

Ökologie des Mombacho-Salamanders, *Bolitoglossa mombachoensis* KÖHLER & McCRANIE, 1999, am Volcán Mombacho, Nicaragua (Caudata: Plethodontidae)

MARTIN JANSEN & GUNTHER KÖHLER

Abstract

Ecology of the Mombacho Salamander, Bolitoglossa mombachoensis KÖHLER & McCRANIE, 1999, at Volcán Mombacho, Nicaragua (Caudata, Plethodontidae).

This investigation examines habitat selection, movement patterns and relative densities of *Bolitoglossa mombachoensis* at Volcán Mombacho, Nicaragua. From July to Oktober 1999 mark-recapture experiments were conducted, and six defined areas (four cloud forest areas and two areas influenced by invasive vegetation) as well as two transects were surveyed. In total, 454 observations were made. The nocturnal salamanders prefer heights of 26-75 cm above ground on vegetation, mostly staying immobile on leaves. During a 20-day-period, a maximum of 14 individuals was observed within an cloud forest area of 9 m². While aggregations of four animals on 1 m² occurred, the average numbers of animals surveyed in the six study areas were less (mean densities: 0.1-0.5 animals per m²). Densities in cloud forest areas were higher than in areas with invasive vegetation. Movement patterns were established from 68 recaptures. The mean distance between two successive capture points was 0.9 m. The home range size was 0-4.4 m (mean = 1.38 m). The maximum distance between two capture points (4.4 m) was observed in a male within 11 days. The maximum distance within one day (2.3 m) was observed in a juvenile. One female was found close to one particular place on six successive capture points within 20 days. A great variety of different color patterns is documented. The life history and habitat requirements of this species suggest that *Bolitoglossa mombachoensis* occurs in high densities in cloud forest areas, because microclimatic and microhabitat conditions required by this species generally exist only in the cloud forest.

Key words: Amphibia: Caudata: Plethodontidae: *Bolitoglossa mombachoensis*; density; habitat selection; movement patterns; home range; Nicaragua.

Zusammenfassung

Es werden Informationen über Habitatwahl, Bewegungsmuster und relative Dichten von *Bolitoglossa mombachoensis* am Volcán Mombacho, Nicaragua präsentiert. Fang-Wiederfang-Studien und Sichtzählungen auf sechs abgegrenzten Flächen (vier Flächen im Nebelwald und zwei Flächen, die von invasiver Vegetation beeinflusst waren) sowie entlang von zwei Transekten im Nebelwald wurden in einem Zeitraum von drei Monaten durchgeführt. Insgesamt wurden 454 Sichtungen und Fänge protokolliert. Die Salamander bevorzugten nachts Höhen von 26-75 cm in der Vegetation und verweilen dort meistens auf der Blattoberfläche. In einem Untersuchungszeitraum von 20 Tagen wurden 14 Individuen auf einer Fläche von 9 m² im Nebelwald festgestellt. Eine maximale Dichte von vier Tieren auf 1 m² wurde gemessen, die durchschnittlichen Dichten waren aber niedriger (0,1-0,5 Tiere pro m²). Die Dichten von *B. mombachoensis* waren auf den Flächen im Nebelwald höher als auf den Flächen mit Sekundärvegetation. Die durchschnittliche Distanz, die ein Salamander zwischen zwei aufeinander folgenden Fangpunkten zurückgelegt hat, beläuft sich auf 0,9 m. Die Aktionsraumgröße war im Mittel 1,38 m (0-4,4 m). Männchen haben im Laufe des Untersuchungszeitraums durchschnittlich größere Strecken zurückgelegt als Weibchen. In dieser Untersuchung zeigte sich, dass *B. mombachoensis* in höheren Dichten als andere Plethodontiden auftritt. Da dies insbesondere im Nebelwald der Fall ist, ist zu vermuten, dass

dort für diese Art optimale Bedingungen bezüglich des Mikroklimas und des Mikrohabitats herrschen.

Schlagwörter: Amphibia: Caudata: Plethodontidae: *Bolitoglossa mombachoensis*; Dichte; Habitatwahl; Bewegungsmuster; Aktionsraumgröße; Nicaragua.

1 Einleitung

Die Salamander der Gattung *Bolitoglossa* vom Volcán Mombacho, Departamento de Granada, Nicaragua, wurden in der Vergangenheit zu der in Mittelamerika weit verbreiteten Art *Bolitoglossa striatula* (NOBLE, 1918) gestellt. Aufgrund von Unterschieden in der relativen Kopfbreite, der relativen Anzahl der Gaumenzähne und in der Färbung wurden sie kürzlich als neue Art, *Bolitoglossa mombachoensis*, beschrieben (KÖHLER & McCRAVIE 1999). *Bolitoglossa mombachoensis* (Abb. 1) scheint auf dem nebelwaldbedeckten Plateau des Volcán Mombacho in 1040-1345 m Höhe ein dominantes Wirbeltier zu sein (KÖHLER 1998). Die Art klettert nachts auf die Vegetation in 50-150 cm Höhe und erscheint dort in auffällig hohen Dichten. Es handelt sich somit um einen semiarborealen Salamander, der wie alle Arten der Gattung seinen ganzen Lebenszyklus an Land verbringt. VENCES & SCHMITT (1991) entdeckten Eier dieser Art in der Laubstreu.

