Universität Zürich[UZH]

# magazin

Die Zeitschrift der Universität Zürich
Nummer 1, 21. Jahrgang, Februar 2012

# Wilde Tiere

Was wir von ihnen lernen können ab Seite 24

**Gefährlicher Weltraum** In der Schwerelosigkeit kollabiert das Immunsystem **Seite 18**

**Powerfrauen** Wie mittelalterliche Königinnen Macht ausübten **Seite 13**

**Palastrevolution** Marc Chesney fordert ein Umdenken in der Wirtschaftswissenschaft **Seite 46**

**ULI REYER:**

*» Am Anfang waren Frösche für mich reine Forschungsobjekte, inzwischen interessieren sie mich auch als Tiere mehr und mehr. Kürzlich war ich im London Zoo und ertappte mich dabei, wie ich schnurstracks ins Amphibienhaus ging. Liebe? Das wäre wohl zu viel gesagt. Aber ich finde Frösche mittlerweile sogar schön.*

# Fremdgehen im Froschteich

Paarungen über die Artgrenzen hinweg sind bei Tieren nicht selten. Versehen der Natur oder Beitrag zur Artenvielfalt? Zoologe Uli Reyer ist dem Geheimnis hybrider Lebewesen auf der Spur. Von Michael T. Ganz

Sie kennen nichts, die Herren Frösche. Zu dritt, zu viert, zu fünft, oftmals ungeachtet ihrer Art fallen sie über die laichbereiten Weibchen her und giessen ihr Sperma auf die austretenden Eier aus. Hätte Gregor Johann Mendel, Mitte des 19. Jahrhunderts Mönch zu Brünn und daselbst Klostergärtner, um das wilde Treiben in der Froschwelt gewusst, er wäre entsetzt gewesen. Und hätte er das Durcheinander studiert, wäre er wohl nie dahinter gekommen, nach welchen Regeln Erbgut von einer Generation zur nächsten gelangt. Glücklicherweise experimentierte Mendel nicht mit Fröschen, sondern mit Erbsen. Die Erkenntnisse, die er aus der Kreuzung dieser Hülsenfrüchte gewann, begründen die moderne Vererbungslehre.

Mit Genetik hat auch Uli Reyer viel zu tun, wenn er das Paarungsverhalten von Fröschen untersucht – aber nicht nur mit Genetik. Denn von Hause aus ist Reyer Verhaltensforscher. Er doktorierte im Umfeld von Konrad Lorenz am Max-Planck-Institut im bayerischen Seewiesen; dort arbeitete er vor allem mit Fischen und Vögeln. Und wie kam Reyer auf den Frosch? Der Mann mit dem weissen Bart lacht. «So wie der Mensch auf den Hund kam, meinen Sie? Nein, bei mir war das anders.» Nach seinem Ruf an die Universität Zürich 1988 beschäftigte sich Uli Reyer zunächst mit Alpenvögeln. Sein Forschungsziel: zu verstehen, wie Umweltbedingungen, genetische Ausstattung und individuelles Verhalten von Tieren die Zusammensetzung und Dynamik ihrer Populationen bestimmen.

### Der Frosch im Labor

Reyers Arbeit basierte damals auf Freilanduntersuchungen im Schweizer Alpenraum. «Doch blosse Freilanduntersuchungen», sagt Uli Reyer rückblickend, «haben einen Nachteil. In der Natur werden Verhalten und Populationsstruktur der Tiere von so vielen Faktoren bestimmt, dass sich zwar Korrelationen, aber kaum Ursachen ableiten lassen.» Reyer sann deshalb nach einer Möglichkeit, Freilanduntersuchungen und Laborexperimente zu kombinieren. Mit Alpenvögeln ging das nicht, mit Fröschen schon. «Über die Genetik von Fröschen wurde in Zürich bereits geforscht», sagt Reyer. «Was fehlte, war der Brückenschlag zur Verhaltensforschung und zur Ökologie.» Genau diese Verknüpfung hat Reyer am Institut für Evolutionsbiologie und Umweltwissenschaften der Universität Zürich nun gemacht.

