

Zwei neue Markierungsmethoden zur individuellen Identifikation von Amphibien in langfristigen Freilanduntersuchungen: Erste Erfahrungen bei Kreuzkröten

ULRICH SINSCH

Mit 8 Abbildungen

Abstract

This paper presents two new techniques of tagging amphibians permanently and individually distinguishably. The applicability of both methods for field studies on population dynamics and migratory behaviour was tested in a large population of natterjack toads (*Bufo calamita*). The first method is based on a microchip marking system (passive integrated transponder) and is useful for individuals of a snout-vent-length exceeding 30 mm. Transponders are introduced into the lymphatic sacks below the skin and are read externally by a scanner. Each transponder emits a unique ten-space alphanumeric code following activation by the scanner. The second method is based on microtags (binary coded wire) and is applicable even to recently metamorphosed toadlets. The microtags are injected into the lymphatic sacks and their presence detected by a metal detector. The first results obtained indicate that particularly the transponder marking system is well suited for field studies and could replace the still dominating toe-clipping techniques.

Key words: Amphibians; *Bufo calamita*; tagging techniques; transponder; microtag; field study.

Einleitung

Die Grundvoraussetzung für die quantitative Erfassung von Amphibienbeständen und die Analyse individuellen Wanderverhaltens ist die Markierung von Einzeltieren. Im Idealfall sollte die Markierung folgende Eigenschaften besitzen: (1) Unverwechselbarkeit zur Gewährleistung der sicheren Identifikation von Einzeltieren; (2) Dauerhaftigkeit zur Erfassung der Dynamik von Populationen; (3) vernachlässigbar geringer Einfluß auf Verhalten und Überlebenswahrscheinlichkeit markierter Tiere; (4) Anwendbarkeit bei Juvenilen und Adulten. Keine der bislang bei Amphibien angewandten Methoden hat alle genannten Eigenschaften.

Eine detaillierte Übersicht über gängige Markierungsmethoden liefern FERNER (1979), HONEGGER (1979) und NIEKISCH (1990). Individuelle Identifikation erlauben folgende Methoden: dorsale oder ventrale Zeichnungsmuster bei einer Reihe von Urodelen (z. B. FELDMANN 1987, GLANDT 1980, HAGSTRÖM 1973),

Mehrfachamputationen von Phalangen (z. B. HEUSSER 1958), Tiefentemperatur-Markierung (z. B. DAUGHERTY 1976, GEIGER et al. 1982, KLEWEN 1982), Tätowierung (z. B. PINTAR 1982, WISNIEWSKI et al. 1980), Ringe oder Ohrenmarken (z. B. DELY 1954, JUNGFER 1943) und Implantation von Sendern (z. B. NULAND & CLAUS 1981, SINSCH 1988a). Die Registrierung der Zeichnungsmuster ist zweifellos die Methode der Wahl, wenn die zu untersuchende Art charakteristische und individuell verschiedene Zeichnungen besitzt. Allerdings ist dieses Verfahren bei Populationen mit mehreren hundert oder gar tausenden von Tieren praktisch nicht mehr anwendbar. Außerdem fehlen bei vielen Arten individuelle Zeichnungsmuster. Mehrfachamputationen von Phalangen sind drastische operative Eingriffe, die bei einigen Arten Verhalten und Überlebenswahrscheinlichkeit negativ beeinflussen (CLARKE 1972, KAPFBERGER 1982, PAEPKE 1983). Das Gleiche gilt auch für die Tiefentemperatur-Markierung (KLEWEN 1982). Die Tätowierung ist mit einem erheblichen Aufwand verbunden und verblaßt häufig innerhalb eines Jahres (WISNIEWSKI et al. 1980), so daß sie schwer lesbar wird und für langfristige Untersuchungen somit ungeeignet ist. Äußere Marken sind wegen ihrer geringen Dauerhaftigkeit bestenfalls als kurzzeitige Markierungen anwendbar und können Verletzungen verursachen, die das Verhalten in unkalkulierbarer Weise verändern. Die modernste Methode, die Radiotelemetrie, hat den Vorteil, die Tiere ohne direkten Kontakt im Habitat verfolgen zu können, aber auch eine Reihe von Nachteilen: die Sender müssen bei den meisten Arten implantiert und daher später auch wieder explantiert werden, die Lebensdauer der Batterie ist kurz (wenige Wochen oder Monate) und bei vertretbarem Aufwand können nur wenige Tiere gleichzeitig verfolgt werden. Für mehrjährige Untersuchungen ist die Radiotelemetrie ohnehin ungeeignet. Gruppenmarkierung durch die Amputation von einzelnen Phalangen (z. B. SINSCH 1988a) oder durch radioaktive Markierung (z. B. BUSCHINGER et al. 1970) erlauben zwar quantitative Abschätzungen von Beständen, aber keine Rückschlüsse auf individuelle Verhaltensmuster. Die Amputation der Endglieder von Phalangen speziell bei Juvenilen hat außerdem weitere Nachteile. Regenerationsprozesse können die Markierung verwischen und natürliche Verletzungen eine Markierung vortäuschen (SINSCH, unveröffentlicht). Eine befriedigende Markierungsmethode für frischmetamorphosierte Amphibien ist nicht einmal in Ansätzen vorhanden.