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, mehr über die Ökologie von *B. mombachoensis* zu erfahren. Besonderes Augenmerk wurde dabei auf Dichte und Habitatwahl gelegt. Zusätzlich wurden zwischen Wiederfängen zurückgelegte Distanzen der Salamander ermittelt, die Aufschluss über Bewegungsmuster geben sollen. Untersuchungen über Bewegungsmuster und Dichte plethodontider terrestrischer Salamander sind in der Vergangenheit vermehrt durchgeführt worden (JAEGER 1980, OVASKA 1988, NISHIKAWA 1990, MATHIS 1991, STAUB et al. 1995, NIJHUIS & KAPLAN 1998), bei der Gattung *Bolitoglossa* jedoch kaum (siehe aber VIAL 1968).

2 Untersuchungsgebiet, Material und Methoden

2.1 Untersuchungsgebiet

Der üppig bewachsene Volcán Mombacho liegt am Nordwestrand des Nicaragua-Sees in unmittelbarer Nähe zur Stadt Granada. Die Vegetation des Vulkans (seine maximale Höhe beträgt 1345 m) besteht aus immergrünem Nebelwald, der in den höheren und windbeeinflussten Lagen in den so genannten Elfenwald übergeht (ATWOOD 1984, DRESSLER & ZIZKA 1999). Der Nationalpark Volcán Mombacho wird von der privaten Fundación COCIBOLCA verwaltet. Die Untersuchung wurde auf sechs Flächen von 8 bis 9 m² und entlang von zwei Transekten durchgeführt.

Die sechs Flächen lagen auf 1100-1177 m Höhe (Tab. 1). Davon befanden sich vier Flächen (1, 3, 4 und 5, Abb. 2a und b) im intaktem Nebelwald und zeichneten sich durch wenig bis üppigen (20-100%igen) Unterwuchs aus (bis ca. 50 cm hohe Vegetation, überwiegend Poaceae). Die zwei anderen Flächen (2 und 6, Abb. 2c) waren stark vom invasiven Ingwergewächs *Hedychium coronarium* beeinflusst, welches ausgehend von Waldrändern entlang der Zufahrtswege in den Nebelwald einwandert (DRESSLER 1999). Alle Flächen wurden in 1 m²-Quadrate und jedes Quadrat wiederum in 16 Kleinquadrate (0,25 m × 0,25 m) eingeteilt, die mit Koordinaten versehen wurden.

Die zwei Transekte („Norte“ und „Sur“) waren je 300 m lang und für die Positionsbestimmung in regelmäßigen Abständen markiert. Sie verliefen entlang

eines Pfades (0,5-1,0 m breit) um den großen Krater (1100 m NN). Die Vegetation lässt sich in beiden Fällen als intakter Nebelwald beschreiben (Abb. 2d).

2.2 Geländearbeit

Die vorliegende Untersuchung wurde im Zeitraum von Juli bis Oktober 1999 von M. JANSEN durchgeführt. Auf den Flächen fanden in sechs bis 15 Nächten Fang-Wiederfang-Studien statt. Die Flächen 1 und 6 wurden am intensivsten besucht (je 15-mal). Die Transekte wurden in je acht Nächten in drei bis vier Stunden abgelaufen und dabei die Vegetation sorgfältig nach Salamandern abgesucht.

Bei jedem Fang, beziehungsweise jeder Sichtung, wurde das Alter (adult, juvenil), das Geschlecht (bei adulten Tieren), die Kopf-Rumpf-Länge (KRL, Schnauzenspitze bis Hinterrand der Kloake, gerundet auf 1,0 mm), die vertikale Position in der Vegetation (in Zentimetern vom Boden), das Mikrohabitat („Blattoberfläche“, „Stängel von niedriger Vegetation“, „Geäst“ oder „bemooste Baumstämme“), die Färbung sowie das Verhalten protokolliert. Dabei wurde unterschieden wurde in „kletternd“ oder „immobil“, hierbei „engerollt“, „gerade“ oder „nach Fliegen schnappend“. Die Position eines Tieres wurde auf den Flächen mit Koordinaten beschrieben, bei der Begehung der Transekte wurde die Position im Transekt auf einen Meter genau bestimmt, wobei auch die Distanz der Tiere bis 3 m rechts oder links vom Weg aufgenommen wurde. Die Unterscheidung zwischen Weibchen und Männchen war im Feld nicht immer eindeutig.

2.3 Markierungsmethode

Zunächst erfolgten die Markierungen nach einer vereinfachten Methode zur Markierung terrestrischer Salamander (IRELAND 1991), wonach die Haut der Tiere leicht aufgeraut wird und in Glycerol gelöste floureszierende Pigmente aufgetragen werden. Auf Grund der ausgeprägten Schleimschicht der Salamander führten jedoch auch leichte Modifikationen dieser Methode in den meisten Fällen nicht zu beständigen Markierungen. Deshalb wurde eine Methode zur Markierung larvaler Salamander (IRELAND 1973), leicht abgeändert, angewendet. Während IRELAND (1973) wiederum floureszierende Pigmente in die Haut der Tiere einbrannte, wurde in der vorliegenden Untersuchung auf die Pigmente verzichtet. Das erhitzte Ende eines dünnen Drahtes wurde für kurze Zeit leicht auf die Haut der Tiere gedrückt, sodass eine Markierung in Form einer kleinen Brandmarke zu sehen war. Eine sichere Individualerkennung der Salamander war auf Grund dieser Schwierigkeiten bei der Markierungsmethode nur auf Fläche 1 und nur für sechs Fangperioden möglich.

