

Übersetzung der Arbeit „JOHANNA FELGER, JOHANNES ENSSLE, DIANA MENDEZ & RICHARD SPEARE (2007): Chytridiomycosis in El Salvador. – Salamandra, Rheinbach, 43(2): 122-127“.

Chytridiomykose in El Salvador

Zusammenfassung: Der chytride Amphibienpilz *Batrachochytrium dendrobatidis* verursacht Chytridiomykose, eine tödlich verlaufende Hauterkrankung bei Fröschen. *Batrachochytrium dendrobatidis* ist inzwischen aus fünf Ländern in Mittelamerika bekannt: Mexiko, Guatemala, Honduras, Costa Rica und Panama. Wir weisen hier erstmals histologisch diagnostiziert das Auftreten von Chytridiomykose bei zwei Arten von Fröschen, *Agalychnis moreletii* (Hylidae) und *Rana maculata* (Ranidae), von mehreren Stellen in El Salvador nach.

Schlagwörter: *Batrachochytrium dendrobatidis*, Amphibien, *Rana maculata*, *Agalychnis moreletii*, Hylidae, Ranidae.

Chytridiomykose ist eine Hautkrankheit der Amphibien, die durch den Pilz *Batrachochytrium dendrobatidis* aus der Ordnung Chytridiales ausgelöst wird und erstmals 1998 aus Australien und Panama bekannt wurde (BERGER et al. 1998). Bald darauf folgten Berichte über Amphibienchytridiomykose aus Ländern von fünf Kontinenten (z. B. LIPS 1999, BOSCH et al. 2001, FELLERS et al. 2001, WALDMAN et al. 2001, LANE et al. 2003, LIPS et al. 2003, BONACCORSO et al. 2003, WELDON et al. 2004, HERRERA et al. 2005). *Batrachochytrium dendrobatidis* ist als maßgeblicher Verursacher des weltweiten Abnehmens von Amphibienpopulationen und ihres Aussterbens in ansonsten unbeeinträchtigten Lebensräumen identifiziert worden (BERGER et al. 1998, LIPS 1999, DASZAK et al. 1999, SCHOEGEL et al. 2005, POUNDS et al. 2006). Zwischen 2002 und 2006 wurde das Auftreten von *B. dendrobatidis* aus Mexiko, Guatemala und Honduras bestätigt (ROLLINS-SMITH et al. 2002, LIPS et al. 2003, LIPS et al. 2004, MENDELSON et al. 2004, PUSCHENDORF et al. 2006).

Uns sind keine Berichte über ein rätselhaftes Abnehmen der Amphibienbestände in El Salvador bekannt. Trotzdem wird hier *Agalychnis moreletii* (Hylidae) in der Roten Liste der IUCN von 2006 als „Critically Endangered“ (CR) geführt (G. SANTOS-BARRERA, J. LEE, M. ACEVEDO & L.D. WILSON, 2004: *Agalychnis moreletii*. In: IUCN Red List of Threatened Species; <http://www.iucn-redlist.org>, letzter Zugriff am 30. August 2006), was auf weit greifenden Populationsabnahmen beruht, die während des GAA (Global Amphibian Assessment; <http://www.globalamphibians.org>, letzter Zugriff am 15. September 2006) festgestellt wurden. Für El Salvador sind fünf weitere Anuren

und drei Schwanzlurche als CR, NT („Near Threatened“) oder EN („Endangered“) aufgeführt. Gemäß der GAA wird der Fortbestandsstatus von *Rana maculata* (Ranidae) als „Least Concern“ (LC) eingestuft.

