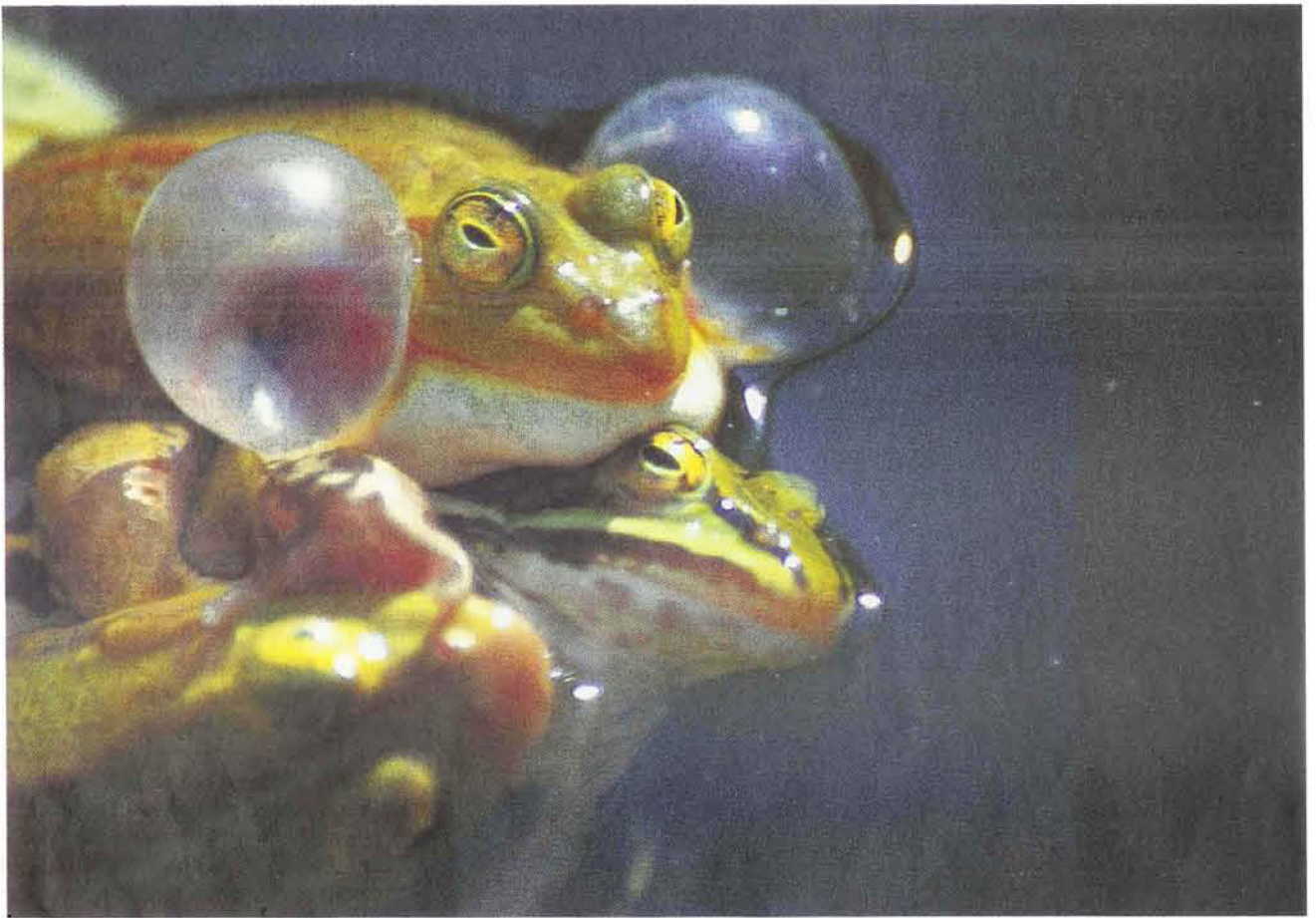




Erfolgreiche Hybriden: Teichfrösche.

HEINZ-ULRICH REYER, UNIVERSITÄT ZÜRICH

Das Rätsel im Teich

Warum bestimmte Froschhybriden so erfolgreich sind

Teichfrösche sind Mischlinge aus zwei verschiedenen Froscharten – und sie scheinen die Grundsätze der Evolutionslehre teilweise ausser Kraft zu setzen. Langsam kommen die Wissenschaftler ihrem Erfolgsrezept auf die Spur.

Kurt de Swaaf

Der Übungsplatz Kloten ist kein Naturparadies der üblichen Art. Das Militärgelände in unmittelbarer Nähe zum Zürcher Flughafen kann kaum als Oase der Ruhe gelten. Trotzdem fühlen sich hier einige Tierspezies pudelwohl. Kleine Wasserfrösche (*Pelophylax lessonae*) und Teichfrösche (*Pelophylax esculentus*) legen alljährlich im Mai ihre Eier in den dortigen Weihern und Kiesgruben ab. Bald darauf wimmelt es von Kaulquappen. Sogar in mit Regenwasser gefüllten Panzerspuren wuseln sie. «Solche Biotope sind sehr riskant», erklärt der Biologe **Heinz-Ulrich Reyer von der Universität Zürich**. Die flachen Tümpel trocknen leicht aus. Für die Froschlärven ist das der Tod. Andererseits erwärmen sich solche Kleinstgewässer sehr schnell, und dies wiederum kurbelt das Wachstum der quirligen Schwimmer an.

