

WALTER HÖDL

„Roborana“ – Bioakustische Freilandforschung an Fröschen in Amazonien

PROLOG

Es begann im Herbst 1973. Mein Doktorvater am Institut für Zoologie der Universität Wien, Friedrich Schaller, suchte für ein beim Österreichischen Fonds zur Förderung der Wissenschaftlichen Forschung (FWF) einzureichendes Amazonasprojekt geeignete Interessenten. Da die Amazonasregion erst Mitte der 1980-er Jahre in der (ver)öffentlich(t)en Meinung von der „Grünen Hölle“ zum faszinierenden und studierenswerten „Hort der Biodiversität“ mutierte, war damals – im Gegensatz zu heute – kaum jemand bereit mitzumachen. Schließlich sagte ich zu und konnte natürlich nicht ahnen, welche Folgen diese Entscheidung haben würde. Sie hat mein damaliges Leben total verändert. Der ursprüngliche Plan, Biologielehrer an einer österreichischen Mittelschule zu werden, wurde trotz abgelegter Lehramtsprüfung und drei Jahren schulischer Tätigkeit ebenso aufgegeben wie die Idee, meine im Rahmen der Dissertation erworbenen methodischen Kenntnisse (Erstellung von Elektoretinogrammen bei Fröschen) über den Doktorabschluss hinaus zu erweitern. Schlussendlich wurde ich zu einem an der Universität Wien tätigen Frosch-Bioakustiker und Tropenforscher (Hödl 1997). Zwischen November 1974 und jetzt (Jänner 2007) habe ich mich in über 40 Forschungsaufenthalten insgesamt mehr als sieben Jahre in Südamerika, vorwiegend in Amazonien aufgehalten und beabsichtige auch weiterhin, in internationaler Kooperation mit Fachkollegen und Studierenden die begonnenen Arbeiten in der Neotropis fortzuführen.

1. DER EINSTIEG

Da Frösche mir als Untersuchungsobjekte vertraut waren, entschloss ich mich auf Anraten von F. Schaller spontan, ein bioakustisches Thema über Amazonasfrösche zu bearbeiten. Die Idee war zunächst, eine Bestandsaufnahme der bisher nicht erfassten Lautgebung zentralamazonischer Frösche zu erstellen. Nach An-

kunft in Manaus im November 1974 waren die ersten Erfahrungen sehr unangenehm: An meiner Kontaktadresse, dem Forschungsinstitut Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), ja im ganzen brasilianischen Amazonasgebiet beschäftigte sich niemand mit der Biologie von Fröschen und es war auch keiner der dort tätigen Wissenschaftler an Bioakustik und/oder Froschforschung interessiert. Aufgrund meiner damals äußerst geringen Portugiesischkenntnisse und begrenzten finanziellen Mittel war ich für meine brasilianische Kontaktperson bald uninteressant. So war ich völlig auf mich alleingestellt und suchte verzweifelt nach geeigneten Untersuchungstieren und Standorten. Zunächst begab ich mich in die Reserva Ducke, ein 100 km² großes INPA Waldreservat, nördlich von Manaus (– heute ist die Stadt, die innerhalb von 30 Jahren von 400.000 auf über 1.5 Mio. Einwohner angewachsen ist, schon an den Grenzen der Reserva Ducke angelangt und beginnt sie mit Siedlungen zu umschließen). Tagsüber waren kaum Tiere, geschweige denn Frösche – es war ja gerade Trockenzeit – zu hören. Und nachts drangen ihre Stimmen, wenn überhaupt, von hoch oben aus den Bäumen. Zusätzlich hatte ich bei meinen ersten Ausflügen in den Wald die für einen Anfänger üblichen Ängste vor Giftschlangen und sonstigen vermeintlichen Gefahren.