2.4 Fang-Wiederfang, Bewegungsmuster und Dichten

Um Bewegungsmuster der Salamander zu beschreiben, wurden die Aktionsraumgrößen während des Untersuchungszeitraums und die durchschnittlich zurückgelegten Distanzen zwischen aufeinander folgenden Fangperioden errechnet. Beides erfolgte mit dem Programm CAPTURE (OTIS et al. 1978), Programmversion vom 16. Mai 1995. Die Aktionsraumgröße ist die lineare Distanz zwischen den beiden am weitesten auseinander liegenden Fangpunkten, und ist damit die größte messbare Strecke, die ein Salamander während des Untersuchungszeitraums zurückgelegt hat (NIJHUIS & KAPLAN 1998). Hierbei wurden nur Tiere berücksichtigt, die mehr als zweimal gefangen wurden. Die durchschnittlich zurückgelegte Distanz zwischen

aufeinander folgenden Fängen bezieht sich auch auf Tiere, die nur zweimal gefangen wurden.

Um Aussagen über „Aktivitätsdichten“ (MÜHLENBERG 1993) machen zu können, wurde bei jeder Flächenbegehung protokolliert, wie viele Tiere insgesamt auf den



Abb. 1. Adultes Weibchen von *B. mombachoensis*. – Foto: M. JANSEN
 Adult female of *B. mombachoensis*.

Fläche / area Flächengröße /	1	2	3	4	5	6
area size [m ²]	9	8	9	9	9	9
m NN / m above sea level	1100	1100	1177	1100	1100	1100
Vegetationstyp / type of vegetation	NW	IV	NW	NW	NW	IV
Bodenbedeckung durch Unterwuchs / surface covering of lower vegetation [%]	100	100	60-80	20-40	60-80	100
Höhe des Unterwuchses / height of lower vegetation [cm]	30-50	120-150	30-40	30-40	30-40	60-80

Tab. 1. Beschreibung der Untersuchungsflächen.

Description of study areas.

NW = Nebelwald / cloud forest; IV = Invasive Vegetation / invasive Vegetation

Flächen zu sehen waren. Auf Schätzungen der Populationsgröße anhand von Wiederfängen musste verzichtet werden. Zwei Grundannahmen des JOLLY-SEBER-Modells für Schätzungen von Größen offener Populationen, nämlich die Beständigkeit der Markierung und die gleiche Fangwahrscheinlichkeit aller in der Population vorhandenen Individuen (POLLOCK et al. 1990), wurden auf Grund der unzulänglichen Markierungstechnik und der zu kleinen Flächen (bzw. des zu großen Aktionsraumes der Tiere) verletzt.



Abb. 2 a-d. Habitat von *Bolitoglossa mombachoensis* auf dem Volcán Mombacho.

a. Fläche 1; b. Fläche 5, beide im Nebelwald; c. Fläche 2 mit invasivem Ingwergewächs *Hedychium coronarium*; d. Nebelwald entlang des Transekts „Norte“.— Fotos: M. JANSEN

Habitat of *Bolitoglossa mombachoensis* at Volcán Mombacho. a. Area 1; b. Area 5, both in cloud forest; c. Area 2 with invasive ginger plant *Hedychium coronarium*; d. Cloud forest along transect „Norte“.

3 Ergebnisse

3.1 Färbung und Zeichnung

Bolitoglossa mombachoensis ist charakterisiert durch zimtbraune oder olivbraune Färbung mit undeutlichen hellbraunen Sprenkelungen und Längsstreifen (KÖHLER & McCranie 1999, s. Abb. 1). Es konnten jedoch auch Tiere gesichtet werden, die geringe bis starke Abweichungen in der Färbung aufwiesen (Abb. 3 a-d). Diese Tiere hatten eine sehr helle Rumpffärbung mit unregelmäßigen, marmorartigen dunklen Flecken. In einem Fall wurde die Färbung nach SMITHE (1975-1981) wie folgt beschrieben: Dorsale Grundfarbe lachsfarben (Salmon 6) mit unregelmäßigen Flecken in zimtbraun (cinnamon brown) auf dem ganzen Körper verteilt. In einem anderen Fall war die Grundfarbe des Rumpfes lachsfarben (Salmon 6), nur der Kopf und das Schwanzende waren dunkelbraun (Vandyke 129) gefleckt. Entlang des Transekts „Sur“ hatten Tiere mit abweichenden Färbungen die größten Anteile: von den elf bis 33 gezählten Tiere pro Begehung waren durchschnittlich 10,4 % (0-16 %) Tiere mit abweichenden Färbungen. Entlang des Transekts „Norte“ waren es im Mittel weniger als 1 % (0-6 %).

3.2 Anteil von Tieren mit Schwanzregenerat

In seltenen Fällen konnten Tiere mit regenerierenden Schwänzen beobachtet werden (Abb. 4). Bei Sichtungen entlang des Transekts „Sur“ wurden am 30. August 1999 zwei Exemplare mit Schwanzregenerat von insgesamt 20 (10 % der gesichteten Tiere), am 6. September 1999 drei von insgesamt 27 (11 %) gesehen und im Transekt „Norte“ am 29. August 1999 zwei von insgesamt zehn (20 %). Insgesamt belief sich der Anteil von Tieren mit Schwanzregenerat auf 2,5 % (0-20 %) der gesamten Sichtungen entlang des Transekts „Norte“ und auf 2,6 % (0-11 %) entlang des Transekts „Sur“.