Biologisches Erfolgsmodell

Reyer war schon oft zu Forschungszwecken in besagtem Gelände unterwegs. Sein Interesse gilt vor allem den Teichfröschen, deren Geheimnissen er mit seiner Arbeitsgruppe seit einigen Jahren auf der Spur ist. Teichfrösche sind – im herkömmlichen Sinne – keine echte Tierart. Es sind Hybriden, ursprünglich hervorgegangen aus Kreuzungen zwischen Kleinen Wasserfröschen und Angehörigen einer nah verwandten Spezies, dem Seefrosch (*Pelophylax ridibundus*). In der Natur kommt es immer wieder zu solchen «Fehlpaarungen». Der daraus entstehende Nachwuchs ist oft unfruchtbar oder in anderer Weise genetisch benachteiligt. Nicht so die Teichfrösche. Man findet sie zahlreich in vielen europäischen Regionen. In der Schweiz kommen sie zusammen mit Kleinen Wasserfröschen vor. Die Teichfrösche sind häufig in der Überzahl.

Die Mischlinge sind offensichtlich ein biologisches Erfolgsmodell. Umso verblüffender ist, dass sie sich normalerweise nicht miteinander fortpflanzen können. Zur Vermehrung benötigen Teichfrösche einen Partner von einer der beiden Ursprungsarten, in Westeuropa gewöhnlich Kleine Wasserfrösche, im Osten eher Seefrösche.

Die Teichfrösche agieren gewissermaßen als sexuelle Parasiten. Durch die Mischpaarungen entstehen wieder Hybriden, die Spezies in Reinform haben das Nachsehen.

«Halbe» Klone

Das Liebesleben der Teichfrösche beruht auf einem ungewöhnlichen genetischen Regelwerk. Ihr Erbgut besteht je zur Hälfte aus Kleinen-Wasserfrosch- und Seefrosch-Chromosomen. Bei der Produktion von Eizellen und Spermien wird jedoch ein bestimmter Eltern-Anteil auf noch ungeklärte Weise eliminiert. Nur die Chromosomen der jeweils anderen Art gelangen in die Keimzellen – und zwar in ihrer Gänze so, wie sie im Frosch vorliegen. Dadurch geben alle Teichfrösche einer Population über Generationen immer denselben spezifischen Chromosomensatz weiter. Im erwachsenen Frosch ist dieser zwar mit einem Satz Wasserfrosch- oder Seefrosch-Chromosomen «ergänzt», der, so vermutet man, etwa Fehler im vom Teichfrosch weitergereichten Genmaterial ausbügelt. Aber bei Keimzellbildung und Befruchtung kommt es nicht zu einer Vermischung des elterlichen Erbguts – eigentlich einem der grossen Vorteile der sexuellen Vermehrung. Stattdessen pflanzen sich die Teichfrösche praktisch ohne genetische Rekombination fort. Fachleute bezeichnen dies als hemiklonale Fortpflanzung. Der Mechanismus dient wahrscheinlich zur Vermeidung der bei Mischlingen häufig auftretenden Infertilität, sagt Reyer.

Aus Sicht der klassischen Evolutionslehre ist eine solche Strategie allerdings völlig abnorm. Die Teichfrösche sind quasi Darwins Enfants terribles: Denn ohne Rekombination keine genetische Vielfalt, ohne genetische Vielfalt keine Anpassung – und ohne Anpassungsfähigkeit ist eine Art Veränderungen ihrer Lebensbedingungen wehrlos ausgesetzt. Früher oder später verliert sie den Kampf ums Überleben, so sollte man meinen: Stillstand bedeutet hier Untergang. Der Teichfrosch muss also über andere Vorteile verfügen, die das Manko der fehlenden Erbgut-Durchmischung wettmachen.

Um diese aufzudecken, haben Reyer und seine Arbeitsgruppe in den vergangenen 17 Jahren unterschiedliche Aspekte der Biologie von Teichfröschen untersucht und mit jener von Kleinen Wasserfröschen und Seefröschen verglichen. Wie sich zeigte, sind die Hybriden den Ursprungsarten keinesfalls grundsätzlich überlegen. Bei der Partnersuche etwa stehen hierzulande die Männchen des Kleinen Wasserfrosches höher im Kurs als die Mischlinge. Wenn sie die

Wahl haben, entscheiden sich sowohl Teich- wie auch Wasserfrosch-Weibchen für einen Wasserfrosch. In der Natur kommt es gleichwohl nicht immer so genau drauf an. Im Gedränge eines Froschteichs begatten die Männchen beider Arten oft alles, was sie greifen können – Teichfrosch-Weibchen inklusive. Diese steigern ihren Fortpflanzungserfolg zudem durch eine höhere Fruchtbarkeit. Sie legen mehr Eier.