2. DIE FRÖSCHE DER „SCHWIMMENDEN WIESEN“ ZENTRALAMAZONIENS

Eines Tages beschloss ich nach einer Tagesfahrt mit am INPA tätigen deutschen Limnologen die Überschwemmungswiesen der Várzea, diesen für Frösche mir sehr geeignet erscheinenden Lebensraum der Überschwemmungszone des Amazonasflusses, einmal nachts aufzusuchen. Kurz vor Einbruch der Dämmerung eines regenreichen Tages überquerte ich in Begleitung eines brasilianischen Kollegen in einem kleinen Ruderboot mit Außenbordmotor den bei Manaus mehrere Kilometer breiten Rio Negro. Aufgrund der kurzen tropischen Dämmerungsperiode war es bereits völlig dunkel, als wir das der Stadt Manaus nächstgelegene Várzea-Gebiet erreichten. Ich hatte aus heutiger Sicht unwahrscheinliches Glück: Es war gerade Beginn der Regenzeit und im ohrenbetäubenden Lärm tausender Frösche und beim Anblick zahlreicher rufender Individuen im Leuchtkegel meiner Taschenlampe war in wenigen Sekunden meine Fragestellung geboren: Welche Frösche des Habitats „Schwimmende Wiesen“ rufen wo, wie, wann und weshalb? Zur Beantwortung dieser scheinbar sehr einfachen Frage benötigte ich neun Monate mit unzähligen nächtlichen Ausfahrten. Die Rufe der 15 in den „Schwimmenden Wiesen“ (Abb. 1) lebenden Froscharten waren mir alsbald genauso vertraut wie das kontinuierliche Gesurre der stets präsenten Stechmückenschwärme. Meine Ausrüstung zur Aufnahme der Rufe bestand aus einem UHER 4000 Report L Tonbandgerät und einem einfachen dynamischen UHER Mikrofon. Die Tonbänder

und bei Nichtgebrauch die gesamte Tonausrüstung wurden in mit Silikagel versehenen Plastikdosen gelagert, um Verpilzungen zu vermeiden. Die ersten Wochen führte ich die nächtlichen Tonaufnahmen alleine durch. Schließlich aber brachten zwei Zufälle eine deutliche Verbesserung meiner Arbeitssituation. Zunächst bat mich eine kanadische Biologiestudentin, die wochenlang mit Reinigungsarbeiten an den institutseigenen Seekuhtanks beschäftigt war, mich bei meinen nächtlichen Arbeiten begleiten zu dürfen. Sie wurde aufgrund ihrer Arbeitsdisziplin und Unerschrockenheit nach einiger Zeit meine bewährte Feldassistentin und interessierte sich im Zuge unserer Zusammenarbeit zunehmend für „meine“ Frösche und nicht mehr für „ihre“ Seekühe. Jahre später publizierte sie sogar entgegen ihrer ursprünglichen Intention unter J. Bogart's und meiner Betreuung eine bioakustische Diplomarbeit über Amazonasfrösche an der Universität Guelph, Canada (Zimmerman 1983). Mit der Bestellung des südbrasilianischen Genetikprofessors W. E. Kerr zum neuen Direktor des INPA änderten sich im März 1975 meine Arbeitsbedingungen schlagartig zum Positiven. Während ich vorher aus meinen äußerst bescheidenen Mitteln alle Ausfahrten selbst bezahlen musste und mich mit einem halben, von Termiten zerfressenen Schreibtisch in der Tierhaltung des INPA begnügen musste, bekam ich plötzlich ein eigenes Labor und Wohnhaus (!), finanzielle und personelle Unterstützung und aufmunternden Zuspruch der brasilianischen Institutsleitung. Der Leitungsstil des von den meisten INPA Mitarbeitern hoch verehrten neuen Direktors war fördernd aber gleichzeitig sehr fordernd. Nur engagierte Mitarbeiter des Instituts konnten mit seiner, dann aber durchaus großzügigen Hilfe rechnen. Nachdem er vom Personal des Instituts gehört hatte, dass da ein „verrückter“ Österreicher am Wochenende in der Tierhaltung arbeitet und nachts allein oder mit einer ebenso „sonderbaren“ Kanadierin zu den „Schwimmenden Wiesen“ aufbricht, um Frösche zu beobachten, war er sehr an unseren Aktivitäten interessiert. Seit der ersten Präsentation unserer Forschung in seinem Direktionszimmer am INPA hat W. E. Kerr bis zu seiner Pensionierung meine als auch B. Zimmerman's Arbeit stets wohlwollend betrachtet und finanziell so gut es ging unterstützt.

Die Auswertung der Rufe der Frösche der „Schwimmenden Wiesen“ Zentralamazoniens erfolgte 1976 dankenswerterweise an der Kommission für Schallforschung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (ÖAW), und die Archivierung der Tonaufzeichnungen am Phonogrammarchiv der ÖAW. Damals war nicht vorstellbar, dass die Schallanalyse-Leistungen des voluminösen Key 7030A Spectrum-Analysators und der gewichtigen Oszillographen dieser Zeit heute von jedem Laptop mit einer guten Akustik-Software (z.B. Canary, Raven, Avisoft) übernommen und sogar übertroffen werden. An eine Schallanalyse, geschweige denn an eine Synthetisierung von Schallsignalen im Freiland mittels des Softwareprogramms

SoundEdit, wie ich sie in meiner Arbeitsgruppe seit mehreren Jahren routinemäßig anwende, war im Jahr 1976 (noch) nicht zu denken.