Da das Problem der individuellen Markierung nicht als gelöst gelten kann, stelle ich in dieser Arbeit zwei Methoden vor, die sich in der Ichthyologie bewährt haben (PRENTICE et al. 1985), aber bislang noch nicht bei Freilanduntersuchungen an Amphibien eingesetzt wurden: Transponder für Tiere mit einer Körperlänge von mehr als 30 mm und Microtags für Juvenile ab etwa 10 mm Körperlänge. Beide Methoden wurden an Kreuzkröten bei Untersuchungen zur Populationsdynamik erprobt und erstmals 1991 angewandt. Die ersten Erfahrungen sind vielversprechend, so daß ich Details zur Anwendung in dieser Arbeit interessierten Feldherpetologen zugänglich machen möchte, in der Hoffnung, daß bald Markierungen mittels Transpondern soweit wie möglich andere Markierungsmethoden ersetzen.

Passive integrierte Transponder (P.I.T.)

Transponder dienen der individuellen Markierung von adulten Kreuzkröten (Körperlänge > 44 mm), aber auch von größeren Juvenilen (Körperlänge > 30 mm). Bisher liegt erst eine Laboruntersuchung vor, die die Einsetzbarkeit von Transpondern bei *Scaphiopus holbrookii*, *Bufo woodhousii* und *Bufo valliceps* beinhaltet (CAMPER & DIXON 1988). Im folgenden beschreibe ich zunächst die technischen Details und Eigenschaften der eingesetzten Transponder und Lesegeräte, gehe dann auf die Markierungsprozedur ein und stelle abschließend die ersten Ergebnisse aus dem Freiland vor.

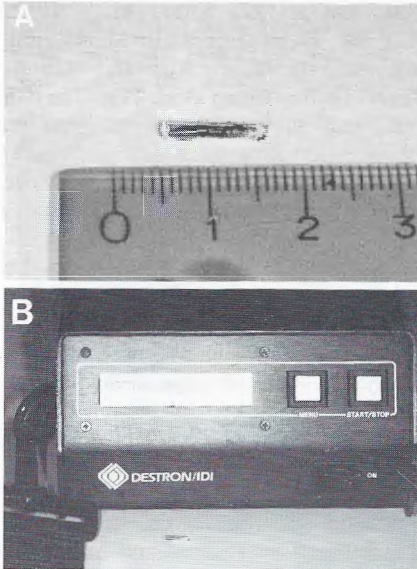


Abb. 1. A) Passiver integrierter Transponder (P.I.T.), bestehend aus Microchip, Induktionsspule und Glaskapsel. B) Transportables Lesegerät mit der Anzeige des alphanumerischen Codes eines Transponders. Im Vordergrund ein Transponder.

A) Passive integrated transponder (P.I.T.) consisting of a microchip, induction coil, and glass capsule. B) Portable reader displaying the ten-space alphanumeric code of a transponder. In the foreground a PIT tag.