Die Mischlingslarven verfügen ebenfalls über gewisse Vorteile. Sie wachsen schneller als Wasserfrosch-Kaulquappen und brauchen weniger Zeit bis zur Metamorphose. Solche Eigenschaften sind vor allem in kleinen Tümpeln wie den erwähnten Panzerspuren von Nutzen. Durch Räuber wie Libellenlarven oder Fische scheint der Teichfrosch-Nachwuchs jedoch gefährdeter zu sein. Er reagiert schwächer auf deren Anwesenheit und versteckt sich weniger, berichtet Reyer. Möglicherweise erklärt dies, warum Teichfrösche eher neu entstandene Gewässer und solche mit stark schwankenden Pegeln besiedeln.

Triploide Teichfrösche

Welche Art wo die Überhand gewinnt, hängt also von den jeweiligen Umweltbedingungen ab. Im Extremfall können Schweizer Froschbestände zu 90 Prozent aus Teichfröschen und nur zu einem Zehntel aus Wasserfröschen bestehen. Dies reicht für eine erfolgreiche Fortpflanzung beider Formen offenbar aus. In einigen Regionen Europas gibt es indes auch reine Teichfrosch-Bestände. Diese vermehren sich ohne Wirte. Vermutlich, weil in solchen Populationen viele Tiere nicht diploid sind, sondern triploid – sie verfügen über einen dreifachen statt einen zweifachen Chromosomensatz. So ist gewährleistet, dass bei den allermeisten Nachkommen sowohl Wasserfrosch- wie auch Seefrosch-Erbgut vorhanden ist. Zusätzlich zu den Hybriden entstehen hier jeweils auch einige «echte» Seefrosch- und Kleine-Wasserfrosch-Larven. Doch diese sind in reinen Hybridbeständen seltsamerweise nicht lebensfähig. Ursache könnten niedrigere Wassertemperaturen sein, wie Laborversuche der Zürcher Forscher kürzlich gezeigt haben. Vor allem triploide Teichfrosch-Kaulquappen sind demnach kälteresistenter.

Ihren Erfolg verdanken die Teichfrösche insgesamt wohl einer sehr fein justierten Anpassungsfähigkeit. Ihre Genetik sei eben ziemlich flexibel, sagt Reyer. Es sei durchaus möglich, dass sich die Mischlinge auf dem Weg zur Entwicklung einer «echten» neuen Spezies befinden, erklärt er: Evolution zum Zuschauen, sozusagen.

Seltsame Wissenschaft: Warum sich ein Zoologe an der Uni Zürich ausgerechnet mit dem Sexleben der Frösche beschäftigt

Wenn's lieblich quakt, ist das Musik in Reyers Ohr

In den Augen des Menschen mag ein Frosch grün sein wie der andere. Wäre man selber ein Frosch, würden sich alle gleich gut als Fortpflanzungspartner eignen. Aber die Frösche sehen das anders; das ist der Grund, warum sich **Uli Reyer, Professor für Zoologie an der Uni Zürich,** für diese Tiere interessiert.

Vor etwa zwanzig Jahren nahm man an, dass Reyers Versuchstiere zu drei verschiedenen Arten gehören; heute meint man, es seien zweieinhalb. Hinter dieser feinen Unterscheidung, die sich wie Sophisterei detailbesessener Wissenschaftler ausnimmt, steckt die Frage, was eine Tierart eigentlich sei. Das entscheidet ihre Fähigkeit, miteinander Nachkommen zeugen zu können.

Die Praxis ist jedoch weitaus komplizierter. Der Gattungsname der Frösche ist *Rana*, und entsprechend den Nomenklaturregeln der Biologen heissen Tümpel-, See- und Wasserfrosch *Rana lessonae*, *Rana ridibunda* und *Rana esculenta*, kurz Lessonae, Ridibunda und Esculenta genannt. Lange hielt man Esculenta für eine richtige Art. Mittlerweile weiss man, dass es sich um einen Bastard handelt, der durch die Kreuzung der zwei anderen Arten entstanden ist. Das Erbgut von Esculenta besteht daher zur einen Hälfte aus dem von Ridibunda und zur anderen aus dem von Lessonae. Während der Fortpflanzung ver-

leugnet dieser Hybrid allerdings die eine Hälfte seiner Herkunft: Die Chromosomen, die Lessonae beigesteuert hat, werden zurückgebildet; in den Spermien und Eiern werden nur die Gene von Ridibunda weitergegeben; für diejenigen von Lessonae führte der Seitensprung über die Artengrenze in eine Sackgasse, denn sie sind unwiederbringlich verloren.

«Das ist eigentlich der Anfang einer Reihe von Fragen», sagt Reyer im Stile eines Unternehmensberaters für Frösche. «Esculenta kann nur dann lebensfähige Nachkommen zeugen, wenn er sich mit einem Lessonae-Frosch paart, von ihm das vorher herausgeworfene Lessonae-Erbgut für seine Kinder wieder holt und selbst das Ridibunda-Erbgut beisteuert; in allen anderen Fällen verliert er.» Die Nachkommen aus der Verbindung zwischen zwei Hybriden überleben nicht.