3.3 Populationsstruktur und -dichte

Die Fang-Wiederfang-Studie auf der Fläche 1 (3 m × 3 m) ergab eine Mindestpopulation von 14 Tieren auf einer Fläche von 9 m², davon waren 9 adulte (4 Weibchen und 5 Männchen), sowie 5 juvenile Tiere. Dies wurde in einem Zeitraum von 20 Tagen in sechs Fangperioden mit insgesamt 37 Fängen ermittelt. Von den 14 während der Studie gefangenen Tieren konnten acht mehr als einmal gefangen werden (Wiederfangrate 57 %), wobei die Wiederfangrate der Adulten bei 56 % und die der Juvenilen bei 60 % lag. Die Wiederfangrate der Weibchen war mit 50 % niedriger als die der Männchen mit 60 %. Die Individuen wurden ein- bis sechsmal gefangen, durchschnittlich 2,6-mal. Ein Weibchen und ein juveniles Tier konnten in allen sechs Nächten angetroffen werden. Bei den adulten Tieren war der Durchschnitt der Fänge pro Individuum 2,7 (1-6). Die Weibchen wurden im Mittel 3,25-mal (1-6) gefangen, die Männchen 2,2-mal (1-3) und die Juvenilen 2,6-mal.

Die auf den Flächen beobachteten Dichten waren sehr hoch (durchschnittlich 1 bis 4 Tiere auf 9 m²; Tab. 2). Die maximale Dichte von 8 Tieren auf 9 m² (Fläche 1) wurde am 11. Oktober 1999 aufgenommen. Oft wurden Anhäufungen auf kleinstem Raum angetroffen, teilweise drei oder vier Tiere auf einem Quadratmeter. Dreimal wurden zwei Tiere angetroffen, die weniger als 20 cm auseinander saßen, einmal sogar auf der selben Pflanze (Abb. 4).

Während der jeweils acht Begehungen der Transekte (Tab. 3 und 4) wurden durchschnittlich 12 (5-16) Salamander auf dem Transekt „Norte“ und 24 (11-33) auf dem Transekt „Sur“ gesichtet. Der Anteil der adulten Tiere belief sich auf durchschnittlich 42 % (10-75 %) im Transekt „Norte“ und 49 % (27-76 %) auf dem Transekt „Sur“. Auf beiden Transekten wurden im Durchschnitt deutlich mehr Männchen gezählt als Weibchen [„Norte“ = 25 % (0-42 %) Männchen, 16 % (0-33 %) Weibchen; „Sur“ = 31% (15-56 %) Männchen, 19 % (8-35 %) Weibchen].

3.4 Habitatwahl und Aktivität

Insgesamt konnten 454 Sichtungen von *B. mombachoensis* auf den Flächen und den Transekten protokolliert werden. Dabei ergab sich, dass in 31,7 % der Fälle die Salamander in der Vegetation in Höhen zwischen 26 und 50 cm saßen und in 18,3 % der Fälle in 51-75 cm Höhe (Tab. 5). Einmal konnte auf der Fläche 1 ein Individuum in 3 m Höhe entdeckt werden. Es saß auf der Spitze eines laublosen kleinen Bäumchens (Durchmesser 1,5-2 cm) und richtete sich windend in alle Richtungen aus. In über 90 % der Fälle wurden die Salamander jedoch auf der Oberfläche von Blättern kleiner Pflanzen gefunden (Tab. 6), wobei sie meistens nicht kletterten, sondern sich immobil verhielten (80 % der Nachweise). Typisch war dabei die gestreckte Körperhaltung (80 %) gegenüber der etwas eingerollten. In zwei Fällen konnte beobachtet werden, wie die Salamander mit ihrer Schleuderzunge auf Jagd gingen.

3.5 Bewegungsmuster

Insgesamt konnten 68 Wiederfänge auf den Flächen gemacht werden. Tab. 7 zeigt Tiere, die nur zweimal gefangen wurden, und Tab. 8 zeigt Tiere, die mehr als zweimal gefangen wurden. Die durchschnittliche Aktionsraumgröße war 1,38 m (0,0-4,4; n = 14; Tab. 8), der Zeitraum, in dem diese Distanzen zurückgelegt wurden, war im Schnitt fünf Tage. Der Aktionsraum der adulten Tiere war durchschnittlich 1,21 m (0,3-4,4; n = 7), die dafür benötigte Zeit im Schnitt sieben Tage. Der Aktionsraum der Juvenilen war 1,54 m (0,0-3,5; n = 7), die diese Distanzen in durchschnittlich 3 Tagen (1-8) bewältigten. Die größten Distanzen der Männchen beliefen sich durchschnittlich auf 1,86 m (0,3-11 m; n = 3) und es wurden dafür im Schnitt 10 Tage (9-11) benötigt. Die Maximaldistanzen der Weibchen waren im Schnitt 0,73 m (0,4-0,9; n = 4) in durchschnittlich fünf Tagen (2 – 8). Strecken über 1,5 m (1,68-3,5 m) würden fast nur bei Jungtieren gemessen, die dafür deutlich weniger Zeit brauchten als ihre adulten Artgenossen. Die größten linearen Distanzen zwischen den beiden am weitesten auseinander liegenden Fangpunkten waren 4,4 m (von einem Männchen innerhalb von 11 Tagen zurückgelegt) und 3,5 m (ein juveniles Tier innerhalb von vier Tagen). Ein Weibchen wurde an allen sechs Fangperioden innerhalb von 20 Tagen auf Fläche 1 nahezu an der gleichen Stelle, zweimal auf der gleichen Pflanze, gesichtet. Die größte Distanz innerhalb eines Tages bewältigte ein Jungtier: 2,3 m.