Eine der für mich interessantesten Beobachtungen im akustischen Verhalten der Frösche der „Schwimmenden Wiesen“ war der Umstand, dass die (stummen) laichbereiten Froschweibchen, in einem Stimmenwirrwarr von 15 verschiedenen Arten bei einer Froschdichte von bis zu einem Individuum pro Quadratmeter, ihre lautbegabten männlichen Partner finden ohne je eine Fehlentscheidung zu treffen. Nie konnte ich im Schein der mit roter Folie abgedunkelten Taschenlampe bei den durchwegs nachtaktiven Fröschen der „Schwimmenden Wiesen“ beobachten, dass ein Froschweibchen auf die Rufe artfremder Männchen reagierte. Arteigene rufende Männchen wurden von den ovulierten und somit fortpflanzungsbereiten Weibchen jedoch rasch und gezielt aufgefunden. Meine in englischer Sprache abgefasste Arbeit über die akustische und räumliche Einnischung der Frösche zentralamazonischer Schwimmasenvegetationen erschien 1977 in der angesehenen Zeitschrift *Oecologia* (Hödl 1977). Dennoch blieb die Arbeit, die heute zu meinen meistzitierten Publikationen gehört, zunächst ein Jahrzehnt lang unbeachtet. Erst nachdem man sich in Brasilien und anderswo in der Welt intensiver mit der (akustischen) Lebensweise von Fröschen im Freiland wissenschaftlich auseinandergesetzt hat, waren Kolleginnen und Kollegen an meiner ersten Amazonasveröffentlichung interessiert.

3. AKUSTISCH ORIENTIERTE ANWANDERUNG (PHONOTAXIS)

Die gezielte Annäherung von (weiblichen) Fröschen an eine akustische Schallquelle (unter natürlichen Bedingungen ist dies ein rufendes artgleiches Männchen) hat mich seit der ersten Beobachtung in den „Schwimmenden Wiesen“ fasziniert. Seit damals war ich auf der Suche nach einer geeigneten Froschart, anhand der man Fragestellungen zur Evolution des (angeborenen) Rufmusters und der Reaktionen auf Schall austesten kann. Und wiederum kam mir ein glücklicher Zufall zu Hilfe. Nach einem Vortrag in Kansas (USA) wurde ich von einem anwesenden französischen Kollegen eingeladen, in einem pluridisziplinären Projekt zur Lebensweise der Secoya-Indianer in NW Amazonien (Hödl & Gasche 1982) mitzuarbeiten. Meine ethnozoologische Aufgabe war es herauszufinden, welchen Stellenwert Amphibien im Leben dieser indianischen Ethnie haben. Eines Tags ist mir, auf einem umgestürzten Baumstamm sitzend, beim Abhören einer tags zuvor erstellten Aufnahme des Anzeigerufs der Pfeilgiftfroschart *Allobates* (= *Epipedobates*) *femoralis* ein Männchen dieser Art aus ca. 10 Metern Entfernung entgegen gesprungen (vgl. Abb. 2). Dabei hat es wiederholt versucht, in die den Schall abstrahlende Laut-

sprechermembran des auf meinem Schoß deponierten UHER-Tonbandgeräts einzudringen. Da das angelockte Tier in den vorgespielten Rufpausen selbst zu rufen begann, war mir klar, dass es sich bei diesem aggressiven Tier um ein Männchen handeln musste, das – von den arteigenen Rufen angelockt – einen vermeintlichen Reviereindringling zu vertreiben suchte. In den nachfolgenden Rückspielexperimenten zeigte sich, dass die akustisch orientierte Anwanderung, die unter Fachkollegen allgemein als Phonotaxis bezeichnet wird, bei nahezu allen rufenden Männchen dieser amazonischen Froschart künstlich ausgelöst werden kann. Selbst mehrmals hintereinander getäuschte – weil von einem scheinbaren Eindringling angelockte – Männchen beantworten die in Rückspielversuchen angebotenen arteigenen Rufe immer wieder mit positiv phonotaktischer Reaktion. Was lag also näher, als die akustisch so verlässlich reagierenden Frösche sich als Untersuchungsobjekt vorzunehmen?