Strategiespiel

Evolutionsbiologen wie Reyer betrachten die Natur als grosses Strategiespiel, in dem Tiere und Pflanzen versuchen, ihre Gene in die Zukunft hinüberzuretten. Anspruchsvoll wird die Vorhersage des Spielverlaufs, wenn, wie bei den Froscharten, verschiedene Interessen aufeinanderprallen. Während Esculenta gut beraten ist, sich nur mit

Lessonae zu paaren, sind die Vorzeichen für Lessonae umgekehrt: Sein Erbgut wäre bei einer Paarung mit Esculenta verloren, weil es in den Nachkommen zu einem Klumpen funktionsloser DNA eingeschmolzen würde. «Esculenta sollte bei der Partnerwahl deshalb eine deutliche Vorliebe für Lessonae haben», erklärt Reyer die Regeln, «und sich möglichst wenig um andere Esculenta kümmern. Lessonae sollte sich nur mit Lessonae paaren.»

Ob sie dies tatsächlich tun, untersucht Uli Reyer in Experimenten: Ein Esculenta-Weibchen hockt auf dem Boden eines Terrariums. Links und rechts von ihm sitzen, durch ein Gitter getrennt, ein Esculenta- und ein Lessonae-Männchen. Die Froschdame hat die Qual der Wahl, zu wem sie hüpfen möchte. Die Weibchen von Esculenta bevorzugen tatsächlich die Lessonae-Männchen – von den Esculenta-Männchen wollen sie wenig wissen. Im Wahlversuch verhalten sich auch die Weibchen von Lessonae wie prognostiziert: Sie bevorzugen die Männchen der eigenen Art, damit ihre Gene nicht verlorengehen. Die Versuche im Terrarium scheinen Reyers Thesen zu bestätigen, doch die Männchen von Lessonae und Esculenta machen die Spielregeln etwas komplizierter. «Beide sollten Lessonae-Partnerinnen bevorzugen», sagt Reyer. Aber gerade das tun sie nicht, wenn

sie im Experiment die Wahl zwischen Weibchen von Lessonae und Esculenta haben. Sie machen keinen Unterschied und paaren sich auch mit den Esculenta-Weibchen, selbst wenn damit ihr Erbgut verlorenggeht. Die Theorie der egoistischen Gene muss deshalb aber nicht ad acta gelegt werden; es reicht, ein neues Kapitel im Lehrbuch der Evolutionsbiologen aufzuschlagen. Die Natur scheint eine ziemlich genaue Kosten-Nutzen-Rechnung aufzustellen. Auf der Kostenseite erfordert die Produktion von kleinen Spermien viel weniger Aufwand als die Herstellung von grossen Eiern. Sich falsch zu paaren und Geschlechtszellen zu verschwenden ist deshalb für ein Männchen weniger schwerwiegend als für ein Weibchen. Auf der Nutzenseite kann ein zu wählerisches Verhalten der Partnerin für Männchen sogar Nachteile haben. Esculenta-Weibchen sind nämlich im Schnitt grösser als Lessonae-Weibchen, und je grösser ein Froschweibchen ist, desto mehr Nachkommen produziert es. Uli Reyer: «Wer als Männchen generell grosse Weibchen zurückweist, vermeidet daher zwar die genetische Sackgasse einer Paarung mit Esculenta, lässt sich aber auch die Chance entgehen, mit einem grossen Lessonae-Weibchen besonders viele kleine Kaulquappen zu zeugen.»

OLIVER KLAFFKE

Frosch als Objekt der Begierde

Was Schweizer Forscher in Teichen in Döbern suchen und finden

Er ist kein Froschkönig, sondern ein scheinbar ganz normaler Frosch, der treuherzig aus seinen leicht vorstehenden Augen blickt und mit kräftiger Stimme quakt. Doch die Forscher aus der Schweiz freuen sich königlich über den grünen Kerl, den sie in einem kleinen Teich in Eichwege gefunden haben.

Von Angela Hanschke

Professor Dr. Heinz-Ulrich Reyer (63) vom zoologischen Institut der Universität Zürich, die Doktorandin **Alexandra Hoffmann** (32) und **Irene Völlmy** (30), die ihre Masterarbeit an der Universität abgeschlossen hat, haben in Döbern Quartier bezogen. Sie betreiben Feldforschung in Sachen „Wasserfrosch“.

Der geht aus einer Kreuzung von Teich- mit Seefrosch hervor. Das von Alexandra Hoff-



Nummer vier – ein Hybrid.



Freude über einen Frosch in der Hand.

Fotos: Angela Hanschke

mann präsentierte Exemplar mit der Ziffer „Vier“ auf dem kleinen „Lendenschurz“ könnte den Wissenschaftlern zufolge einer Lausitzer Hybridpopulation angehören, die sich ebenso wie Populationen in Schweden, Dänemark, Nordpolen und dem nördlichen Osten Deutschlands allein, also ohne das Vorhandensein der Eltern-Arten behaupten kann. „Berichte über solche Wasserfrösche sind bislang – wissenschaftlich nicht

besonders gut unterlegt – nur durch die Fachliteratur gegeistert“, so Professor Reyer.