In El Salvador wurde das Vorkommen von Chytridiomykose schon seit 2002 vermutet, nachdem bei Kaulquappen von *R. maculata* und *A. moreletii* Deformationen des Mundbereichs festgestellt worden waren (T. LEENDERS unveröff.). Eine Depigmentierung der Kieferscheiden und Zahnreihen kann bei Kaulquappen auf eine Infektion mit *B. dendrobatidis* hindeuten. Der ursprüngliche Bericht über eine orale Depigmentierung bei Kaulquappen als Anzeiger für eine Infektion mit *B. dendrobatidis* (FELLERS et al. 2001) bediente sich dieses Umstands für eine Überprüfung von Chytridiomykose an *Rana muscosa*-Kaulquappen in Kalifornien. Da aber auch jahreszeitliche Veränderungen bei *R. muscosa* zu einem Verlust an Pigment führen können, stellten RACHOWICZ (2002) und RACHOWICZ & VRENDERBURG (2004) klar, dass nicht jede Depigmentierung zwangsläufig auf Chytridiomykose zurückzuführen ist. Sie machten deutlich, dass bei Vorliegen von Chytridiomykose der Pigmentverlust meistens unregelmäßig und asymmetrisch sei. KNAPP & MORGAN (2006) zeigten dann für *R. muscosa* auf, dass die Depigmentierung (> 10 %) der oberen (dorsalen) Kieferscheide eine zu 86 % korrekte Diagnose von durch eine Polymerase-Kettenreaktion (PCR) positiv identifizierten Fällen ermöglichte. Bei der Verwendung des Merkmals der Depigmentierung der oberen Kieferscheide für Felduntersuchungen konnten 92 % der Untersuchungsorte korrekt beurteilt werden. OBENDORF (2005) zeigte, dass die

Depigmentierung der Kieferscheiden bei Kaulquappen von tasmanischen *Litoria ewingi* (Hylidae) gemäß einer Überprüfung mittels einer Taqman Realtime PCR eine Erkennbarkeit von 76 % und eine Spezifität von 96 % bei der Diagnose von Chytridiomykose ermöglichte. OBENDORF (2005) bediente sich eines strukturierten Systems

zur Einstufung von Abnormalitäten und werte te einen Wert unter 2 auf seiner 6 Punkte umfassenden Skala als nicht positiv. Interessanterweise stellte er keinerlei Abnormalitäten in der Pigmentierung des Mundes von *Litoria raniformis*-Kaulquappen fest. Unveröffentlichte Untersuchungen aus den Tropen Australiens zeigten, dass *Litoria*

Tab. 1. Ergebnisse der auf Depigmentierung der Kieferscheiden und Zahnreihen untersuchten Kaulquappen und der histologischen Untersuchung auf Chytridiomykose in El Salvador. * Kaulquappen zufällig aus der Gesamtzahl der jeweils vorhandenen ausgewählt; ** keine sichtbaren oralen Deformationen; Kontrolltiere.

Ort (Breitengrad, Längengrad, WGS84)	Höhe (m)	Art	Kaulquappen mit Deformationen des Mundbereichs/mit Handlupe untersuchte Kaulquappen (Prävalenz %)	Kaulquappen mit Chytridiomykose/histologisch untersuchte Kaulquappen	Chytridiomykosestatus des Ortes
1. Finca La Giralda (13.657° N 89.374° W)	1200	<i>Rana maculata</i>	18/150 (12 %)	0/15*	nicht festgestellt
2. National Park Los Volcanes/ Sector Los Andes (13.869° N 89.620° W)	1800	<i>Agalychnis moreletii</i>	45/46 (98 %)	4/4	positiv
3. El Impossible/sector San Benito/Nacimiento Río Aguachapio (13.820° N 89.940° W)	800	<i>Rana maculata</i>	2/100 (2 %)	0/2	nicht festgestellt
4. El Imposible/Sector San Benito/Nacimiento Río Tecomate (13.820° N 89.940° W)	800	<i>Rana maculata</i>	1/40 (2.5 %)	0/1	nicht festgestellt
5. El Imposible/Sector San Benito/Nacimiento Río Joyadona (13.820° N 89.940° W)	800	<i>Agalychnis moreletii</i>	0/55 (0 %)	0/3**	nicht festgestellt
6. Finca Santa Cecilia/Río El Calingero (13.625° N 89.367° W)	960	<i>Rana maculata</i>	20/50 (40 %)	2/8	positiv
7. Finca Santa Cecilia/ Nacimiento Río El Barrillo (13.629° N 89.366° W)	909	<i>Rana maculata</i>	11/50 (22 %)	2/10	positiv
8. Parque Nacional Montecristo/pequena quebrada cerca de la estación de los guardaparques (14.365° N 89.410° W)	900	<i>Rana maculata</i>	3/21 (14 %)	0/3	nicht festgestellt
9. Parque Nacional Montecristo/Río San José, cerca de la estación de los guardaparques (14.359° N 89.400° W)	900	<i>Rana maculata</i>	8/50 (16 %)	2/8	positiv
10. Pueblo Talcumunca/Río Chorrera Blanca/ cerca la Finca Nuevos Horizontes (13.778° N 89.696° W)	500	<i>Rana maculata</i>	2/50 (4 %)	0/2	nicht festgestellt