4. ALLOBATES FEMORALIS, A HANDY FELLOW!

In einem herpetologischen Symposion habe ich unter dem Titel „*Dendrobates femoralis* (Dendrobatidae): a handy fellow for frog bioacoustics“ erstmals diese für die Freilandakustik so hervorragend geeignete Froschart einem breiten Publikum bekannt gemacht und beworben (Hödl 1987): Sie ist eine tagaktive, häufige Art mit einem großen Verbreitungsareal und durch die auffälligen und redundanten Anzeigerufe akustisch leicht zu orten. Ihr Lebensraum (*Terra firme*-Waldboden mit geringem Unterwuchs) ist gut begehbar und die rufenden Tiere zeigen kaum Beeinflussungen durch den vorsichtigen Beobachter. Die Männchen sind ortstreu und zeigen ihre – wenige bis über 100 m² umfassende – Territorien über einen Zeitraum von bis zu 108 Tagen akustisch an (Roithmair 1992, M. Ringler, persönliche Mitteilung). Ihr phonotaktisches Verhalten kann sowohl durch natürliche als auch künstlich erstellte und sowohl spektral wie temporal modifizierte Signale ausgelöst werden (Hödl et al. 2004). Zusätzlich lassen sich die Frösche, die bereits in einem Jahr geschlechtsreif sind, relativ leicht im Labor züchten, was die Untersuchung der Vererbbarkeit der unterschiedlichen Rufmuster von Populationen ermöglicht.

Zunächst wurde das phonotaktische Verhalten in einem wissenschaftlichen Film (vgl. Abb. 3) festgehalten und gezeigt, dass zwei schallintensitätsabhängige Verhaltensweisen bei Reviere anzeigenden (=rufenden) Männchen ausgelöst werden können. Erreicht der arteigene Anzeigeruf einen Revierinhaber mit einer am Empfänger gemessenen Schallintensität von 56 bis 68 Dezibel so kommt es zu einer Hinwendung zur Schallquelle und Wechselrufen. Übersteigt der Schalldruckpegel den Wert von 68 Dezibel so erfolgt eine rasche Annäherung an die Schallquelle (Hödl 1982, 1983).

Seit den 1980-er Jahren explodierte förmlich das Wissen über die Bioakustik. Neben der Erforschung der Lautäußerungen von Vögeln, Säugetieren und Insekten und den damit verbundenen Verhaltensweisen wurden vor allem Frösche Gegenstand von bioakustischen Untersuchungen (s. Hödl 1996, Gerhardt & Huber 2002). Dies hängt im Wesentlichen von zwei Faktoren ab. Zunächst hat sich die Technik der Tonaufzeichnung und -analyse sowie Erzeugung und Wiedergabe von künstlichen Schallsignalen drastisch verbessert. Zusätzlich sind mit den Professoren H. Schneider (Deutschland, s. u.a. Schneider 2005) und vor allem in den USA mit C. Gerhardt (Gerhardt & Huber 2002), M. Ryan (1985) und P. Narins (Narins et al. 2003, 2005) hochkarätige und publikationsfreudige (Frosch-)Bioakustiker herangewachsen. Diese Professoren begründeten sehr erfolgreiche „Schulen“, aus denen wiederum eine neue Generation von jungen Bioakustikern hervorgegangen ist, die sich weiterhin vorwiegend der Lautgebung und dem Hörvermögen bei Fröschen widmen. Die meisten dieser Schulen beschäftigen sich entweder mit neurophysiologischen Themen oder mit der akustisch orientierten Anwendung laichbereiter Weibchen unter Laborbedingungen.

5. MULTILATERALE UND INTERDISZIPLINÄRE PROJEKTARBEIT

Die bisherigen Forschungsergebnisse und das allgemein gestiegene Interesse an bioakustischen Fragen und insbesondere an wissenschaftlichen Freilanduntersuchungen veranlasste mich im Jahre 2002 beim FWF einen Antrag für die Untersuchung des Einflusses der akustischen Umwelt auf die Evolution geographischer Unterschiede im Rufmuster und phonotaktischen Verhalten „meiner“ pan-amazonischen Pfeilgiftfroschart *Allobates femoralis* zu stellen. Die Genehmigung des Projektantrages (FWF P15345) führte zu einer äußerst erfolgreichen, multilateralen und interdisziplinären Projektarbeit. Am Beispiel des im Februar 2006 abgeschlossenen und der Erforschung akustischer Einnischungsprozesse in Amazonien dienenden Projekts sei kurz dokumentiert, wie sehr biologische Wissenschaftsprojekte heute in der Regel auf internationaler Kooperation basieren. Mittels verhaltensökologischer und molekulargenetischer Methoden wurden die geographisch unterschiedlichen Rufmuster, der Verwandtschaftsgrad und die Reaktionsbereitschaft der Frösche auf unterschiedliche Lautäußerungen in Abhängigkeit akustisch konkurrenzierender Arten untersucht und in durchwegs wissenschaftlichen, sogenannten „Topjournalen“ mit hohen Impaktfaktoren publiziert (Narins et al. 2003, Hödl et al. 2004, Amézquita et al. 2005, 2006, Göd et al. 2007). An dem Projekt waren neben DiplomandInnen aus Österreich kolumbianische (A. Amézquita, L. Castellanos; Universidad de los Andes, Bogotá), brasilianische (A. Lima, C. Keller, L. Kreutz-Erdtmann, P. I. Simoes; INPA, Manaus) und peruanische ZoologInnen (K.