Die durchschnittliche Distanz, die von den Salamandern zwischen zwei aufeinander folgenden Fängen zurückgelegt wurde, war 0,9 m (n = 68, Tab. 7 und 8) in durchschnittlich vier Tagen (Durchschnittsgeschwindigkeit: 0,23 m/Tag). Juvenile (n = 30) legten durchschnittlich 1,4 m in fünf Tagen zurück (Durchschnittsgeschwindigkeit: 0,28 m/Tag), adulte Tiere 0,8 m (n = 38) in vier Tagen (Durchschnittsgeschwindigkeit: 0,21 m/Tag), wobei die Männchen (n = 20) sich durchschnittlich 0,8

m in drei Tagen bewegten (Durchschnittsgeschwindigkeit: 0,27 m/Tag), die Weibchen (n = 18) 0,7 m in vier Tagen (Durchschnittsgeschwindigkeit: 0,13 m/Tag).

4 Diskussion

4.1 Populationsstruktur und -dichte

Auf der Fläche 1 waren Männchen und Weibchen mit nahezu gleichen Anteilen vertreten. Der höhere Anteil von gesichteten Männchen auf beiden Transekten (durchschnittlich 25 % und 31 % Männchen sowie 16 % und 19 % Weibchen) deutet wahrscheinlich nicht auf eine ungleiche Verteilung der Geschlechter hin. Sie kann entweder auf Aktivitätsunterschiede der Geschlechter zurückgeführt werden oder ist



Abb. 3 a-d. Färbungsvariabilität bei *B. mombachoensis*. – Fotos: M. JANSEN
Variation of color pattern in *B. mombachoensis*.



Abb. 4. Hohe Dichten von *B. mombachoensis* sind keine Seltenheit. Rechts ein adultes Tier mit Schwanzregenerat. – Foto: M. JANSEN

High densities of *B. mombachoensis* are common. On the right side an adult with regenerated tail.

auf Grund falscher Geschlechterbestimmung entstanden. Obwohl Männchen und Weibchen fast zu gleichen Teilen auf der Fläche 1 vertreten waren, wurden die Weibchen pro Individuum deutlich öfter gefangen. Dies könnte einerseits darauf hindeuten, dass die Männchen weniger standorttreu sind als die Weibchen, also einen größeren Aktionsraum haben und die Fläche öfter verlassen. Auf Grund der kleinen Fläche des Untersuchungsgebietes würde sich dies in geringeren Wiederfangraten der Männchen äußern. Die ermittelten größeren Distanzen der Männchen unterstützen diese These. Andererseits könnten die Männchen aber auch weniger aktiv sein und deshalb nicht so oft gefangen werden.

Lungenlose Salamander können in sehr hohen Dichten auftreten (JAEGER 1980, OVASKA & GREGORY 1989, WELSH & LIND 1992). Die Aktivitätsdichten von *B. mombachoensis* (durchschnittlich 0,1 bis 0,5 Tiere pro m², Tab. 2) liegen sogar noch über denen von *B. subpalmata* (BOULENGER, 1896) (durchschnittlich 0,03 bis 0,2 Tiere pro m²; VIAL 1968). „Aktivitätsdichten“ sagen jedoch nur aus, wie viel Tiere auf den Flächen durchschnittlich zu sehen waren. Die absolute Individuendichte liegt wahrscheinlich höher. Zum Zeitpunkt der Sichtungen hielten sich vielleicht Tiere auf den Flächen auf, die aber nicht alle gesehen wurden (möglicherweise weil sie auf Grund zu geringer Luftfeuchte nicht in die Vegetation kletterten, vgl. JAEGER 1978, VIAL 1968). Außerdem war eine Unterscheidung zwischen standorttreuen und zugewanderten Tieren nicht möglich, was auch zu einer Unterschätzung der absoluten Dichte führt.

Die sechs Fangperioden auf der Fläche 1 mit Individualidentifikation ergaben eine Population von mindestens 14 Individuen (absolute Individuendichte mindestens 1,6 Tiere pro m²). Nimmt man jedoch einfach die Individuenanzahl pro Fläche, kann eine Überschätzung der Dichte die Folge sein (VIAL 1968, WHITE et al. 1982). Wenn sich also einige Tiere nicht die ganze Zeit auf der abgegrenzten Fläche aufhalten, dann ist

die effektive Fläche größer als die eigentlich abgegrenzte Fläche. Dieser „Randeffekt“ wird nach WHITE et al. (1982) noch verstärkt, je mehr Aktionsräume von Tieren Raum außerhalb der Untersuchungsfläche beeinhaltet (wie in diesem Fall). Die absolute Individuendichte von *B. mombachoensis* wird also vermutlich geringer sein als 1,6 Tiere pro m², aber über den Werten der Aktivitätsdichten liegen.

Fläche / area	1	2	3	4	5	6
Anzahl der Begehungen / number of surveys	15	10	7	6	8	15
Anzahl der Tiere / Number of animals	1-8	0-4	0-5	0-2	0-4	0-4
Mittelwert / Average	4,2	1,2	3	1	1,75	1,53
Mittlere Dichte der Tiere pro m ² / average density of animals per m ²	0,47	0,15	0,33	0,11	0,19	0,17

Tab. 2. Durchschnittliche Anzahl und Dichten von Salamandern auf sechs Untersuchungsflächen.

Mean numbers and densities of salamanders in six areas.