Material: Transponder (Modell TX 1400; Preis ca. 9 DM pro Stück) bestehen aus einem Microchip, der in Glas eingekapselt ist (Außenmaße: 10 mm Länge bei 2,1 mm Durchmesser, Masse: 63 mg; Abb. 1A) und durch elektromagnetische Felder zur Abstrahlung eines 10stelligen alphanumerischen Codes angeregt wird. Ein transportables, akkubetriebenes Lesegerät (handwand reader, Modell HS 5101, Preis ca. 3000 DM; Abb. 1B) erzeugt die notwendigen Felder, empfängt den abgestrahlten Code (Arbeitsabstand maximal 2 cm) und zeigt ihn an. Das Gerät speichert bis zu 1300 Codes, die über ein Interface direkt in handelsübliche PC eingelesen werden können. Vertreiber in Europa: FishEagle Co., Lechlade, Gloucestershire, GL7 3QQ, England.

Die Robustheit des Systems ist den Anforderungen für das Freiland angemessen. Trotz intensiven Gebrauchs unserer beiden Lesegeräte bei den verschiedensten Wetterbedingungen arbeiteten sie ohne jede Beanstandung ebenso

wie die 410 bisher eingesetzten Transponder. So offensichtlich wie die Vorteile des Systems (Individualität des Codes, inertes Kapselmaterial, Fehlen einer sich verbrauchenden Energiequelle) sind auch seine Nachteile. Der geringe Arbeitsabstand beim Lesen der Transponder erfordert das vorherige Einfangen der markierten Kröten. Auch der augenblickliche Preis der Transponder ist recht hoch, zumal meist hunderte oder tausende Transponder nötig sind. Da es sich jedoch um eine neue Methode handelt, ist zu hoffen, daß in nicht allzuferner Zukunft der Arbeitsabstand vergrößert werden kann und die Preise bei größerer Nachfrage sinken.

Markierungsprozedur: Bei Kreuzkröten und wahrscheinlich den meisten anderen Froschlurchen können die Transponder in die lateralen oder dorsalen Lymphsäcke eingesetzt werden. Nach unserer Erfahrung reicht ein dorsolateraler Einschnitt von 2 mm Länge (Abb. 2A) zur Einführung des Transponders in den Lymphsack (Abb. 2B). Dabei wird der Transponder seitlich nach unten geschoben und in die Längsrichtung des Tieres orientiert. Diese Lage hat den Vorteil, daß ein Wiederaustritt des Transponders durch den Einschnitt kaum noch möglich ist (Verlustrate: 1,7%). Im Untersuchungszeitraum

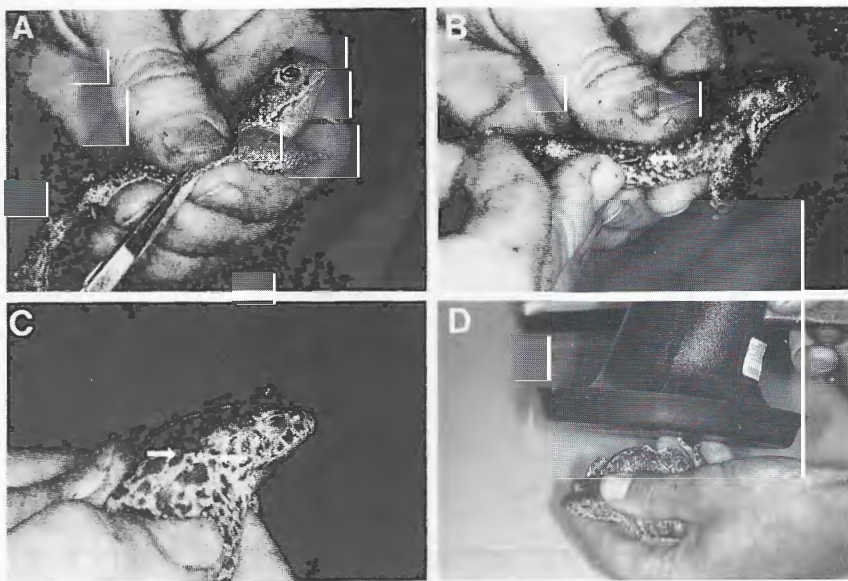


Abb. 2. Markierungsprozedur. A) Einschnitt in die dorsolaterale Haut einer Kreuzkröte. B) Einführen des Transponders (Pfeil) in den lateralen Lymphsack. C) Lage des Transponders (Pfeil) im Lymphsack einer wiedergefangenen Kreuzkröte. D) Aktivieren und Lesen des alphanumerischen Codes des Transponders mittels des Scanners des Lesegerätes.