Alexandra Hoffmann, die im vergangenen Jahr gemeinsam mit einem französischen Doktoranden in der Lausitz, in Polen, Tschechien, der Slowakei, Slowenien, Ungarn und Kroatien forschte, hat ein System ausgemacht, wie es bislang nur aus dem Ostseeraum bekannt ist. „Sicher ist das hier in Döbern keine Enklave“ sagt sie.

Gemeinsam wollen die drei Schweizer bei ihrer Grundlagenforschung nun erkunden, ob das Döberner Vorkommen unabhängig von den anderen Wasserfrosch-Populationen entstanden ist. Könnte es für sich allein weiter bestehen, sei es ebenfalls schützenswert, so Professor Reyer.

Mehr als 40 Wasserfrösche haben die drei in Döbern bisher während nächtlicher Aktionen, mit langen Wathosen ausgerüs-

tet, mittels der Stirnlampe und Froschquaken vom Band, angelockt. Die Tiere wurden vermessen, gewogen und ihre Rufe analysiert. Bis Ende Mai sollen die Untersuchungen in Döbern fortgesetzt werden, anschließend geht es für die Forscher nach Schweden.

Als „sehr spannend“ bezeichnen sie ihre Arbeit und freuen sich über die große Unterstützung und das rege Interesse der Grundstückseigentümer. Auch an der landschaftlich reizvollen Natur im Eichweger Teil Döberns haben sie ihren Spaß. Auch per Fahrrad haben sie die Gegend erkundet und Abstecher zu den Teiche gemacht.

ZUM THEMA

Der Wasserfrosch (*Rana esculenta*) gehört wie seine Eltern zu den „Grünfröschen“. Solche Hybriden sind im Normalfall nicht leben- oder fortpflanzungsfähig, könnten ohne Vertreter ihrer Elternarten nicht existieren und verschwinden deshalb wieder aus der Natur. Einige aber erweisen sich als Überlebenskünstler. Damit könnten sie auf dem Weg zur Bildung einer neuen Art sein.

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 giesen ihr Sperma auf die austretenden Eier aus. Hätte Gregor Johann Mendel, Mitte des 19. Jahrhunderts Mönch zu Brunn 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, begründeten 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 Alpengvögeln. 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 bloss 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 Alpengvögeln 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 Po-

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

pulationsstruktur 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 Hüpfen 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 gehören 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?

Bevor das Erbgut in Spermien und Eiern zur nächsten Generation gelangt, legen sich die erbten Chromosomensätze im Vorgang der Meiose paarweise aneinander; mütterliche und väterliche Erbanlagen werden durchmischt. 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 kön-

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

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

nen 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.

Bastarde mit Potenzial

Zweite Erkenntnis: Hybridformen überleben, wenn sie gegenüber «normalen» Arten ökologische Vorteile geniessen. 99,9 Prozent 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

(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

FROSCHIGE TRICKS

Bei den Wasserfröschen haben die Weibchen wenig zu sagen, wenn es um die Partnerwahl geht. Die Männchen klammern sich einfach an eine „Braut“, bis diese ihre Eier freigibt. Bei den Wasserfröschen *Rana esculenta* und *Rana lessonae* kann es so schon einmal zu „Mischehen“ kommen. Der daraus resultierende Nachwuchs kann allerdings nur die Gene von *R. esculenta* an die nächste Generation weitergeben. Deshalb haben die

Rana lessonae-Weibchen einen raffinierten Trick entwickelt: Werden sie von einem *Rana esculenta*-Männchen in Beschlag genommen, setzen sie nur wenige Eier frei. Den Rest heben sie sich für eine weitere Paarung mit dem „richtigen“ Partner auf. Läßt sich kein *Rana lessonae*-Männchen blicken, werden die eingesparten Eier resorbiert, so daß die Weibchen in der nächsten Saison mehr Eier legen können. 



Gifte im Verdacht

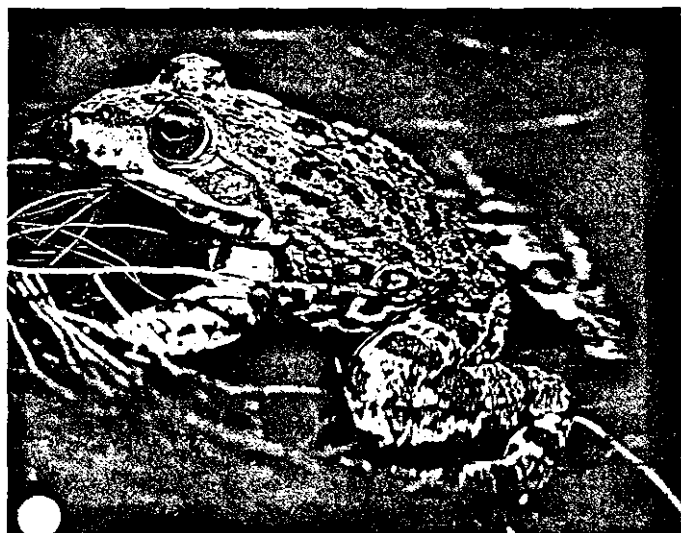
Ist die Landwirtschaft schuld am
Amphibiensterben?