Tiu Sing; Museu Javier Prado, Lima) beteiligt. Darüber hinaus waren ein US-amerikanischer Physiologe (P. Narins; UCLA, Los Angeles) und Zoologen aus Französisch Guyana (P. Gaucher; CNRS Cayenne) und Deutschland (K.-H. Jungfer, S. Lötters; Zoologisches Institut der Universität Mainz) sowie ein ursprünglich in England tätiger Populationsbiologe (R. Jehle; University of Sheffield), der vor kurzem eine Assistentenstelle an der Universität Bielefeld (Deutschland) angenommen hat, in das evolutionsbiologische Projekt eingebunden. Während die Freilandarbeiten in Brasilien, Peru, Kolumbien und Französisch Guyana erfolgten, wurden die Daten vorwiegend in Bogotá und Wien (Bioakustik) sowie in Sheffield (Molekulargenetik) ausgewertet. Allein die Aufzählung der Personen, Methoden und Standorte zeigt, welche organisatorischen Anforderungen heute vielfach an eine wissenschaftliche Projektleitung gestellt werden. Ohne die gewissenhafte Arbeit meines in Österreich tätigen „Projektmanagers“ H. Gasser, der nun selbst als Doktorand in ein im Juni 2006 begonnenes Nachfolgeprojekt (FWF P18811) eingebunden ist, wäre das Projekt wohl nie so harmonisch und effizient abgelaufen. Insgesamt wurden während des Projekts 8 Populationen in 10 Forschungsreisen bearbeitet. Die schwierigen Bedingungen während der umfangreichen Freilandarbeiten in z.T. sehr abgelegenen Gebieten des amazonischen Regenwaldes und die Erledigung der bürokratischen Formalitäten wie Ansuchen um Aufenthalts-, Forschungs- und Exportgenehmigungen sind Dank der hervorragenden Unterstützung der langjährigen lokalen Projektpartner gemeistert worden.

6. ROBORANA

Von der (populär-)wissenschaftlichen Öffentlichkeit am meisten beachtet wurden bisher jene unserer Ergebnisse, die mit Hilfe des Einsatzes eines elektromechanischen Froschmodells erzielt wurden (Narins et al. 2003, 2005). Die in dankenswerter Weise von R. Rupp und S. Weigl (Biologiezentrum, Oberösterreichisches Landesmuseum, Linz) unter Mithilfe von F. Lechleitner (Phonogrammarchiv der ÖAW) nach Plänen von P. Narins und W. Hödl gebaute Froschattrappe besteht im Wesentlichen aus einem 1:1 Modell eines *A. femoralis* Männchens mit manipulierbarer Schallblase. Das naturgetreu nachgebildete Modell, das wir in salopper Weise „Roborana“ getauft haben, sitzt auf einem steuerbaren Drehteller in einem künstlichen Aststück, das mit integriertem Lautsprecher zum Vorspielen von Playback-Signalen ausgestattet ist (Abb. 4). Da die territorialen Frösche meist leicht erhöht auf herabgefallenen Aststücken oder umgestürzten Baumstämmen am Waldboden rufen, konnten alle elektromechanischen Details für Roborana in der als Aststück getarnten Kunstharzkammer unterhalb der Attrappe leicht untergebracht werden. Über eine mehrere Meter lange Kabelverbindung zu einer Schalterbox konnten Drehteller, Schallblase und Lautsprecher unabhängig von einander bedient werden.



Abb. 1: Schwimmende Wiese bei Lago Janauari (Zentralamazonien): Schwimmrassen, Wasserhyazinthen, Wasserfarne zwischen aus dem Wasser herausragenden Baumkronen der Überschwemmungslandschaft des Amazonasflusses charakterisieren den Lebensraum „Schwimmende Wiesen“. Foto: W. Hödl



Abb. 2: Rufendes Männchen der amazonischen Pfeilgiftfroschart *Allobates femoralis*. (Insert: Männchen von *A. femoralis* nach phonotaktischer Anwanderung vor einem synthetische Rufe abstrahlenden Lautsprecher) Fotos: W. Hödl (aus W. Hödl et al. 2004)