Procedure of tagging. A) Incision into the dorsolateral skin of a natterjack toad. B) Introduction of the tag (arrow) into the lateral lymphatic sack. C) Position of the tag (arrow) within the lymphatic sack of a recaptured natterjack toad. D) Activation and reading of the alphanumeric code of the tag using the scanner of the handwand reader.

(Mai–September) schloß sich die kleine Wunde meist innerhalb von zwei Tagen, daher setzten wir keinen Gewebekleber ein. Innerhalb des lateralen Lymphsacks ist der Transponder frei beweglich und kann verschiedene Positionen einnehmen (Abb. 2C). Der alphanumerische Code des Transponders wird mittels des Scanners des Lesegerätes abgetastet (Abb. 2D).

Das Einsetzen des PIT in die Lymphsäcke hat eine Reihe von Vorteilen gegenüber einer Implantation in die Bauchhöhle, wie von CAMPER & DIXON (1988) vorgeschlagen. Der Eingriff ist minimal und erfordert keine Betäubung der Tiere. Blutungen traten nicht auf, da durch den Einschnitt schlimmstenfalls wenige Blutkapillaren beschädigt werden, die sich sofort schließen. Infektionen oder gar Todesfälle als Folge der Markierung wurden bei keinem der 410 markierten Tiere beobachtet. Die Transponder sind meist von außen durch Abtasten lokalisierbar und können gezielt vom Scanner erfaßt werden. Bei Implantation in die Körperhöhle ist der Einstich einer Kanüle von mehr als 2 mm Durchmesser durch Haut und Peritoneum notwendig (CAMPER & DIXON 1988), wobei innere Orga-

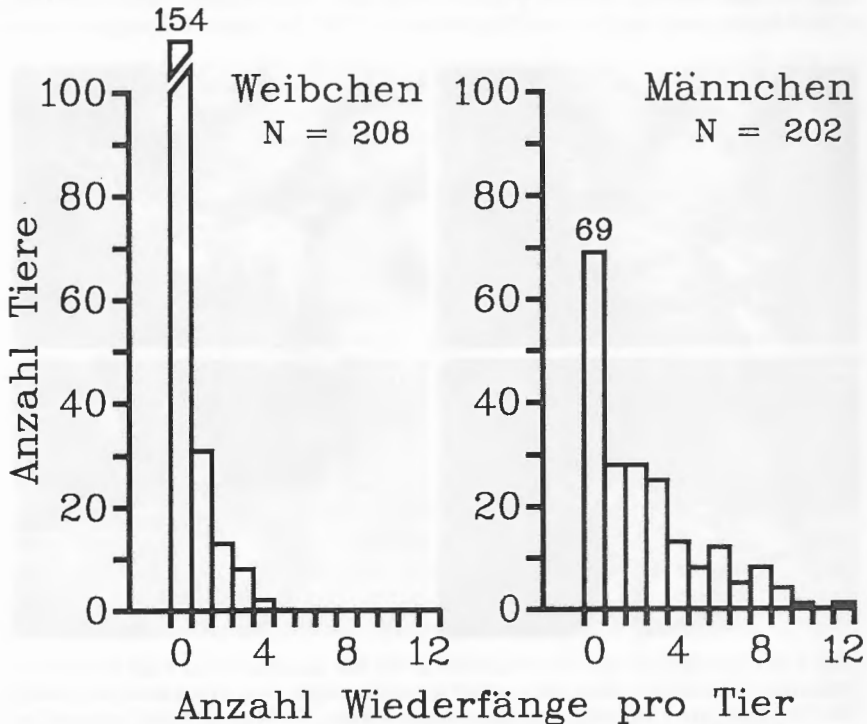


Abb. 3. Absolute Häufigkeit der Wiederfänge von 410 Kreuzkröten, die mit Transpondern ausgerüstet worden sind. Die Anzahl der Suchtage betrug insgesamt 48.

