

Von Axel Meyer

Als ich 1984 als junger Doktorand vom kalifornischen Berkeley aus das erste Mal nach Nicaragua reiste, war dort der marxistische Kommandante Daniel Ortega an der Macht. Es herrschte Bürgerkrieg zwischen den Sandinisten und den von Ronald Reagan unterstützten Contras. Das strikte Embargo der US-Amerikaner machte das Land nur noch ärmer, die Infrastruktur lag am Boden, es gab keine Ersatzteile für Autos. Trotzdem mussten wir die Kriegszone zwischen Costa Rica und Nicaragua irgendwie überbrücken, denn eine direkte Busverbindung ins Land existierte nicht mehr. Aber das ist eine andere Geschichte.

Es waren auch andere Ausländer in dem kriegsgebeutelten Land, um humanitäre Hilfe zu leisten. Ich war dort, um Fische für Studienzwecke zu fangen. Der besondere Grund der Reise war der Midas-Buntbarsch, eine Art, die sich äußerlich durch ebenso ungewöhnliche wie interessante Farbunterschiede auszeichnet. In den meisten Populationen sind etwa 90 Prozent aller Fische schwarz-weiß gestreift und nur ungefähr zehn Prozent verlieren die schwarzen Farbpigmente ab einer Größe von etwa zehn Zentimetern und werden dann leuchtend gelb. Darauf bezieht sich auch der Name, der dem König Midas der griechischen Mythologie verpflichtet ist, der alles in Gold verwandelte, was er anfasste.

Der US-amerikanische Zoologe und Verhaltensbiologe George Barlow (1929–2007) hatte schon seit Mitte der 1970er Jahre mit mehreren Doktoranden an dem Paarungs- und Aggressionsverhalten dieser Art (*Cichlasoma*, jetzt *Amphilophus citrinellus*) gearbeitet. Goldene und „normale“ schwarz-weiße Weibchen bevorzugen Männchen gleicher Farbe bei der Paarung, und goldene Buntbarsche haben bei aggressiven Auseinandersetzungen um Territorien oder bei der Paarung einen Vorteil. Das Hauptaugenmerk wurde auf verhaltensbiologische Aspekte gelegt, zum Beispiel auf die Frage, ob Jungfische von der Farbe der Eltern oder von Ge-



König Midas und seine Nachkommen

Die Buntbarsche sind die vielfältigste Familie unter den Fischen und Wirbeltieren. Viele der mehr als 3000 Arten sind in den Kraterseen Nicaraguas anzutreffen – und werfen ein bemerkenswertes Licht auf die Wege der Evolution



schwistern lernen, ihre eigene Farbe zu bevorzugen oder ob die Farbpräferenz angeboren ist. Aber George Barlows Interesse lag nicht auf den evolutionsbiologischen Konsequenzen dieser Partnerwahl. Das bessere Verständnis der Entstehung neuer Arten aber war mein Hauptinteresse als Doktorand in Berkeley.

Anfänglich wollte ich nicht an dieser Art forschen. Was sollte es da nach einem Dutzend Doktoranden noch Neues zu entdecken geben? Dann bemerkte ich aber, dass die Individuen dieser Art sich nicht nur farblich, sondern auch in anderen morphologischen Strukturen sehr deutlich unterschieden. Die Körperformen innerhalb von Populationen eines Sees sind äußerst variantenreich und insbesondere der Schlundkiefer kann höchst verschieden aussehen. Buntbarsche haben den fünften Kiemenbogen, der bei basaleren Fischen noch Kiemen zur Atmung trägt, zu einem zweiten Kiefer, dem sogenannten Schlundkiefer, umgebaut, mit dem sie Nahrungsquellen ausnutzen können, die anderen Fischen verschlossen bleiben.

Diese Erfindung der Evolution trug wahrscheinlich dazu bei, dass die Familie *Cichlidae* die artenreichste unter den Fischen und Wirbeltieren ist – insgesamt zählen fast 3000 Arten zur Familie der Buntbarsche. Der Midas-Buntbarsch kann extrem stabile „molariforme“, also mit starken „Backenzähnen“ besetzte Schlundkiefer haben, die es ihm erlauben, die sehr harten Gehäuse von Schnecken zu knacken, oder „papilliforme“ mit kleinen, spitzen Zähnen besetzte Schlundkiefer, mit denen er weichere Nahrung, wie Insektenlarven, „aufweicht“. Schnecken knacken können die papilliformen Midas-Buntbarsche allerdings nicht. Es scheint denkbar,