Durch diese Versuchsanordnung war es erstmals möglich, das visuelle (bewegte) Signal der Schallblase vom akustischen Signal (Anzeigeruf) zu entkoppeln, die beim natürlichen Rufvorgang untrennbar miteinander verbunden sind. Anhand der phonotaktischen Reaktion und der Kampfbereitschaft der durch die Attrappe angelockten Revierinhaber konnte gezeigt werden, dass lediglich die visuelle Komponente der Schallblase (i.e. die vibrierende Schallblase) Aggression auslöst. Attrappen, bei denen während der akustischen Signale keine Bewegung der Schallblase wahrnehmbar war, blieben vom angelockten Männchen unbehelligt. War jedoch die aufgeblähte Schallblase von *Roborana* während gleichzeitiger Schallabstrahlung in Bewegung wurde das Modell heftig angesprungen (vgl. Abb. 5). Dieses Ergebnis wird durch die Beobachtung an stummen Männchen unterstützt, die in den Territorien rufender Männchen sich völlig frei bewegen, unbehelligt Nahrung aufnehmen und nicht vertrieben werden.

Abb. 3: W. Hödl während der Aufnahmen zum wissenschaftlichen Film „*Phylllobates femoralis* (Dendrobatidae): Rufverhalten und akustische Orientierung der Männchen“. Zwischen zwei Lautsprechern wurde auf einer markierten Holzplatte ein territoriales Männchen durch Vorspielen art eigener Anzeigerufe hin- und herglockt und von einer 16 mm ARRIFLEX SR Kamera, die über der Versuchsanordnung angebracht war, gefilmt. Reserva Ducke, 1982. Foto: E. Pavloušek

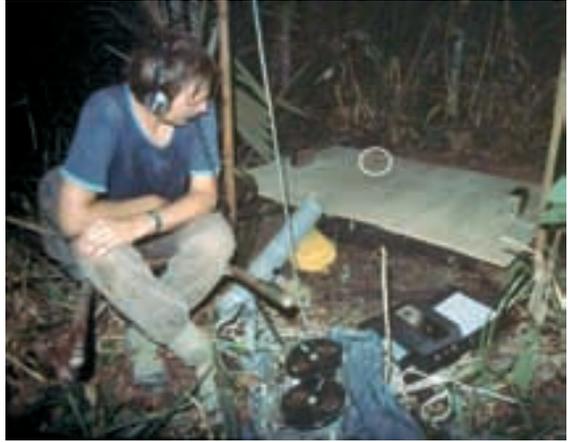


Abb. 4: „Roborana“. Naturgetreu nachgebildetes, auf einem steuerbaren Drehteller sitzendes Modell von *A. femoralis* mit manipulierbarer Schallblase (Pfeil). Territoriale Männchen (Kreis) werden akustisch angelockt und deren Aggressionsbereitschaft anhand unterschiedlicher Signale von „Roborana“ getestet. Foto: W. Hödl



Abb. 5: Bei ausgestülpter und vibrierender Schallblase löst die Froschattrappe (links) Aggressionsverhalten bei dem akustisch angelockten Revierinhaber (rechts) aus. Die Lautsprechermembran befindet sich links hinter der Attrappe (nach einem Videoausschnitt, aus Narins et al. 2003).



7. DER FORTSCHRITT

Ebenso wie das Wissen über die Bioakustik der Frösche hat der Informationsstand über die Amphibienfauna Zentralamazoniens in den letzten 30 Jahren drastisch zugenommen (vgl. Hödl 1993). Von den meisten Arten wissen wir heute zumindest annähernd wo und wie sie leben. Dies ist ein Verdienst der zahlreichen Herpetologen, die heutzutage in Amazonien arbeiten. Es sind nicht mehr wie früher vorwiegend interessierte Ausländer, sondern durchwegs gut ausgebildete Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen der Amazonasstaaten. Eine Vorreiterrolle in der Erforschung der Frösche Zentralamazoniens spielen das INPA in Manaus und das Museu Paraense Emilio Goeldi (MPEG) in Belém (Brasilien). So gibt es zur Zeit an beiden Institutionen mehrere brasilianische Herpetologen, die sich mit der Erforschung der Biologie von Amazonasfröschen beschäftigen. Einen Feldführer, wie er kürzlich über die Frösche der Reserva Ducke unter meiner Mithilfe (und Finanzierung durch den Österreichischen Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung) am INPA verfasst wurde (Lima et al. 2006), hätte ich mir in meinen Anfängen sehnlich gewünscht. Leider ist die Taxonomie der Frösche Amazoniens noch sehr unsicher und die Zugehörigkeit der einzelnen Arten zu bestimmten Gattungen wird häufig – insbesondere durch neue Erkenntnisse auf dem Gebiet der Molekularbiologie – geändert. So hat „meine“ Pfeilgiftfroschart ihren generischen Status in den letzten 30 Jahren bereits mehrmals geändert. Zunächst wurde sie wissenschaftlich als *Phyllobates femoralis* – also zur Gattung *Phyllobates* gehörend – bezeichnet, dann stellten sie die Wissenschaftler in die Gattung *Dendrobates*, später in *Epipedobates*, weitere vor allem fortpflanzungsbiologische Erkenntnisse führten zur Überstellung in eine eigene monotypische Gattung (*Allobates*), die nun zunehmend von den Systematikern anerkannt wird. Ich selbst als „nur“ Verhaltensökologe war von Anfang an der Meinung, dass die Art eigentlich in der sicherlich nicht monophyletischen Gattung *Colostethus* zunächst am besten aufgehoben gewesen wäre. (Weiter möchte ich den Leser nun aber nicht mit wissenschaftlicher Namensgebung und Gattungszuweisung quälen).

