu lesen. Durch den Vergleich zweier Arten, die sich zu einem bekannten Zeitpunkt auseinander entwickelt haben, können sie bestimmen, mit welcher Geschwindigkeit sich bestimmte DNS-Abschnitte verändern. Solche so genannten molekularen Uhren ermöglichen es dann,

lysieren. Schon frühen Naturforschern war aufgefallen, dass die Buntbarsche des Malawi-, Tanganjika- und Victoriasees erstaunliche Parallelen aufweisen. „Schnecken-schäler“, „Algenkratzer“ oder „Schuppenfresser“ kommen verblüffend ähnlich in allen drei Seen vor, obwohl diese einige hundert Kilometer voneinander entfernt liegen.

Wo sich etwa im Malawisee der gelbe, mit schwarzen Längsstreifen gezeichnete Türkisgoldbarsch im Wasser tummelt, ist es im Tanganjikasee der fast identisch gefärbte und geformte Gelbe Schlankcichlide. Oder die Wulstlippenbuntbarsche: In allen drei Seen kommen Vertreter der Tiergruppe vor, deren auffällig vergrößerte Lippen wahrscheinlich als Schutzpolster gegen Verletzungen am Mund dienen. Mit pinzettenartigen Zähnen ziehen die Fische Insekten oder andere Beute aus Felsspalten oder Rissen in Holzstücken.

Lange vermuteten die Biologen eine enge Verwandtschaft zwischen so frappant ähnlichen Arten. Erst die Erbgutanalyse enthüllte: Die Evolution hat sie mehrfach erfunden. Konvergenz nennen Biologen dieses Phänomen. „Die Evolution wiederholt sich“, sagt Meyer. Unter ähnlichen ökologischen Bedingungen entstünden in der Natur häufig ähnliche Lebensformen. Dass dabei indes mehr als Zufall im Spiel sein könnte, bestreitet der Forscher vehement. „Evolution hat kein Ziel“, beharrt Meyer.

Beweismaterial für seine Thesen findet der Forscher allerorten in der Natur. Wie der Zufall der Artenbildung auf die Sprünge helfen kann, wird dann besonders deutlich, wenn sich die verantwortlichen Mechanismen erst auf den zweiten Blick offenbaren.

So erlebten der Evolutionsbiologe Meyer und seine Mitarbeiter bei Studien in nur etwa 30 000 Jahre alten Kraterseen in Nicaragua eine bedeutsame Überraschung. Die dort lebenden Midas-Buntbarsche haben sich trotz ihres einförmigen Lebensraums zu mehreren, farblich unterschiedlichen Arten entwickelt. Gänzlich ohne räumliche oder ökologische Barrieren sind hier offenbar neue Fischformen entstanden – eine so genannte sympatrische Artbildung, wie sie lange als umstritten galt. Doch Meyer ist sich inzwischen sicher: Neue Arten, die gleichsam aus dem Nichts kommen, sind häufiger als bislang vermutet.

Eine Theorie zur Erklärung dieses Phänomens hat der Forscher auch schon parat: Damenwahl. „Eine Mutation verändert die Farbe eines Männchens, diese Farbe ist zufällig attraktiver für die Weibchen, und schon ist der Stein ins Rollen gebracht“, er-

läutert Meyer. „Sexuelle Selektion“ nennen Evolutionsbiologen den Vorgang, der sogar besonders schnell zu genetischen Unterschieden innerhalb einer Population führen kann. „In den Kraterseen von Nicaragua hat sich in nur 15 Jahren das Verhältnis der Farbformen zueinander verändert“, berichtet Meyer.

Die Vorliebe der Buntbarsch-Weibchen für ungewöhnlich schillernde Typen oder die verblüffende Konvergenz der Arten in



Baikalsee: Jährlich 20 neue Arten im Schleppnetz



Flohkrebse im Baikalsee: Rätselhafte Doppelgänger

den ostafrikanischen Seen sind für Meyer nur zwei Beispiele für den großen „Einfallsreichtum der Evolution“. Ihn weiter zu ergründen, so hofft der Forscher, wird vor allem mit Hilfe der Molekularbiologie künftig noch besser möglich sein. Meyers Traum: verschiedene Buntbarschgenome zu entschlüsseln und zu vergleichen. Dann, so glaubt der Forscher, ließen sich auch die molekularen Grundlagen der Evolution bald dingfest machen.

Eile scheint geboten. Von Menschen eingeschleppte Arten zerstören in vielen der Süßwasser-Artenparadiese die über Jahrtausende gewachsene Vielfalt.

Besonders bedrohlich ist die Situation im Fall des Victoriasees. Dort könnte den Forschern das Rohmaterial ihrer Arbeit schon bald abhanden kommen. Der Nilbarsch, in den fünfziger Jahren in den See eingeführt, dezimiert rasant die Anzahl der dort heimischen Buntbarscharten. Ungewöhnliche Algenblüten bedrohen zusätzlich das ökologische Gleichgewicht.

Das Arten-Füllhorn im Osten Afrikas droht für immer zu versiegen.

PHILIP BETHGE