Viele Theorien haben bisher versucht, das weltweite Artensterben der Amphibien zu erklären – von der verringerten Ozonschicht bis zur Luftverschmutzung. Jetzt entdeckte ein Team des Zoologischen Institutes an der Universität Zürich um den Verhaltensforscher Heinz-Ulrich Reyer und den Toxikologen Professor Karl Fent eine weitere Ursache: das pilztötende Mittel Triphenyltin.

Die Forscher untersuchten die Wirkung des Fungizids, das in der Landwirtschaft u.a. gegen Pilzbefall und Fäulnis von Rüben und Kartoffeln eingesetzt wird, auf den Wasserfrosch *Rana lessonae* u. verschiedene Hybriden. Sie fanden heraus, daß höhere Dosierungen des Mittels tödlich wir-

statt in einem natürlichen Ökosystem gemacht haben, (da sonst zu viele andere Einflüsse mit auf die Studie einwirken), gibt es bisher noch keine Daten darüber, wie sich das Mittel auf die Umgebung der Frösche auswirkt. Wie es sich z.B. auch im Teichwasser, in der Nahrung der Frösche, den Algen, anreichert. Denn das Antipilzmittel wird mit dem Regenwasser von den Feldern in Teiche und Weiher geschwappt und beeinflusst den ganzen Lebensraum der Amphibien.

Deshalb soll als nächstes auch die Wirkung dieser Schadstoffe im ökologischen Zusammenhang untersucht werden, ob auch die Räuber, die Freßfeinde der Frösche, durch das Fungizid



Frösche müssen heute so manche Kröte schlucken: Forscher fanden heraus, daß Anti-Pilzmittel bei den Amphibien Wachstum und Metamorphose verzögern

ken und geringere Mengen das Wachstum der Kaulquappen und ihre Metamorphose verlangsamen. Das gefährliche daran: Die Mini-Frösche sind in diesem Entwicklungsstadium länger hilflos den Freßfeinden wie Vögeln, Libellenlarven und anderen Wassertieren ausgesetzt und werden schneller zur Beute.

Doch nicht nur dadurch überleben weniger Quäker: Sie gelangen auch langsamer zur Geschlechtsreife und produzieren weniger Eier. Die Wissenschaftler nehmen an, daß das Antipilzmittel auf das zentrale Nervensystem der Amphibien wirkt. Da sie ihr Experiment in Tanks

geschädigt werden, wie es sich in der gesamten Nahrungskette anreichert.

Der Umwelttoxikologe Professor Fent begegnete dem Amphibien-Killer bereits in einer früheren Studie, als herauskam, daß Triphenyltin in Bootsanstrichfarben (gegen Algenbewuchs) in Seewasser auftrat und massiv Elritzen und Fischbrut vergiftete. Augen, Organe wie Nieren und die Muskulatur der Fische wiesen Deformationen auf.

Bleibt zu hoffen, daß auch ein paar Entscheidungsträger Konsequenzen aus solchen Studien ziehen und den Einsatz ungiftiger Alternativen fördern. C.H.

DISCOVERIES

On call. A male waterfrog *Rana esculenta* is not every female's ideal partner.

MATING • How female waterfrogs save their eggs for Mr Right.

Fussy frogs

Frogs aren't the most romantic animals in the world. During the breeding season of waterfrogs, males fight for access to a female, the winner clamping himself to her back in an embrace called amplexus, where he stays until she releases her eggs. The female has no say in which male she gets stuck with, but new research shows that she has a trick up her sleeve should her suitor turn out to be not so much a frog prince, but more of an old toad.

A team from the University of Zurich led by **Heinz-Ulrich Reyher** studied two species of European waterfrogs, *Rana lessonae* and *R. esculenta*. While these species are capable of interbreeding, a strange genetic mechanism in *R. esculenta* means that the resulting offspring do not

pass the genetic information from the *R. lessonae* parent to the next generation. So, a *R. lessonae* female would be better off mating with a *R. lessonae* male:

Reyher's team discovered that a female *R. lessonae* in the clutches of a male *R. esculenta* releases fewer eggs than when amplexed by a male of her own species. Her unlaidd eggs can either be released in a second mating that season or reabsorbed. In the latter case, a female will be in better condition the next spring and able to lay more eggs (if amplexed by the right sort of male) than other females who spent their whole clutch the previous year (*Proceedings of the Royal Society of London B*, vol. 266, pp2101-7).

STUART BLACKMAN



Bird with a brain.
See it this spring in the new BBC series *Clever Dicks*.

Frog song

Are agricultural chemicals poisoning amphibians?

THE worldwide decline in amphibians has perplexed researchers for more than a decade. It has been blamed on many things, including synthetic chemicals, viral infections and the thinning of the ozone layer (This Week, 13 September 1997, p 18).

Now a Swiss study on the effect of fungicides on tadpoles suggests that agricultural chemicals may be a major culprit. A team led by Heinz-Ulrich Reyer of the Zoological Institute at the University of Zurich has found that triphenyltin, which is used as a fungicide, causes deformity and death in several species of frog even at concentrations below those found around farmland. The findings are published in *Environmental Toxicology and Chemistry* (vol 16, p 1940).