Absolute frequency of recaptures of 410 adult natterjack toads tagged with transponders. The total number of censuses in the field was 48.

ne verletzt werden könnten. Bei Urodelen dürfte es keine Alternative zur Implantation geben, allerdings liegen noch keine Erfahrungen vor.

Äußeres Anbringen scheidet bei Amphibien allein wegen des Fehlens einer Methode zur dauerhaften Befestigung aus. Außerdem werden Arten wie die Kreuz- und Knoblauchkröte beim Graben behindert und Reflexe des Transponders könnten die Aufmerksamkeit von Prädatoren besonders auf die markierten Tiere lenken.

Einsatz im Freiland: 208 weibliche und 202 männliche Kreuzkröten (*Bufo calamita*) einer großen Population in einem Sekundärhabitats bei St. Augustin (SINSCH 1988b, 1989) wurden im Zeitraum vom 28. 5. bis zum 12. 9. 1991

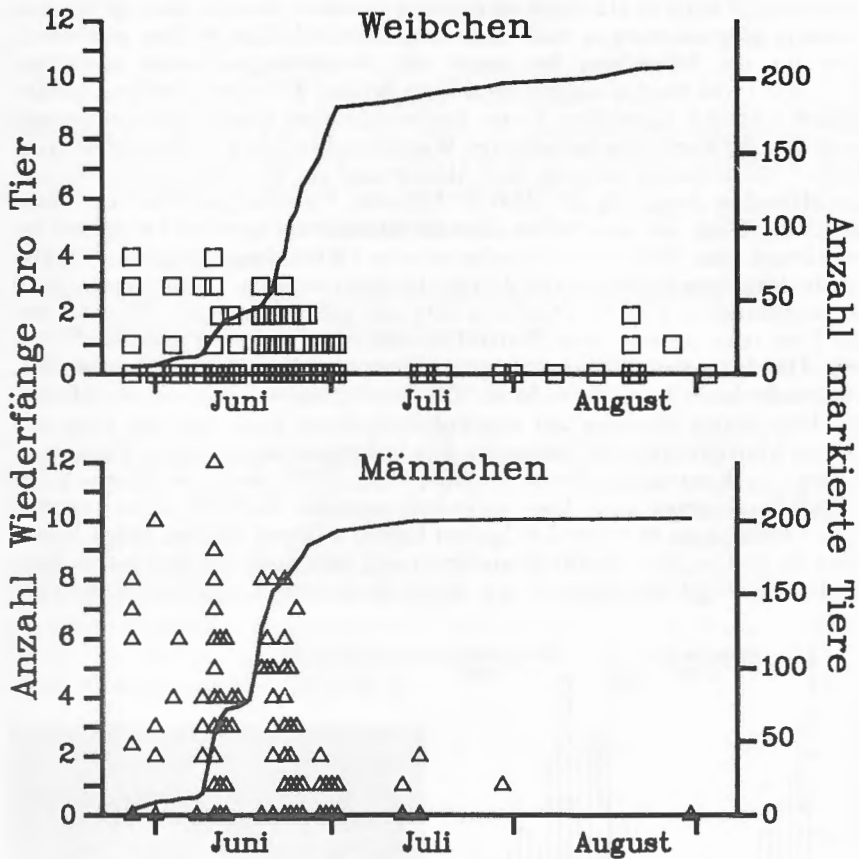


Abb. 4. Zusammenhang zwischen der absoluten Wiederfanghäufigkeit markierter Kreuzkröten und dem Zeitpunkt der Markierung.