Die Verknüpfung geht so: Der genetische Rucksack bestimmt zusammen mit Umweltbedingungen wie Nahrung, Feinde oder Krankheiten das Verhalten des Tiers. Mit seinem Verhalten wiederum beeinflusst das Tier über Geburten- und Sterberate, Ein- und Auswanderung die Populationsstruktur und die Populationsdynamik – bis hin zu Artensterben und anderen evolutionären Veränderungen. «Alles sehr komplexe Beziehungen», erklärt Reyer, «die bei Fröschen aber wesentlich einfacher festzumachen sind als bei vielen anderen Tieren. Darum sind Frösche für meine Forschung ideal.»

Drei Arten der Froschgattung *Pelophylax* – früher Rana genannt – bevölkern Reyers Versuchsanlagen auf dem Strickhofareal gleich oberhalb der Universität Irchel: *Pelophylax lessonae*, der Kleine Wasserfrosch, *Pelophylax ridibundus*, der Seefrosch, und *Pelophylax esculentus*, der Teichfrosch. Wobei nur Kleiner Wasserfrosch und Seefrosch eigentliche Arten sind; der Teichfrosch ist ein Hybride aus beiden. Denn – und genau das macht die grünen Hüpfer für Reyer so interessant – Kleine Wasserfrösche und Seefrösche paaren sich nicht nur innerhalb der eigenen Art, sondern auch zwischen den Arten. Die so entstehenden Teichfrösche lassen sich dann wiederum mit der einen oder anderen ihrer Elternarten ein, also mit Kleinen Wasser- oder Seefröschen.

### Die Herkunft verleugnen

Getreu den Mendel'schen Vererbungsregeln ergibt sich daraus eine berechenbare Anzahl verschiedener Genkombinationen. Paaren sich zwei Artgenossen, tragen die Nachkommen zwei Genome derselben Art in sich. Paart sich ein Kleiner Wasserfrosch mit einem Seefrosch, übernehmen die hybriden Nachkommen je ein Genom der einen und der anderen Art. Doch danach gehorchen die Frösche dem System des Brünner Klostergärtners nicht mehr. Denn wenn die hybriden Teichfroschkinder geschlechtsreif werden, geschehen seltsame Dinge. Der Teichfrosch scheint nämlich immer eine Seite seiner Herkunft zu leugnen. Noch vor der Bildung von Spermien beziehungsweise Eiern vernichtet er die eine von zwei elterlichen Erbanlagen in seinem Genom und gibt nur die Gene der anderen Elternart weiter. Warum dieses Verhalten?

*«Die hybriden Teichfroschkinder leugnen einen Teil ihrer Herkunft und vernichten eine von zwei elterlichen Erbanlagen.»* Uli Reyer, Zoologe

Bevor das Erbgut in Spermien und Eiern zur nächsten Generation gelangt, legen sich die ererbten Chromosomensätze im Vorgang der Meiose paarweise aneinander; mütterliche und väterliche Erbanlagen werden duchmischt. Stammen die Eltern von derselben Art, ähneln sich die Chromosomen, und jedes mütterliche findet ein entsprechendes väterliches Chromosom. Stammen die Eltern von verschiedenen Arten, wie bei Hybriden der Fall, funktioniert das nicht. Die Folge ist Unfruchtbarkeit. Mit dem Ausmerzen eines elterlichen Chromosomensatzes indes wird das Problem beseitigt. Man spricht von Genom-

ausschluss oder Hybridogenese. Sie kommt auch bei einzelnen Fisch- und Heuschreckenarten vor, ist im Tierreich jedoch äusserst selten.

### Genetischer Schrott

Die scheinbar geniale Lösung, Meiose durch Genomausschluss zu umgehen, hat allerdings ihren Preis: Der verbleibende Chromosomensatz wird klonal weitergegeben, also ohne genetische Durchmischung mit einem anderen Satz. Und da sich auf dem klonalen Genom durch Mutationen im Laufe der Zeit mehr und mehr genetischer Schrott ansammelt, führt die Paarung zwischen Hybriden zu Nachkommen, die diesen Schrott gleich von beiden Elternteilen erben. Damit sind sie nicht lebensfähig. «Der Teichfrosch», so Reyer, «kann sich also nur dann erfolgreich fortpflanzen, wenn er das vorher ausgeschlossene Genom für seine Nachkommen zurückholt. Und das geht nur, wenn er sich mit der entsprechenden Elternart paart.» Hybride Teichfroschweibchen sollten für die Paarung deshalb nicht ihre eigenen Männchen wählen, sondern Männchen jener Elternart, deren Genom sie ausschliessen.