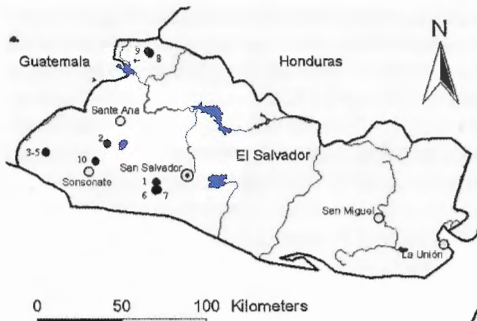


Abb. 1. Karte der Sammlungsorte von Kaulquappen in El Salvador. Die nummerierten, geschlossenen, schwarzen Kreise weisen auf die in Tabelle 1 angegebenen Orte hin. Offene Kreise sind größere Städte und Ortschaften.

rheocola-Larven mit auffälligen Deformationen der Mundbestandteile oder Depigmentierungen keinen histopathologisch nachweisbaren Befall von *B. dendrobatidis* aufwiesen (D. MENDEZ pers. Mitt.). Die Nutzbarkeit einer Depigmentierung der Mundbestandteile bei Kaulquappen als Anzeiger für Chytridiomykosebefälle scheint daher von der jeweiligen Art abzuhängen. Die Untersuchung des Mundfeldes von Kaulquappen mittels einer Handlupe kann somit nicht als primäres Diagnoseverfahren zum Aufspüren von *B. dendrobatidis* gelten, da es sich hierbei lediglich um eine oberflächliche Methode handelt. Verdachtsmomente sollten folglich durch eine direkt mikroskopische, histologische oder eine PCR-Untersuchung überprüft werden, die das Vorhandensein von *B. dendrobatidis* bestätigen können. Für die vorliegende Arbeit wurde daher die visuelle Untersuchung der Mundteile von Kaulquappen auf eine Depigmentierung der Kieferscheiden und Zahnreihen nur als Auslesekriterium verwendet und das tatsächliche Vorliegen von Chytridiomykose anhand von gesammelten Kaulquappen durch das Aufspüren von Sporangien von *B. dendrobatidis* in histologischen Schnitten bestätigt.

Während einer dreimonatigen Felduntersuchung zwischen November 2005 und Januar 2006 wurden insgesamt 612 Kaulquappen von zehn Fundorten in El Salvador mittels einer Handlupe (16 x) auf eine Depigmentierung der Mundteile hin untersucht. Es wurden nur von zwei Arten, *A. moreletii* und *R. maculata*, Kaulquappen gefunden. Bis zu 15 Individuen pro Art und Fundort wurden in 70 % Äthanol konserviert und histologisch untersucht. Sämtliche histologisch un-

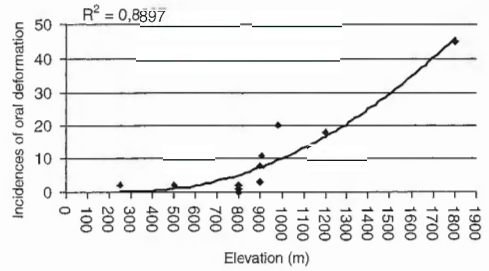


Abb. 2. Verhältnis zwischen Höhenlage und Prävalenz von depigmentierten Kieferscheiden bei Kaulquappen in El Salvador.

tersuchten Kaulquappen besaßen depigmentierte Mundteile, mit Ausnahme der von *R. maculata* auf der Finca La Giralda gefundenen und der bei El Imposible / Sector San Benito / Nacimiento Río Joyadona gesammelten Quappen von *A. moreletii*. Die Proben wurden verarbeitet, nach der klassischen Hämatoxylin/Eosin-Methode gefärbt und unter einem Durchlicht-Mikroskop, wie bei BERGER et al. (1999) beschrieben, untersucht. Schnitte mit auffälligen Strukturen, die nicht schlüssig als Zoosporangien von *B. dendrobatidis* identifiziert werden konnten, wurden weiter nach einem Immunoperoxidase-Verfahren (IPX) gefärbt (BERGER et al. 2002).