Hoffen auf den großen Fang: Zwei Fischer sind mit einem Wurfnetz dem Midas-Buntbarsch auf der Spur. Vielfältig sind die Farben und Formen der Fische. Von links: Der *Amphilophus citrinellus*, der *Amphilophus labiatus* mit seiner charakteristischen wulstigen Mundpartie sowie der neu entdeckte *Amphilophus zaliosus*, der auch Pfeil-Buntbarsch genannt wird.

dass diese mit der Nahrungsaufnahme assoziierte Formenvielfalt der entscheidende Faktor bei der Entstehung neuer Arten ist.

Buntbarsche einer Population, die an verschiedenen Stellen des Sees nicht nur unterschiedliche Nahrungsquellen finden, sondern auch Paarungspartner nach deren Form- oder Farbunterschieden aussuchen, könnten so möglicherweise auch zu neuen Arten werden. Interessanterweise kann dies offensichtlich innerhalb nur eines Sees, auch eines noch so kleinen Kratersees, von denen es einige in Nicaragua gibt, geschehen. Denn jeder der Kraterseen enthält, wie wir heute wissen, seine eigenen jungen neuen Arten.

So sind Buntbarsche inzwischen, neben den Darwinfinken der Galapagos-Inseln, zu den bekanntesten Modellorganismen in der evolutionsbiologischen Forschung geworden. Sie bieten die Möglichkeit, nicht nur sexuelle Selektion, also die Entstehung neuer Arten durch selektive Partnerwahl, zu erforschen, sondern auch Theorien zur „ökologischen“ Artbildung zu testen.

Darwins Idee, dass natürliche Auslese unter Individuen einer Population nicht nur zu besseren Anpassungen innerhalb einer Art führen kann, sondern auch zur Entstehung neuer Arten, geriet seit den 1930er und 1940er Jahren zunehmend in Vergessenheit. Denn die Architekten der sogenannten „modernen Synthese“, die die Erkenntnisse verschiedener evolutionsbiologischer Teildisziplinen zu einem Theoriegebäude zusammenfügten, betonten die geografischen Gegebenheiten als die ausschlaggebenden Mechanismen, die neue Arten eher als ein Beiprodukt geografischer Trennung entstehen lassen. Natürliche Selektion wurde so zunehmend als die ausschlaggebende Triebfeder auf dem Weg zu verbesserten Anpassungen innerhalb einer Population verstanden, aber nicht als Mechanismus der Artbildung angesehen.

Der berühmte Evolutionsbiologe Ernst Mayr (1904–2005) war über Jahrzehnte seiner Schaffenszeit einer der dogmatischsten und einfluss-



reichsten Verfechter dieses Prozesses der sogenannten allopatrischen Artbildung. Demnach werden in geografisch getrennt lebenden Populationen über viele Generationen hinweg Mutationen angesammelt, die, wenn die geografische Barriere wieder verschwinden sollte, dazu führen, dass sich die Individuen der beiden Populationen nicht mehr miteinander paaren. Paarungsentscheidungen und damit Fortpflanzungsbarrieren sind aber das entscheidende Kriterium im Licht des biologischen Artenkonzepts. Nur Mitglieder einer Art pflanzen sich miteinander fort. Mit anderen Worten: Artbildung findet allopatrisch, zugespitzt formuliert, allein wegen der geografischen Isolation – unabhängig von der Partnerwahl und der natürlichen Selektion – statt.

So wurde die Entstehung neuer Arten seit der modernen Synthese fast ausschließlich als nicht anpassungsorientierter und nicht-selektiver Prozess der Evolution verstanden. Die Rolle der natürlichen Auslese trat demgegenüber in den Hintergrund. Über Jahrzehnte, nicht zuletzt wegen des Einflusses von Mayr, wurde dieses Modell als die vorherrschende Art der Entstehung neuer Arten gesehen. Sympatrische Artbildung hingegen, der Ursprung neuer Arten innerhalb einer Population aufgrund auch von ökologischer Selektion, wurde als unmöglicher oder sehr ungewöhnlicher Mechanismus bei der Artenentstehung betrachtet.