Triphenyltin is mainly used to control blight in sugar beet and potatoes, but is also used on celery, carrots, onions, rice, pecan nuts, peanuts, hops and coffee—and in antifouling paints for ships. It has contaminated many aquatic environments, either directly as in rice fields, or as runoff when it flows into ditches, lakes and temporary pools. Triphenyltin degrades slowly in water and has been shown to be highly toxic to a range of aquatic organisms, from dragonfly larvae and snails to fish.

Earlier research had found triphenyltin concentrations of up to 0.2 micrograms per litre in harbours and rivers, and up to 146 micrograms per litre in rice fields. The Swiss team subjected tadpoles of two species of water frogs (*Rana lessonae* and *R. ridibunda*) and various hybrids to



Jane Burton/Bruce Coleman

Sinking: frog numbers are dropping worldwide

concentrations ranging from 0.09 to 1.82 micrograms per litre. They found that not only did the tadpoles' life spans shorten, but they also grew more slowly and took longer to reach metamorphosis. Their swimming and feeding were severely affected. The researchers believe that the chemical disrupts tadpoles' central nervous systems.

The higher the concentration of fungicide, the worse the damage. For amphibians, any delay in development is especially hazardous since it makes them more vulnerable to predators. Reyer believes the damage could drive local frog populations to extinction.

Tim Halliday, international director of the World Conservation Union's working group on amphibians, says the Swiss study may provide an explanation for amphibian decline at a local level. "But it doesn't help to explain it on a bigger scale, or in pristine areas where chemicals are absent," he notes.

Oliver Klaffke, Basel

Frogs and Fungicides

Copyright 1998 Reuters
Reuters (February 11, 1998)

LONDON (Reuters) - Agricultural chemicals could poison frogs and could also be partly responsible for the worldwide decline in the amphibian population, New Scientist magazine said Wednesday.

A Swiss study showed that triphenyltin, a chemical present in fungicides, kills and deforms several species of tadpoles, even when found in very low concentrations, the magazine said.

"Researchers believe that the chemical disrupts tadpoles' central nervous systems," it said.

In an experiment, researchers at the Zoological Institute of the University of Zurich discovered that triphenyltin shortened the life spans of tadpoles and slowed their rate of maturity, the magazine said.

~~Heinz-Ulrich Rey~~, who led the experiment, exposed two species of water frogs and various hybrids to concentrations of the chemical ranging from 0.09 to 1.82 micrograms per liter.

He found that the damage worsened as the concentration of the chemical was increased, the New Scientist said.

"Reyer believes the damage could drive local frog populations to extinction," it said.

Triphenyltin, which is commonly used to control blight in crops including sugar beet and potatoes, has contaminated ponds, lakes and temporary pools, the magazine said.

Tim Halliday, the international director of the World Conservation Union, said the chemical could account for local declines but it did not explain why the frog population diminished in pristine areas.



Return to Genesis of Eden?

New Scientist 27 June 1998 4: An unnamed primitive fungus of the chytrid genus has struck down 10 Australian frog species and may be affecting the world amphibian populations. It could also be spread by frog ecologists seeking to protect species.



Frog song New Scientist 14 Feb 98

Are agricultural chemicals poisoning amphibians?

THE worldwide decline in amphibians has perplexed researchers for more than a decade. It has been blamed on many things, including synthetic chemicals, viral infections and the thinning of the ozone layer (This Week, 13 September 1997, p 18). Now a Swiss study on the effect of fungicides on tadpoles suggests that agricultural chemicals may be a major culprit. A team led by **Heinz-Ulrich Reyer** of the Zoological Institute at the University of Zurich has found that triphenyltin, which is used as a fungicide, causes deformity and death in several species of frog even at concentrations below those found around farmland. The findings are published in *Environmental Toxicology and Chemistry* (vol 16, p 1940). Triphenyltin is mainly used to control blight in sugar beet and potatoes, but is also used on celery, carrots, onions, rice, pecan nuts, peanuts, hops and coffee and in antifouling paints for ships. It has contaminated many aquatic environments, either directly as in rice fields, or as runoff when it flows into ditches, lakes and temporary pools. Triphenyltin degrades slowly in water and has been shown to be highly toxic to a range of aquatic organisms, from dragonfly larvae and snails to fish. Earlier research had found triphenyltin concentrations of up to 0.2 micrograms per litre in harbours and rivers, and up to 146 micrograms per litre in rice fields. The Swiss team subjected tadpoles of two species of water frogs (*Rana lessonae* and *R. ridibunda*) and various hybrids to concentrations ranging from 0.09 to 1.82 micrograms per litre. They found that not only did the tadpoles' life spans shorten, but they also grew more slowly and took longer to reach metamorphosis. Their swimming and feeding were severely affected. The researchers believe that the chemical disrupts tadpoles' central nervous systems. The higher the concentration of fungicide, the worse the damage. For amphibians, any delay in development is especially hazardous since it makes them more vulnerable to predators. Reyer believes the damage could drive local frog populations to extinction. Tim Halliday, international director of the World Conservation Union's working group on amphibians, says the Swiss study may provide an explanation for amphibian decline at a local level. 'But it doesn't help to explain it on a bigger scale, or in pristine areas where chemicals are absent,' he notes. Oliver Klaffke, Basel