Von den 612 visuell beurteilten Kaulquappen von 10 Fundorten zeigten 110 (17,9 %) depigmentierte Bereiche auf ihren Kieferscheiden oder Zahnreihen (Tabelle 1). Von den 56 histologisch untersuchten abnormalen Kaulquappen dieser Gruppe waren 10 (17,8 %) von Chytridiomykose befallen. Positive Fälle traten bei beiden Arten auf. Infizierte Kaulquappen kamen sowohl an natürlichen Stellen als auch auf Kaffeepflanzungen vor. Vier der zehn Fundorte waren Chytridiomykose-positiv. Zusätzlich erwies sich ein Fundort (El Imposible / Sector San Benito / Nacimiento Río Joyadona auf 800 m Höhe) als positiv, nachdem dort Chytridiomykose am Fuß eines tot aufgefundenen adulten *R. maculata* festgestellt wurde. Zehenabschnitte von *A. moreletii*-Metamorphosen, die aus vom Nationalpark Los Volcanes / Sector Los Andes gesammelten Kaulquappen hervorgingen, waren ebenfalls positiv (1/4), was die von dort stammenden Kaulquappen erhaltenen Befunde bestätigte.

Die Häufigkeit von Depigmentierungen war an Fundorten auf oder über 900 m über dem Meer signifikant höher als an Lokalitäten zwischen 500 und 800 m über dem Meer (Chi-Quadrat = 80,10,

DF = 1, $P < 0,001$). So wies die *A. moreletii*-Population im Los Volcanes Nationalpark bei 98 % der Tiere Depigmentierungen auf; diese lebt auf 1,800 m über dem Meeresspiegel und war der höchstgelegene Untersuchungsort. An einem Fundort im El Imposible Nationalpark auf etwa 800 m über dem Meeresspiegel wurden 55 Kaulquappen von *A. moreletii* untersucht, bei denen keinerlei Depigmentierung der Mundteile festzustellen war. Die untersuchten Populationen von *R. maculata* zeigen ein ähnliches Muster. Der Anteil von Fällen von Depigmentierung war an Orten um 900 m am höchsten, solche > 900 m über dem Meeresspiegel waren ebenfalls hoch, wohingegen niedriger gelegene Untersuchungsorte (400-800 m über dem Meeresspiegel) geringere Depigmentierungshäufigkeiten aufwiesen (Abb. 2). Im Montecristo Nationalpark wurden oberhalb 900 m Höhe keine Kaulquappen gefunden. Chytridiomykose wurde für Fundorte zwischen 800 und 1.800 m über dem Meeresspiegel bestätigt. Es ist jedoch unmöglich, daraus einen Zusammenhang zwischen dem Vorliegen bzw. Fehlen von Chytridiomykose und der Höhenlage abzuleiten, da von den meisten Fundorten weniger als zehn Kaulquappen untersucht wurden, sodass das Aufspüren von Positiven bei einer Prävalenz von weniger als 25 % unwahrscheinlich ist. Für einen Fundort im El Imposible Nationalpark wurde keine bestätigende Histologie durchgeführt, jedoch sind die Ergebnisse der Beurteilung mit der Handlupe in der Analyse in Abbildung 2 berücksichtigt.

Obwohl die Exemplare vom Río San José / Montecristo Nationalpark ganz allgemein Hautveränderungen im Mundbereich aufwiesen, waren Sporangien von *B. dendrobatidis* nur bei zwei Stücken festzustellen. Festgestellte histopathologische Veränderungen umfassten eine Hyperplasie sowie Zelldegenerationen im Stratum corneum und Stratum granulosum und waren in den meisten Fällen mit dem Vorhandensein eines oder mehrerer parasitischer, mehrzelliger, verkapselter Organismen im Mundumfeld assoziiert. In einem Fall betraf dies auch den Schwanzansatz, wo sich eine schwere entzündliche Reaktion eingestellt hatte. Es fällt schwer festzustellen, ob diese histopathologischen Veränderungen mit dem Vorhandensein dieser Parasiten oder einem anderen, unentdeckt gebliebenen Pathogen in Zusammenhang stehen oder davon völlig unabhängig entstanden waren.