Tun sie das? Uli Reyer hat es mit einem einfachen Versuch bewiesen. Er unterteilte ein Terrarium mit Maschendraht in drei Zellen und setzte ein Teichfroschweibchen zwischen ein Seefrosch- und ein Kleines Wasserfroschmännchen. Frau Frosch schlug sich sogleich auf die Seite jenes Partners, der ihrem Genomausschluss entsprach, genetisch gesprochen für sie also «sinnvoller» war. Dasselbe Experiment funktionierte sogar, wenn Reyer der Froschdame nur das – hörbar unterschiedliche – Quaken beider Froscharten über Lautsprecher vorspielte.

Nun ist es in der freien Wildbahn aber so, dass Froschweibchen bei der Paarung kaum eine Wahl haben. Denn im Froschteich geben – wie eingangs erwähnt – die Männchen den Ton an: Willkürlich bespringen sie laichbereite Weibchen. Spielt also Partnerwahl bei der Fortpflanzung überhaupt eine Rolle? Uli Reyer hatte so seine Vermutungen. Um sie zu überprüfen, bestückte er vier Pools mit je einer Froschdame und einem Froschherrn, jedoch in unterschiedlicher Artenzusammensetzung. Nach der Paarung zählten Reyer und sein Forscherteam die gelegten Eier aus. Resultat: Jene Weibchen, die sich mit den «falschen» Froschmännchen einlassen mussten, hatten deutlich weniger gelaicht als die anderen. «Das heisst, diese Weibchen halten einen Teil ihrer Eier zurück», erklärt Uli Reyer. «So haben sie eine zweite Chance, wenn sie der genetisch richtige Partner bespringt.» Die Partnerwahl geschieht also gewissermassen während der Befruchtung.

Was aber sagt uns das? Welchen Nutzen für die Menschheit haben die Erkenntnisse aus den Froschteichen im Strickhofareal? Reyer lacht wieder. «Einen direkten Nutzen, nein, so weit würde ich nicht gehen. Das System der Teich-, See- und Wasserfrösche ist ein sehr spezielles. Aber es lässt sich als Modellsystem betrachten für eine ganze Reihe neuer Erkenntnisse im Feld der Biologie.»

Erste Erkenntnis: Das Beispiel der Frösche zeigt, dass Partnerwahl im Tierreich subtiler ist als gemeinhin angenommen. Die Theorie der sexuellen Selektion besagt, dass Weibchen jene Männchen wählen sollten, die ihnen die meisten und besten Nachkommen garantieren. Doch können Weibchen vieler Arten ihre Neigung gar nicht zum Ausdruck bringen, weil die Männchen sie zur Paarung zwingen. Die Froschweibchen in Reyers Teichen beweisen, dass es trotz solcher Vergewaltigung Möglichkeiten gibt, den Vater der Kinder zu wählen. «Und genau nach solchen subtileren Formen müsste man bei anderen Tierarten nun auch einmal suchen», meint Uli Reyer.

*«Eines ist mir dank meinen Fröschen heute klar: Hybride Lebewesen sind nicht zwingend Sackgassen der Evolution.»* Uli Reyer, Zoologe