Die Infrastruktur in den Forschungsinstitutionen hat sich in allen Teilen Amazoniens stark verbessert. Fast überall gibt es Internetanschlüsse, selbst kleine amazonische Siedlungen besitzen oft schon gut funktionierende Internetverbindungen. Der Ausbildungsstand der heute in Amazonien tätigen Wissenschaftler ist durchaus mit jenem der Abgänger altherwürdiger Universitäten in den gemäßigten Zonen zu vergleichen. Die meisten jungen Wissenschaftler sprechen Englisch, die sich unweigerlich durchsetzende und von den meisten Forschern akzeptierte Wissenschaftssprache. Kaum jemand muss bei Freilandarbeiten noch mit Hängematte im Wald unter Palmendächern übernachten. Vielfach gibt es den Komfort guter bis ausgezeichnete Feldstationen mit Transportmöglichkeiten, Wegenetzen und

Stromanschluss. So kann die technische Ausrüstung täglich gut gewartet werden, der Laptop ist ständiger Begleiter bei der Datenerhebung und -verarbeitung im Gelände. Künstliche Schallsignale können selbst im Freiland generiert werden. Es gibt also den Fortschritt, von dem ich bei meinen Untersuchungen in Arataï¹, im Herzen Französisch Guyanas, der romantischen Feldstation Panguana in Peru oder am Oberen Rio Madeira in den letzten Jahren profitierte. Der Fortschritt macht sich gelegentlich auch akustisch bemerkbar: Viele meiner jüngeren Aufnahmen von tagaktiven Fröschen werden im Hintergrund vom monotonen Geräusch der Motorsägen begleitet!

¹ Leider stand die relativ komfortable Ausrüstung in dem sehr entlegenen Waldlager Arataï in engem Zusammenhang mit den dort äußerst tragischen Ereignissen im Jahre 2006. Im Mai 2006 wurden bei einem Raubüberfall die beiden anwesenden und äußerst verdienstvollen und jahrelangen Mitarbeiter der Association Arataï, Andoe Saaki („Capi“) und Domingo Ribamar da Silva, von illegalen Goldschürfern erschossen (s. „Murders halt rainforest research“. *Nature* 441: 555). Im Dezember 2006 erfolgte ein weiterer Überfall auf das Camp, wobei sämtliche noch vorhandenen transportablen Gerätschaften (Photovoltaikanlage, Kühlschränke, Boote, Batterien etc.) gestohlen wurden. Bereits im Jahr 2004 wurde die von Arataï wenige Kilometer flussaufwärts liegende Feldstation Saut Pararé des Französischen Nationalen Zentrums für Wissenschaftliche Forschung (CNRS) von illegalen Goldgräbern geplündert (s. „Treetop ecologists brought down by miners“. *Nature* 430: 127). Aufgrund der verbesserten Kommunikationsmöglichkeiten (Satellentelefonverbindung!) sowie Zugänglichkeiten (Arataï sowie Saut Pararé besitzen Hubschrauberlandeplätze!), der medizinischen Versorgung auch in Tropenländern und nationalen wie internationalen Verkehrsverbindungen stellt die Forschung selbst in entlegenen Gebieten heute kaum noch ein großes Gesundheitsrisiko dar. Mit der zunehmenden Erschließung der Regenwälder Amazoniens durch legale und illegale Einwanderer steigt jedoch das Sicherheitsrisiko dramatisch an.