Datum / date	n	Männchen / males		Weibchen / females		Adulte / adults		Jungtiere / juveniles	
		n	%	n	%	n	%	n	%
29.8.1999	10	0	0	1	10	1	10	9	90
7.9.1999	15	3	20	4	27	7	47	8	53
10.9.1999	16	5	31	1	6	6	37	10	62
12.9.1999	9	3	33	2	22	5	56	4	44
14.9.1999	16	6	38	0	0	6	38	10	63
17.9.1999	16	3	19	2	13	5	31	11	69
25.9.1999	5	1	20	1	20	2	40	3	60
1.10.1999	12	5	42	4	33	9	75	3	25
Mittelwert / Mean	12,4	3,3	25,4	1,9	16,4	5,1	42	7,3	58,3

Tab. 3. Ergebnisse der Sichtzählungen auf dem Transekt "Norte" (Angabe der prozentualen Häufigkeit von Männchen, Weibchen und Jungtieren).

Results of surveys at Transect "Norte" (relative abundance of males, females and juveniles).

Datum / date	Männchen / males			Weibchen / females		Adulte / adults		Jungtiere / juveniles	
	n	n	%	n	%	n	%	n	%
30.8.1999	20	3	15	7	35	10	50	10	50
6.9.1999	27	4	15	4	15	8	30	19	70
8.9.1999	24	5	20	8	33	13	54	11	46
11.9.1999	25	8	32	2	8	10	40	15	60
13.9.1999	33	6	18	3	9	12	27	24	73
15.9.1999	30	10	33	3	10	13	43	17	57
10.10.1999	11	6	55	2	18	8	73	3	27
12.10.1999	25	14	56	5	20	19	76	6	24
Mittelwert / mean	24,4	7	31	4,25	19	11,6	49,1	13,1	50,9

Tab. 4. Ergebnisse der Sichtzählungen auf dem Transekt „Sur“ (Angabe der prozentalen Häufigkeit von Männchen, Weibchen und Jungtieren).

Results of surveys on Transect „Sur“ (relative abundance of males, females and juveniles).

Position [cm]	n	%
0-25	29	6,4
26-50	144	31,7
51-75	83	18,3
76-100	52	11,5
101-125	60	13,2
126-150	55	12,1
151-175	25	5,5
176-200	2	0,4
201-225	2	0,4
226-250	0	0,2
251-300	2	0,2

Tab. 5. Position (Höhe über Boden) der Salamander.

Positions (height above ground) of salamanders.

Mikrohabitat / microhabitat	n	%
Blattoberfläche / Surface of leaves	412	90,7
Blattstengel / stems of leaves	23	5,0
Geäst kleiner Bäumchen / branches of small trees	17	3,7
Bemooste Baumstämme / mossy tree-trunks	2	0,4

Tab. 6. Mikrohabitat der Salamander.
Microhabitat of salamanders.

Alter und Geschlecht / age and sex	Distanz / distance [m]	Zeitraum / time [d]
Juv	0,00	2
♂	0,00	4
Juv	0,50	8
♂	0,50	2
♂	0,55	2
♂	0,55	3
♂	0,80	2
♂	0,80	2
Juv	0,90	8
♂	0,90	2
♂	1,00	1
♂	1,00	1
Juv	1,00	3
♀	1,68	2
Juv	3,18	3
Mittelwert / Mean	0,89	3

Tab. 7. Distanzen und Zeiträume zwischen den Fangpunkten von Tieren, die nur zweimal gefangen wurden.

Distances between capture points of individuals with no more than two captures.

4.2 Habitatwahl

Die Ergebnisse in Tab. 4 und 5 lassen vermuten, dass ein optimales Habitat für *B. mombachoensis* reichlich Vegetation in 26-50 cm Höhe mit viel Blattflächen beinhaltet. Die größte Dichte wurde auf der Fläche 1 dokumentiert (Tab. 1 und 2). Ein intakter Nebelwald mit einem Unterwuchs von bis zu 50 cm und einer Bodenbedeckung von 100 % scheint optimale Bedingungen für die Art anzubieten, während Standorte mit weniger und niedrigerem Unterwuchs (Flächen 3, 4 und 5), als auch Gebiete, die von der Sekundärvegetation beeinflusst werden, deutlich geringere Dichten aufweisen.

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung können mit ähnlichen Studien verglichen werden. Auch WELSH & LIND (1992) stellen fest, dass das spezielle Mikroklima eines alten Walds für einen terrestrischen Salamander ein optimales Habitat bietet. Eine Untersuchung von WELSH (1990) zeigte, dass bestimmte Amphibienarten mit einem reliktschen Vorkommen in alten Wäldern häufiger vorkommen als in benachbarten jüngeren Wäldern. WELSH (1990) vermutet, dass diese Arten an alte Wälder bzw. das dort vorherrschende Mikroklima gebunden sind, da sie gemeinsam mit ihnen evolviert sind. Auch der Nebelwald des Volcán Mombacho ist ein sehr alter Wald und die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen, dass *B. mombachoensis* insbesondere in diesem Nebelwald mit seinem Mikroklima und Mikro-

Alter und Geschlecht / age and sex	Max. [m]	Zeit für Max. / time for max. [d]	DMW [m]	SF	ZMW [d]	Fänge / no. of captures
Juv	0,0	8	0,00	0,000	9	3
♂	0,3	9	0,13	0,125	6	3
♀	0,4	2	0,15	0,060	4	6
Juv	0,5	1	0,38	0,125	2	3
♀	0,7	3	0,45	0,100	6	5
Juv	0,9	2	0,58	0,110	4	6
♂	0,9	9	0,73	0,170	6	3
♀	0,9	8	0,63	0,275	6	3
♀	0,9	4	0,73	0,170	8	3
Juv	1,3	7	1,18	0,065	5	3
Juv	2,3	1	1,65	0,595	2	3
Juv	2,3	1	2,10	0,200	7	3
Juv	3,5	4	2,40	0,587	2	4
♂	4,4	11	2,48	0,510	4	5
Mittelwert / Mean	1,38	5	0,97		5	

Tab. 8. Maximaldistanzen und dafür benötigte Zeiträume sowie mittlere Distanzen von Salamandern, die mehr als zweimal gefangen wurden.