Relation between the absolute frequency of recaptures of a tagged toad and the date of tagging.

mit Transpondern ausgerüstet. Bei den Tieren handelte es sich um alle Weibchen, die in der Nähe der Laichplätze gefunden wurden, sowie um die Männchen, die während der frühen Laichzeit (April–Mai) reproduktiv waren. Ziele der laufenden Untersuchung sind Aussagen über das individuelle Wanderverhalten, die Dauer der Fortpflanzungsaktivität und die Dynamik der Population. An insgesamt 48 Tagen und Nächten wurde das Gelände nach Kreuzkröten abgesehen und markierte Tiere registriert.

Erste Ergebnisse und Diskussion: Die Anzahl der Wiederfänge pro markiertem Tier variierte von 0 bis 12 (Abs. 3). Die Unterschiede zwischen Weibchen und Männchen sind offensichtlich: Nur 26% der Weibchen gegenüber 66% der Männchen wurden wiedergefangen, wobei die maximale Anzahl der Wiederfänge mit 4 bei den Weibchen wesentlich niedriger lag als mit 12 bei den Männchen. Da nicht alle Tiere gleichzeitig markiert wurden, war die Chance wiedergefangen zu werden, individuell unterschiedlich (Abb. 4). Dies galt besonders für die Männchen, bei denen die Wiederfanghäufigkeit signifikant ($\alpha < 0,01$) vom Markierungsdatum abhing. Bei den Weibchen war diese Abhängigkeit erheblich schwächer. Unter Berücksichtigung dieses Zusammenhanges stellt sich die Verteilung der relativen Wiederfanghäufigkeit (= Anzahl Wiederfänge * 100%/Anzahl Suchtage nach Markierung) bei Weibchen zweipfellig und bei Männchen dreipfellig dar (Abb. 5). Das erste Verteilungsmaximum entstand durch die Tiere, die unmittelbar nach der Markierung aus dem Fanggebiet abwanderten, also nicht wiedergefangen wurden (Wiederfanghäufigkeit 0%). Das zweite Maximum beruht auf den Tieren, die selten wiedergefangen wurden (Wiederfanghäufigkeit 2–10%). Dies kann entweder auf eine geringere Aktivität dieser Tiere oder auf eine kurze Aufenthaltsdauer im Fanggebiet zurückzuführen sein. Das dritte Verteilungsmaximum trat fast ausschließlich bei Männchen auf, verursacht durch Tiere, die mehr als 10% Wiederfanghäufigkeit zeigten. Hierbei handelte es sich entweder um ungewöhnlich aktive Tiere oder um Tiere mit festem Aktivitätsraum im Fanggebiet. Die bisherigen Befunde zum Wanderverhalten von Kreuzkröten (SINSCH 1988a, 1990, 1992) deuten in Richtung der räumlichen Interpretation. Dies würde bedeuten, daß Weibchen keine längerfristige Ortsbindung zu einem Laichgebiet haben, während dies bei vielen Männchen der Fall ist. Eine abschließende Bewertung steht noch aus, aber bereits diese vorläufigen Ergebnisse lassen ahnen, welche interessante Einblicke in Fragen der

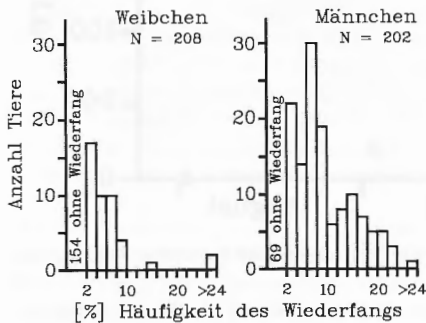


Abb. 5. Relative Wiederfanghäufigkeit (= Anzahl Wiederfänge * 100%/Anzahl Suchtage nach Markierung) markierter Kreuzkröten.

Relative frequency of recaptures of tagged toads (= number of recaptures * 100%/number of censuses following tagging).

Ortsbindung und des individuellen Wanderverhaltens mit individuellen Markierungsmethoden möglich sind.