Diese Sichtweise zur Entstehung neuer Arten hat sich im letzten Jahrzehnt sowohl in Hinsicht auf die Geografie als auch auf die Rolle der natürlichen Auslese gewandelt. Neuere theoretische Modelle zeigen, dass unter bestimmten Bedingungen ökologische Spezialisierungen durch genügend starke Auswahl sehr wohl neue Arten auch innerhalb einer Population – auch ohne Genfluss verhindernde geografische Barrieren – entstehen könnten. Diese Selektion arbeitet gegen durchschnittliche Individuen, aber fördert die extremen Spezialisten – im Fall des Midas-Buntbarsches also beispielsweise die besonders molariformen und papilliformen In-



Links: Mit einem „Kiemennetz“ werden Buntbarsche für Forschungszwecke gefangen. Im 200 Meter tiefen und fünf Quadratkilometer kleinen Apoyo-Kratersee konnten Evolutionsbiologen eine bislang unbekannt Buntbarsch-Art aufspüren. Oben: Im Westen Nicaraguas bieten kleine Kraterseen einen besonderen Lebensraum für Tier- und Pflanzenarten. Rechts: Blick über den Apoyo, der ohne Zu- und Abflüsse ist.

dividuen oder auch Fische mit besonders lang gestreckten Körpern, die sich effizient im offenen Wasser bewegen, oder andere, die durch ihre Körperform in Ufernähe besonders gut manövrieren können.

Der Artenkomplex des Midas-Buntbarsches lieferte eines der (bisher) wenigen Beispiele für die Entstehung neuer Arten ohne geografische Barrieren und damit für die sympatrische Artbildung. Nur in den beiden großen Seen Nicaraguas, dem Nicaragua-see und dem Managuasee, lebt *Amphilophus citrinellus* zusammen mit der nahe verwandten Art, *Amphilophus labiatus*. Die in den Kraterseen Nicaraguas beheimateten Formen des Midas-Buntbarsches unterscheiden sich dort aber äußerlich und genetisch zum Teil merklich von

den Populationen der großen Seen Nicaraguas.

Bisher ist nur noch eine weitere Art, *Amphilophus zaliosus*, beschrieben, die wegen ihrer Körperform Pfeilcichlide genannt wird. Allein im fünf Quadratkilometer kleinen und völlig von anderen Seen und Flüssen abgeschlossenen Apoyo-Kratersee ist diese Art zu finden. Den Ursprung haben wir in den letzten Jahren genauer mit genetischen, morphologischen und ökologischen Methoden erforscht. Es stellte sich dabei heraus, dass der Pfeilcichlide sich nicht nur äußerlich von der Ursprungsart, dem Midas-Cichliden, unterscheidet, der auch den kleinen See mit ihm teilt, sondern auch in diesem See in wahrscheinlich weit weniger als 20000 Jahren entstanden ist. Er pflanzt sich nur mit anderen Mitgliedern seiner Art fort, wie auch Experimente zur Partnerwahl in Aquarien zeigten, nutzt andere Nahrungsquellen und lebt öfter im tiefen Wasser als die Ursprungsart.

Die beiden bislang bekannten Arten – weitere neue Arten werden bald beschrieben werden – lassen sich mithilfe genetischer Marker und moderner populationsgenetischer Analysen klar voneinander unterscheiden. So ist durch ökologische Artbildung zumindest eine neue Art innerhalb eines kleinen,

jungen Kratersees entstanden. Um auch auf molekularer Ebene zu verstehen, wie neue Arten entstehen, suchen wir jetzt nach den steuernden Genen für die morphologischen und ökologischen Unterschiede zwischen diesen jungen Arten. Dabei geht es auch darum, wie viele Gene in diesem Prozess involviert sind und welche Art von Mutationen diese Arten voneinander unterscheiden.

Dies ist kein einfaches Problem, und es wird noch viele talentierte Doktoranden benötigen, um diese grundsätzliche Frage der Evolutionsbiologie zu verstehen. Dennoch wissen wir schon viel über die ungewöhnlichen Fische dieses wunderschönen Landes mit den freundlichen Menschen – jetzt, 23 Jahre nach meiner ersten Reise nach Nicaragua, da Daniel Ortega wieder Präsident ist, diesmal frei gewählt.

Prof. Axel Meyer, Ph.D., ist Professor für Zoologie und Evolutionsbiologie an der Universität Konstanz.

Adresse: Universität Konstanz, Department of Biology, Room M 806, 78457 Konstanz

Die Studien werden von der DFG im Schwerpunktprogramm 1127 „Radiationen – Genese biologischer Diversität“ gefördert.

► www.evolutionsbiologie.uni-konstanz.de