Maximum distances, required time and average distances of salamanders with more than two captures.

Max. = Maximaldistanz zwischen zwei Fangpunkten / maximum distance between two capture points, MWD = Mittelwert der Distanzen zwischen zwei aufeinander folgenden Fängen / mean distance between two successive captures, SF = Standardfehler / standard error, ZMW = Mittelwert der Zeiträume zwischen den Fängen / mean time between captures

habitat in auffällig hohen Dichten auftritt. Dies ist wahrscheinlich aufgrund einer gemeinsamen Evolution der Fall.

4.3 Bewegungsmuster

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung scheinen im Vergleich zu anderen Untersuchungen zu zeigen, dass die Salamander der Art *B. mombachoensis* einen relativ kleinen Aktionsraum haben. Darauf deuten die geringen durchschnittlichen Distanzen (0,9 m) zwischen zwei aufeinander folgenden Fängen, und die Aktionsraumgrößen von durchschnittlich 1,4 m hin. Höhere Distanzen sind von *B. subpalmata* bekannt: Männchen im Mittel 5,4 m (0,1 bis 50 m), Weibchen im Mittel 3,7 m (0,05 bis 35 m) und Juvenile im Mittel 2,8 m (0,1 bis 13 m; VIAL 1968). OVASKA (1988) beobachtete einen größeren Aktionsraum bei *Plethodon vehiculum* (COOPER, 1860) (Durchschnitt der größten gemessene Distanzen: Männchen = 2,47 m, Weibchen = 1,17 m, Juvenile = 1,95 m). Es sei aber darauf hingewiesen, dass bei der vorliegenden Untersuchung die Flächengrößen sehr klein gewählt wurden. Große

Distanzen konnten dadurch nicht erfasst werden. Es ist sehr wahrscheinlich, dass Salamander sich auch außerhalb der kleinen Untersuchungsflächen aufgehalten haben. STAUB et al. (1995) vermuten, dass terrestrische Plethodontidae regelmäßig Distanzen von über 10 m zurücklegen und warnen davor, Aussagen über Aktionsraumgrößen mit Hilfe von kleinen Untersuchungsflächen zu treffen.

Männchen haben im Laufe des Untersuchungszeitraums durchschnittlich größere Strecken zurückgelegt als Weibchen. Auch STAUB et al. (1995) und STEBBINS (1954) ermittelten bei Untersuchungen an Plethodontiden der Gattung *Ensatina* höhere Distanzen für Männchen.

An dieser Stelle muss aber noch einmal betont werden, dass die Geschlechterbestimmung bei *B. mombachoensis* im Feld nicht immer als eindeutig einzustufen ist. Die hier diskutierten Ergebnisse sowohl der Bewegungsmuster, als auch der Wiederfangraten müssen deshalb durchaus mit Vorsicht betrachtet werden.

Danksagung

Wir danken der Fundación COCIBOLCA für die Erlaubnis, diese Untersuchung durchführen zu dürfen und insbesondere JUAN CARLOS MARTINEZ SANCHEZ, JOSÉ MANUEL ZOLOTOFF PALLAIS sowie den Führern im Nationalpark für die tatkräftige logistische Unterstützung. Besonderer Dank gebührt auch CARLOS ROBERTO HASBUN für die Übersetzung der Zusammenfassung ins Spanische.

Resumen

Ecología de la Salamandra de Mombacho, Bolitoglossa mombachoensis KÖHLER & MCCRANIE, 1999, en el Volcán Mombacho, Nicaragua (Caudata, Plethodontidae).

Presentamos información sobre la selección de habitat, patrones de movimiento y densidades relativas de *Bolitoglossa mombachoensis* en el Volcán Mombacho, Nicaragua. Entre Julio y Octubre de 1999, estudios ecológicos fueron desarrollados utilizando técnicas de captura-recaptura en seis áreas definidas y dos transectos, totalizando 454 observaciones. Las salamandras nocturnas prefieren alturas entre 26 y 75 cm del nivel del suelo, permaneciendo casi inmóviles en las superficies de las hojas. Un total de 14 individuos fueron observados dentro de los transectos de 9 m² durante un lapso de 20 días. Agregaciones de hasta cuatro animales en 1 m² fueron documentadas, pero numeros promedios de animales observados en las seis áreas de muestreo fueron menores (densidades promedio: 0.1-0.5 animales por m²). La distancia promedio entre puntos sucesivos de captura fueron de 0.9 m. Distribución espacial fue de 0-4.4 m (promedio = 1.38 m, n = 14). La distancia máxima entre dos puntos de captura fué de 4.4 m, observada en un macho en un periodo de 11 días. La distancia máxima observada en un día (2.3 m) fué por un juvenil. Una hembra fué observada en el mismo punto en 6 eventos sucesivos de captura en un periodo abarcando 20 días. Adicionalmente, se documenta la descripción de un variedad de patrones de coloración de estas salamandras.