Die Prävalenz von Chytridiomykose hängt von der Umgebungstemperatur ab und ist im Winter und in größeren Höhenlagen höher (BERGER et

al. 2004, RETALLICK et al. 2004, McDONALD et al. 2005, WOODHAMS & ALFORD 2005). Aufgrund des geringen histologischen Untersuchungsumfanges an einigen Untersuchungsorten waren wir nicht in der Lage, das Auftreten von Chytridiomykose entlang eines Höhengradienten zu bestätigen, auch wenn die Prävalenz von depigmentierten Mundscheiben ein positives Verhältnis zur Höhenlage aufweist (Abb. 2). Unser Unvermögen, Kaulquappen an höher als 900 m gelegenen Stellen im Montecristo Nationalpark zu finden, entspricht dem epizootologischen Muster von Chytridiomykose bei dafür anfälligen Amphibienarten, deren Sterblichkeit mit zunehmender Höhenlage zunimmt (RETALLICK 2002, BERGER et al. 2004). Im Jahre 2001 sammelte E. GREENBAUM Kaulquappen von *R. maculata* (KU289902) im Montecristo Nationalpark auf einer Höhe von 1.350 m über dem Meeresspiegel (KÖHLER et al. 2006). Wie die Ergebnisse einer histologischen Untersuchungen belegten, können in diesem Nationalpark auch andere Pathogene auftreten. Chytridiomykose ist nicht das einzige Amphibien bedrohende Pathogen, und *B. dendrobatidis* sollte daher nicht den einzigen Brennpunkt bei der Erforschung von Erkrankungen bei Amphibien darstellen. Es ist inzwischen klar geworden, dass für die globale Abnahme der Amphibiendiversität und -häufigkeit ein komplexes Gefüge von Faktoren verantwortlich zu machen ist (A.R. BLAUSTEIN, 2001: Vanishing amphibians; <http://www.defenders.org/magazinew/Summer2001/frog.pdf>, letzter Zugriff am 12. Juli 2006, POUNDS & PUSCHENDORF 2004, MENDELSON et al. 2004, STUART et al. 2004).

Die vorliegende Studie hat gezeigt, dass Chytridiomykose in El Salvador bei zwei Froscharten aus zwei Familien, Hylidae und Ranidae, vorliegt. Dadurch sind künftige Forschungsprojekte zur Populationsdynamik bei diesen und anderen Amphibienarten in El Salvador sowie die Erstellung eines Managementplans für die von Chytridiomykose ausgehende Bedrohung gerechtfertigt. Zukünftige Untersuchungen könnten auch eine Bewertung der Aussagekraft und Spezifität einer Situationseinschätzung mittels Handlupe bei der Kartographierung von Chytridiomykose befallenen Kaulquappen in El Salvador beinhalten.

Danksagungen

Zuallererst danken wir SalvaNATURA und insbesondere dem Leiter des wissenschaftlichen Programms, OLIVER KOMAR, für die logistische und finanzielle Unterstützung unserer Feldarbeit in El Salvador sowie für die An-

merkungen zu diesem Manuskript. Wir danken TWAN LEENDERS für das Zurverfügungstellen unveröffentlicher Daten. Wir danken ebenfalls PIERRE L. IBISCH für seine vielfältigen Beiträge zu dieser Untersuchung. Besonderer Dank gilt den Besitzern der einzelnen Fincas, insbesondere MIGUEL ARAUJO, den Angestellten der Nationalparks und der nationalen Polizei, die für Sicherheit an einigen Untersuchungsorten sorgte. Wir danken dem Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales für die Forschungsgenehmigungen und dem Parque Zoológico de El Salvador für die Hilfe bei der Ausfuhr von Belegstücken. Wir danken ebenfalls REBECCA WEBB für die Präparation von histologischen Schnitten.