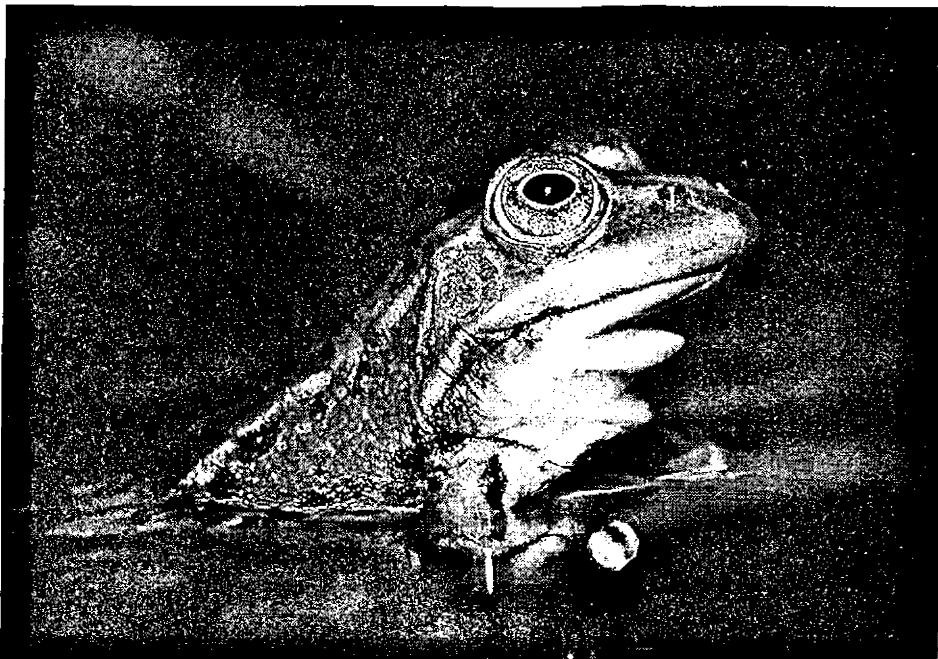
Quand le têtard peine à devenir grenouille

Depuis plusieurs années, les populations de batraciens s'amenuisent. Certains chercheurs expliquent ce phénomène par l'aminçissement de la couche d'ozone: les rayons ultraviolets, devenus trop denses, détruiraient les œufs dépourvus de protection efficace. D'autres soupçonnent de mystérieuses attaques virales ou évoquent les polluants chimiques.

Pour explorer cette dernière voie, l'équipe de **Heinz-Ulrich Reyer**, professeur à l'Institut de zoologie de l'Université de Zurich, a exposé des têtards de grenouilles à un fongicide, le triphénylétain. Ce pesticide est utilisé en agriculture, notamment dans les champs de pommes de terre, de céleri, de riz ou de canne à sucre, pour empêcher l'apparition de maladies fongiques. Le triphénylétain est également le principe actif de certaines peintures «antifouling» qui visent à empêcher l'apparition d'algues sur la coque des bateaux. En Suisse, de telles peintures sont toutefois interdites depuis juillet 1990.

Les effets néfastes des organoétains, déjà bien connus chez les poissons et les mollusques – certaines moules femelles développent un pénis lorsqu'elles sont en contact avec ce type de produits – n'avaient à ce jour guère été testés chez les amphibiens. Or, selon les résultats de l'équipe zurichoise publiés dans la revue *Environmental Toxicology and Chemistry* (Vol. 16, 1997), ces derniers ne sont pas épargnés par le pesticide, même à des doses a priori très faibles.

Les têtards de deux espèces de grenouilles (*Rana lessonae* et *R. esculenta*, deux espèces très répandues en Europe) ont ainsi été plongés dans des récipients dont le milieu de culture a été contaminé à des concentrations allant de 0,09 à 1,82 micro-



Les grenouilles, ici *Rana lessonae*, sont sensibles aux organoétains même à très faible dose.

ARCHIV

grammes de triphénylétain par litre. Des quantités parfois largement dépassées dans la nature, puisque des mesures effectuées dans des champs de riz traités à l'aide de ce fongicide ont montré des concentrations 100 fois supérieures.

Si les têtards n'ont pas subi de malformations morphologiques, ils n'ont guère apprécié le traitement. Le taux de survie a chuté: moins de 40% des têtards exposés à la plus forte concentration parvenaient à l'âge de la métamorphose. Moins mobiles, ils s'alimentaient lentement et mettaient jusqu'à dix jours supplémentaires pour par-

venir à effectuer le passage vers l'état adulte de grenouille. Une lenteur qui, dans la nature, peut s'avérer mortelle.

Les têtards mauvais nageurs seront donc des proies faciles pour les carnivores qui rôdent dans les mares, qui peuvent se servir d'autant plus longtemps que les têtards peinent à se muer en grenouilles agiles. L'apparition tardive de la métamorphose est encore plus grave dans les mares temporaires qui risquent de s'assécher avant que l'animal n'ait quitté sa peau de têtard entièrement dépendant de l'eau.

Anne Crisín

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.



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

Bild Frank Bruderi