Palabras claves: Amphibia: Caudata: Plethodontidae: *Bolitoglossa mombachoensis*; densidad; habitat, patrones de movimiento; distribución; Nicaragua.

Schriften

- ATWOOD, J. T. (1984): A floristic study of Volcán Mombacho, Department of Granada, Nicaragua. – Ann. Missouri Bot. Gard., St. Louis, **71**: 191-209.
- DRESSLER, S. (1999): Floristische Besonderheiten aus den Nebelwäldern Nicaraguas. – Natur und Museum, Frankfurt a. M., **129**(9): 289-290.
- DRESSLER, S. & G. ZIZKA (1998): Zwei Nebelwaldstandorte in Nicaragua – ein botanischer Reisebericht. – Natur und Museum, Frankfurt a. M., **128**(6): 175-187.

- IRELAND, P. H. (1973): Marking larval salamanders with fluorescent pigments. – Southwest Natur., Austin, **118**: 252-253.
- IRELAND, P. H. (1991): A simplified fluorescent marking technique for identification of terrestrial salamanders. – Herp. Review, New York, **22**(1): 21–22.
- JAEGER, R. G. (1978): Plant climbing by salamanders: periodic availability of plant-dwelling prey. – Copeia, Lawrence, **1978**(4): 686-691.
- JAEGER, R. G. (1980): Microhabitats of a terrestrial forest salamander. – Copeia, Lawrence, **1980**(2): 265-268.
- KÖHLER, G. (1998): Herpetologische Beobachtungen in Nicaragua. – Natur und Museum, Frankfurt a. M., **128**(6): 163-170.
- KÖHLER, G. & J. R. McCRANIE (1999): A new species of salamander from Volcán Mombacho, Nicaragua, formerly referred to *Bolitoglossa striatula*. – Senckenberg. biol., Frankfurt a. M., **79**(1): 89-93.
- MATHIS, A. (1991): Territories of male and female terrestrial salamanders: costs, benefits and intersexual spatial associations. – Oecologia, Heidelberg, **86**: 433-440.
- MÜHLENBERG, M. (1993): Freilandökologie. – Heidelberg und Wiesbaden (Quelle & Meyer), 512 S.
- NIJHUIS, M. J. & R. H. KAPLAN (1998): Movement patterns and life history characteristics in a population of the cascade torrent salamander (*Rhycotriton cascadae*) in the Columbia River Gorge, Oregon. – J. Herpetol., Lawrence, **32** (2): 301-304.
- NISHIKAWA, K. C. (1990): Intraspecific spatial relationships of two species of terrestrial salamanders. – Copeia, Lawrence, **1990**(2): 418-416.
- OTIS, D. L., K. P. BURNHAM, G. C. WHITE & D. R. ANDERSON (1978): Statistical inference from capture data on closed populations. – Wildl. Monogr., Washington, **62**: 1-135.
- OVASKA, K. (1988): Spacing and movements of the salamander *Plethodon vehiculum*. – Herpetologica, Lawrence, **44**(4): 377-386.
- OVASKA, K. & P. T. GREGORY (1989): Population structure, growth, and reproduction in a Vancouver Island population of the salamander *Plethodon vehiculum*. – Herpetologica, Lawrence, **45**(2): 133-143.
- POLLOCK, K. H., J. D. NICHOLS, C. BROWNIE & J. E. HINES (1990): Statistical inference for capture-recapture experiments. – Wildl. Monogr., Washington, **107**: 1-97.
- SMITHE, F. B. (1975 – 1981): Naturalist's color guide. Part I. Color Guide. 182 color swatches. – New York (Amer. Mus. Nat. Hist.).
- STAUB, N. C., C. W. BROWN & D. B. WAKE (1995): Patterns of growth and movements in a population of *Ensatina eschscholtzii platensis* (Caudata: Plethodontidae) in the Sierra Nevada. – J. Herpetol., Lawrence, **29**: 593-99.
- STEBBINS, R. C. (1954): Natural history of the plethodontid genus *Ensatina*. – Univ. Calif. Publ. Zool., Berkeley and Los Angeles, **54**: 47-124.
- VENCES, M. & R. SCHMITT (1991): Herpetologische Beobachtungen in Nicaragua. Die Amphibien. – Herpetofauna, Weinstadt, **13**(75): 21-26.
- VIAL, J. L. (1968): The ecology of the tropical salamander, *Bolitoglossa subpalmata*, in Costa Rica. – Rev. Biol. Trop., San José, **15**(1): 13-115.
- WELSH, H. H., JR. (1990): Relictual amphibians and old-growth forests. – Conservation Biology **4**(3): 309-319.
- WELSH, H. H., JR. & A. J. LIND (1992): Population ecology of two relictual salamanders from the Klamath Mountains of northwestern California. – S. 419-437 in McCULLOUGH, D. & R. BARRETT (eds.): Wildlife 2001: populations. – London (Elsevier Science Publishers).

WHITE, G. C., D. R. ANDERSON, K. P. BURNHAM & D. L. OTIS (1982): Capture-recapture and removal methods for sampling closed populations. – Los Alamos National Laboratory Publication, New Mexico.

Eingangsdatum: 30. November 2000

Verfasser: MARTIN JANSEN, Große Spillingsgasse 50, D-60385 Frankfurt am Main, E-Mail: majansen@stud.uni-frankfurt.de; GUNTHER KÖHLER, Forschungsinstitut und Naturmuseum Senckenberg, Senckenberganlage 25, D-60325 Frankfurt am Main.