Schriften

- BERGER, L., R. SPEARE, P. DASZAK, D.E. GREEN, A.A. CUNNINGHAM, C.L. GOGGIN, R. SLOCOMBE, M.A. RAGAN, A.D. HYATT, K.R. McDONALD, H.B. HINES, K.R. LIPS, G. MARANTELLI & H. PARKES (1998): Chytridiomycosis causes amphibian mortality associated with population declines in the rain forests of Australia and Central America. – *Proceedings of the National Academy of Science USA*, **95**: 9031-9036.
- BERGER, L., R. SPEARE & A. KENT (1999): Diagnosis of chytridiomycosis of amphibians by histological examination. – *Zoos Print Journal*, **15**: 184-190.
- BERGER, L., A.D. HYATT, V. OLSEN, S.G. HENGSTBERGER, D. BOYLE, G. MARANTELLI, K. HUMPHREYS & J.E. LONGCORE (2002): Production of polyclonal antibodies to *Batrachochytrium dendrobatidis* and their use in an immunoperoxidase test for chytridiomycosis in amphibians. – *Disease of Aquatic Organisms*, **48**: 213-220.
- BERGER, L., R. SPEARE, H.B. HINES, G. MARANTELLI, A.D. HYATT, K.R. McDONALD, L.F. SKERRAT, V. OLSEN, J.M. CLARKE, G. GILLESPIE, M. MAHONY, N. SHEPPARD, C. WILLIAMS & M.J. TYLER (2004): Effect of season and temperature on mortality in amphibians due to chytridiomycosis. – *Australian Veterinary Journal*, **82**: 31-36.
- BONACCORSO, E., J.M. GUAYASAMIN, D. MÉNDEZ & R. SPEARE (2003): Chytridiomycosis as a possible cause of population declines in *Atelopus cruciger* (Anura: Bufonidae). – *Herpetological Review*, **34**: 331-334.
- BOSCH, J., I. MARTÍNEZ-SOLANO & M. GARCÍA-PARÍS (2001): Evidence of a chytrid fungus infection involved in the decline of the common midwife toad (*Alytes obstetricans*) in protected areas of central Spain. – *Biological Conservation*, **97**: 331-337.
- DASZAK, P., L. BERGER, A.A. CUNNINGHAM, A.D. HYATT, D.E. GREEN & R. SPEARE, (1999): Emerging infectious diseases and amphibian population declines. – *Emerging Infectious Diseases*, **5**: 1-11.
- FELLERS, G.M., D.E. GREEN & J.E. LONGCORE (2001): Oral chytridiomycosis in the mountain yellow-legged frog (*Rana muscosa*). – *Copeia*, **2001**: 945-953.
- HERRERA, R.A., M.M. STECIOW & G. S. NATALE (2005): Chytrid fungus parasitizing the wild amphibian *Leptodactylus ocellatus* (Anura: Leptodactylidae) in Argentina. – *Diseases of Aquatic Organisms*, **64**: 247-252.
- KNAPP, R.A. & J.A.T. MORGAN (2006): Tadpole mouthpart depigmentation as an accurate indicator of chytridiomycosis, an emerging disease of amphibians. – *Copeia*, **2006**: 188-197.
- KÖHLER, G., M. VESELÝ & E. GREENBAUM (2006): The amphibians and reptiles of El Salvador. – Krieger Press (Melbourne, Florida).
- LANE, E.P., C. WELDON & J. BINGHAM (2003): Histological evidence of chytridiomycosis in a free-ranging amphibian (*Afrana fuscigula* (Anura: Ranidae)) in South Africa. – *Journal of South African Veterinary Association*, **74**: 20-21.
- LIPS, K.R. (1999): Mass mortality and population declines of anurans at an upland site in western Panama. – *Conservation Biology*, **13**: 117-125.
- LIPS, K.R., D.E. GREEN & R. PAPENDICK (2003): Chytridiomycosis in wild frogs from southern Costa Rica. – *Journal of Herpetology*, **37**: 215-218.
- LIPS, K.R., J.R. MENDELSON III, A. MUNOZ-ALONSO, L. CANSECO-MARQUEZ & D.G. MULCAHY (2004): Amphibian population declines in montane southern Mexico: resurveys of historical localities. – *Biological Conservation*, **119**: 555-564.
- MCDONALD, K.R., D. MENDEZ, R. MULLER, A.B. FREEMAN & R. SPEARE (2005): Decline in the prevalence of chytridiomycosis in upland frog populations in North Queensland, Australia. – *Pacific Conservation Biology*, **11**: 114-120.
- MENDELSON, J.R., E.D. BRODIE, Jr., J.H. MALONE, M.E. ACEVEDO, M.A. BAKER, N.J. SMATRESK & J.A. CAMPBELL (2004): Factors associated with the catastrophic decline of a cloud forest frog fauna in Guatemala. – *International Journal of Tropical Biology (Rev. Biol. Trop.)*, **52**: 991-1000.
- OBENDORF, D. (2005): Developing field and diagnostic methods to survey for chytridiomycosis in Tasmanian frogs. – Report of the Central North Field Naturalists Inc for Department of Environment and Heritage, Canberra. 2005
- POUNDS, J.A. & R. PUSCHENDORF (2004): Clouded futures. – *Nature*, **427**: 107-109.
- POUNDS, J.A., M.R. BUSTAMANTE, L.A. COLOMA, J.A. CONSUEGRA, M.P.L. FOGDEN, P.N. FOSTER, E. LA MARCA, K.L. MASTERS, A. MERINO-VITERI, R. PUSCHENDORF, S.R. RON, G.A. SÁNCHEZ-AZOFEIFA, C.J. STILL & B.E. YOUNG (2006): Widespread amphibian extinction from endemic disease driven by global warming. – *Nature*, **439**: 161-167.
- PUSCHENDORF, R., F. CASTAÑEDA & J.R. MCCRANIE (2006): Chytridiomycosis in wild frogs from Pico Bonito National Park, Honduras. – *Ecohealth*, **1-4** DOI: 10.1007/s10393-006-0026-8.