### Bastarde mit Potenzial

Zweite Erkenntnis: Hybridformen überleben, wenn sie gegenüber «normalen» Arten ökologische Vorteile geniessen. 99,9 Pozent aller Lebewesen pflanzen sich geschlechtlich fort, denn geschlechtliche Fortpflanzung hat dank regelmässiger Durchmischung des Erbguts viele Vorteile: Sie beseitigt schädliche Mutationen, erzeugt genetische Diversität und schafft damit Grundlagen für die Anpassung an unterschiedliche Umwelten. Bei der klonalen Fortpflanzung des Teichfroschs und rund hundert weiterer Wirbeltierhybriden ist all das nicht gegeben. Diese Arten müssten also eigentlich aussterben. Doch sie existieren weiter, indem sie die Erbanlagen beider Elternarten in sich vereinen und genetisch divers bleiben. «Dank dieses Allzweck-Genotyps», sagt Uli Reyer, «steht Hybriden ein breiteres Spektrum an Umwelten offen, in denen sie leben können.» Dritte Erkenntnis: Hybride Tierarten sind von evolutiver Bedeutung und erhöhen die Biodiversität. Bislang waren Hybride in der Diskussion und der Gesetzgebung zum Schutz unserer Fauna kein Thema. Man betrachtete sie vielmehr als Fehler der Natur, die von der Selektion ausgemerzt werden und in der evolutiven Sackgasse enden. «Diese Betrachtungsweise muss sich ändern», sagt Uli Reyer. Denn seine Frösche beweisen: Manche Hybridformen können sich verselbständigen und sich möglicherweise zu neuen Arten entwickeln.

Bereits heute gibt es laut Reyer so genannte Hybridinseln, Gebiete also, in denen Teichfrösche ohne ihre Elternarten überleben. In diesen Populationen gibt es neben den üblichen diploiden (mit zwei Genomen) auch triploide Hybride (mit drei Genomen). Triploide Hybride treten als Paarungspartner und «Genomspender» an die Stelle der Elternarten. «In der Botanik ist das Phänomen schon seit langem bekannt», sagt Reyer, «ein grosser Teil der heutigen Pflanzenwelt ist aus Hybridisierung hervorgegangen. In der Zoologie gibt es noch kaum Beispiele.»

Im heutigen Natur- und Tierschutz gilt als schützenswert, was für die Evolution bedeutend scheint. Hybride gehörten bisher nicht dazu. Entwickelt sich der Teichfrosch zu einer eigenständigen Art, wird aber auch er evolutionssignifikant. «Das werde ich allerdings kaum mehr erleben», sagt der Mann mit dem weissen Bart und lacht noch einmal. «Nicht, weil ich seit kurzem pensioniert bin, nein, sondern weil es noch Tausende von Jahren dauern dürfte, bis es so weit ist. Aber eines ist mir dank meinen Fröschen schon heute klar: Hybride Lebewesen sind nicht zwingend Sackgassen der Evolution.»

**Kontakt:** Prof. Uli Reyer, uli.reyer@ieu.uzh.ch

DAS UNIDING NR. 38: FROSCHVITRINE

# Auf den Frosch gekommen

Natalie Grob

Wer diese Vitrine im Institut für Evolutionsbiologie und Umweltwissenschaften entdeckt, bleibt stehen. Frösche aller Art bevölkern sie. Da sind etwa ein Salzstreuer und eine Kaffeekanne in Froschform zu sehen. Es gibt Frösche aus Plüsch und andere aus Holz. Viel Nippes befinden sich darunter, auch Postkarten und Einkaufstüten, ja sogar ein Tanga mit Froschmotiv.

Vor zehn Jahren ist die Kollektion entstanden. Gegründet hat sie der Zoologe Uli Reyer, der sich in seiner Forschung mit der Populationsbiologie dieser Amphibien beschäftigt. Weil sich herumgesprochen hat, dass er Froschobjekte sammelt, erhielt er sie von überall her geschenkt. Im Kaffeeraum seiner Abteilung fanden sie bald keinen Platz mehr. Gottlob erfuhr Reyer von einer leeren Vitrine im Keller. Im ersten Stock im Gebäude Y13 wurde sie aufgestellt. Mittlerweile birgt der Glasschrank über 150 Ausstellungsstücke. Ende Herbstsemester wird die Sammlung aufgehoben, da Uli Reyer pensioniert ist. Die Frösche werden dann an die Mitarbeitenden verschenkt.

Bild Frank Brüderli

Sammlung zum Schmunzeln: Die Froschkolonie ist noch bis Ende des Herbstsemesters zu sehen.

aus: Journal - Die Zeitung der Universität Zürich, Nr. 4, Sep. 2012, S. 20