LITERATUR

- Amézquita, Adolfo, Lina Castellanos & Walter Hödl. 2005. „Auditory tuning of male *Epiplatys femoralis* (Anura: Dendrobatidae) under field conditions: the role of spectral and temporal call features“. *Animal Behaviour* 70: 1377-1386.
- Amézquita, Adolfo, Walter Hödl, Lina Castellanos, Albertina P. Lima, Luciana K. Erdtmann & Maria C. de Araújo. 2006. „Masking interference and the evolution of the acoustic communication system of the Amazonian poison frog *Allobates femoralis*“. *Evolution* 60: 1874-1887.
- Gerhardt, H. Carl & Franz Huber. 2002. *Acoustic communication in insects and anurans*. University of Chicago Press: Chicago.
- Göd, Mario, Alexander Franz & Walter Hödl. 2007. „The influence of internote-interval variation of the advertisement call on the phonotactic behaviour in male *Allobates femoralis* (Dendrobatidae)“. *Amphibia – Reptilia* 28: 227-234.
- Hödl, Walter. 1977. „Call differences and calling site segregation in Anuran species from Central Amazonian floating meadows“. *Oecologia (Berl.)* 28: 351-363.

- , 1982. *Phyllobates femoralis* (Dendrobatidae): Rufverhalten und akustische Orientierung der Männchen (Freilandaufnahmen). Wissenschaftlicher Film Ctf 1788 BHWK Wien (= Encyclopaedia Cinematographica, E2822).
- , 1983. „*Phyllobates femoralis* (Dendrobatidae): Rufverhalten und akustische Orientierung der Männchen“. *Wissenschaftlicher Film* 30: 12-19.
- , 1987. „*Dendrobates femoralis* (Dendrobatidae): a handy fellow for frog bioacoustics“. In: Gelder, Jan J. van (ed.). *Proceedings of the Fourth Ordinary General Meeting of the Societas Europaea Herpetologica*. Nijmegen: Faculty of Sciences Nijmegen, 201-204.
- , 1993. „Amazonien aus der Froschperspektive – Zur Biologie der Frösche und Kröten des Amazonastieflandes“. In: Aubrecht, Gerhard (Red.). *Amerika – Zur Entdeckung, Kulturpflanzen, Lebensraum Regenwald*. (Kataloge des OÖ. Landesmuseums N. F. 61). Linz: OÖ. Landesmuseum, 499-545.
- , 1996. „Wie verständigen sich Frösche?“. In: Hödl, Walter & Gerhard Aubrecht (Hg.). *Frösche, Kröten, Unken: aus der Welt der Amphibien*. (Stapfia 47 = Kataloge des OÖ. Landesmuseums N. F. 107). Linz: OÖ. Landesmuseum, 53-70.
- , 1997. „25 Jahre tropenbiologische Forschung und Lehre in Lateinamerika“. *Internationales Symposium für Vivaristik, Wien 1996. Dokumentation*, 23-32.
- Hödl, Walter & J. Gasche. 1982. „Indian agriculture as exemplified by a Secoya village on the Rio Yubinetto in Peru“. *Applied Geography and Development* 20: 20-31.
- Hödl, Walter, Adolfo Amézquita & Peter M. Narins. 2004. „The rôle of call frequency and the auditory papillae in male phonotactic behaviour in the dart-poison frog *Epipedobates femoralis* (Dendrobatidae)“. *Journal of Comparative Physiology A* 190: 823-829 (© Springer-Verlag Berlin, Heidelberg).
- Lima, Albertina P., William E. Magnusson, Marcelo Menin, Luciana K. Erdtmann, Domingos J. Rodrigues, Claudia Keller & Walter Hödl. 2006. *Guia de sapos da Reserva Adolpho Ducke, Amazônia Central*. (= *Guide to the frogs of Reserva Adolpho Ducke, Central Amazonia*). Atemma: Manaus.
- Narins, Peter M., Walter Hödl & Daniela S. Grabul. 2003. „Bimodal signal requisite for agonistic behaviour in a Dart-poison frog“. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 100: 577-580.
- Narins, Peter M., Daniela S. Grabul, Kiran K. Soma, Philippe Gaucher & Walter Hödl. 2005. „Cross-modal integration in a dart-poison frog“. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 102: 2425-2429.
- Roithmair, Margarete E. 1992. „Territoriality and male mating success in the dart-poison frog, *Epipedobates femoralis* (Dendrobatidae, Anura)“. *Ethology* 92: 331-343.
- Ryan, Michael J. 1985. *The Túngara frog*. Chicago: Chicago University Press.
- Schneider, Hans. 2005. *Bioakustik der Froschlurche: Einheimische und verwandte Arten* (mit Audio-CD). Bielefeld: Laurenti-Verlag.
- Zimmerman, Barbara L. 1983. „A comparison of structural features of calls of open and forest habitat frog species in the central Amazon“. *Herpetologica* 39: 235-246.