- RACHOWICZ, L.J. (2002): Mouthpart pigmentation in *Rana muscosa* tadpoles: seasonal changes without chytridiomycosis. – *Herpetological Review*, **33**: 263-265.
- RACHOWICZ, L.J. & V.T. VREDENBURG (2004): Transmission of *Batrachochytrium dendrobatidis* within and between amphibian life stages. – *Diseases of Aquatic Organisms*, **61**: 75-83.
- RETALLICK, R.W.R. (2002): Using experimental translocations to learn about declines in Queensland's frog populations. Implementation of Queensland's threatened frog recovery plans. – *Experimental Ecology*. Project 6422, Scope 2001.06. Final report. Queensland Parks and Wildlife Service, Atherton.
- RETALLICK, R.W.R., H. MCCALLUM & R. SPEARE (2004): Endemic infection of the amphibian chytrid fungus in a frog community post decline. – *PLOS Biology*, **2**: e351.
- ROLLINS-SMITH, L.A., L.K. REINERT, V. MIERA & J.M. CONLON (2002): Antimicrobial peptide defenses of the Tarahumara frog, *Rana tarahumarae*. – *Biochemical and Biophysical Research Communications*, **297**: 361-367.
- SCHOEGEL, L.M., J.M. HERO, L. BERGER, R. SPEARE, K. McDONALD & P. DASZAK (2005): The decline of the sharp-snouted day frog (*Taudactylus acutirostris*): the first documented case of extinction by infection in a free-ranging wildlife species? – *EcoHealth*, **3**: 35-40.
- STUART, S.N., J.S. CHANSON, N.A. COX, B.E. YOUNG, A.S.L. RODRIGUES, D.L. FISCHMAN & R.W. WALLER (2004): Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. – *Science*, **306**: 1783-1786.
- WALDMAN, B., K. E. VAN DE WOLFSHAAR, J. D. KLENA, V. ANDJIC, P. BISHOP & R. J. DE B. NORMAN (2001): Chytridiomycosis in New Zealand frogs. – *Surveillance*, **28**: 9-11.
- WELDON, C., L.H. DU PREZ, A.D. HYATT, R. MULLER & R. SPEARE (2004): Origin of the amphibian chytrid fungus. – *Emerging Infectious Diseases*, **10**: 2100-2105.
- WOODHAMS, D.C. & R.A. ALFORD (2005): Ecology of chytridiomycosis in rainforest stream frog assemblages of tropical Queensland. – *Conservation Biology*, **19**: 1449-1459.

Eingangsdatum: 18. Juli 2006

Adressen der Autoren der Originalarbeit: JOHANNA FELGER, University of Applied Sciences of Eberswalde, Faculty of Forestry, Alfred-Möller-Strasse 1, D-16225 Eberswalde, Germany, E-Mail: johanna.felger@web.de; JOHANNES ENSSLE, SalvaNATURA, Programa de Ciencias para la Conservación, 33 Avenida Sur #640, Colonia Flor Blanca, San Salvador, El Salvador, E-Mail: johannes.enssle@nabu.de; DIANA MENDEZ, RICHARD SPEARE, Amphibian Diseases Ecology Group, Anton Breinl Centre for Public Health and Tropical Medicine, James Cook University, Townsville, Queensland 4811, Australia, E-Mail: richard.speare@jcu.edu.au, diana.mendez@jcu.edu.au.