Binär kodierte Drahtstückchen (Microtags)

Die individuelle Markierung von frisch metamorphosierte Amphibien oder kleinen Jungtieren war bisher nicht möglich. Markierung durch die Amputation von Phalangen-Endgliedern ist wegen der teilweise erheblichen Regenerationsfähigkeit mit einem großen Unsicherheitsfaktor behaftet. BREDEN (1987) benutzte daher genetische Marker, um das Schicksal einer Gruppe von juvenilen Kröten zu verfolgen. Diese Methode erfordert einen enormen apparativen Aufwand und ist nur in gut ausgerüsteten Labors durchführbar. Außerdem können auch hierbei keine Individuen unterschieden werden. Entsprechendes gilt auch für radioaktive Markierung (BUSCHINGER et al. 1970). Bei juvenilen Kreuzkröten erprobten wir daher sequentiell kodierte Microtags, die standardmäßig zur Markierung von Salmoniden-Larven (Anonymus 1989) benutzt werden. Hier die ersten Erfahrungen.

Material: Microtags sind Drahtstückchen (standard CWT 10-99K FFTEN30; Maße: 1,1 mm Länge bei 0,25 mm Durchmesser; Masse: < 1 mg, Preis: ca. 133 DM pro 1000 Stück; Abb. 6A), die durch Einkerbungen eine individuelle Kennzeichnung besitzen. Die Microtags werden mit umgebauten Injektionsspritzen (hand-single-shot-fish-I. D.-taginjector; Preis: ca. 48 DM pro Stück; Abb. 6B) appliziert. Schließlich ist noch ein Metalldetektor (handwand style tag detector S/N35; Preis: ca. 7600 DM pro Stück; Abb. 6B) zur Prüfung

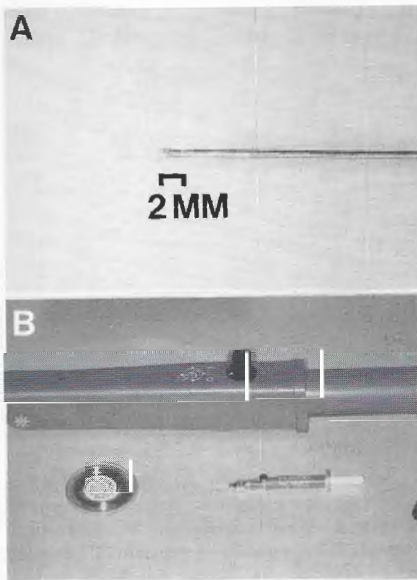


Abb. 6. A) Microtag in der Kanüle einer Injektionsspritze. B) Ausrüstung zur Microtag-Markierung. Im Vordergrund links die Drahtrolle mit sequentiell kodierten Microtags (10000 Einheiten), rechts die Injektionsspritze. Im Hintergrund der Metalldetektor.

A) Microtag inside of the tip of an injector. B) Equipment used for the application of microtags. In the foreground: left side, the coil of sequentially coded wire (10000 units); right side, the single shot injector. In the background: the handwand tag detector.

auf das Vorhandensein eines Microtags notwendig. Hersteller: Northwest Marine Technology, Inc., Shaw Island, Washington 98286, USA. Wenn eine individuelle Identifikation des markierten Tieres beabsichtigt ist, ist außerdem eine Binokularlupe zum Ablesen des Codes zu empfehlen.

Markierungsprozedur: Die Microtags werden in eine Injektionsspritze geladen und vorsichtig subcutan in die dorsale Abdominalregion injiziert (Abb. 7A). Wenn die Spritze ausreichend flach eingeführt wird, wird der Microtag in den Lymphsack plaziert. Die Identifikation markierter Tiere erfolgt mittels Metalldetektor, der über das Tier bewegt wird und auf Störungen im Magnetfeld durch einen Microtag mit einem Piepton reagiert (Abb. 7B).

Diese Markierungsmethode erfordert eine sorgsame Behandlung der Jungkröten, die aufgrund ihrer geringen Größe bei der Metamorphose äußerst empfindlich sind. Es versteht sich von selbst, daß Übung eine große Rolle bei der Platzierung der Microtags spielt. Auch das Abschneiden der Microtags von der Drahtrolle und ihre Aufnahme in die Kanüle erfordern Übung. Zur Identifizierung von Microtags in einem Tier waren häufig bis zu fünf Tests nötig; daher testen wir jedes Tier zehnmals, um sicherzugehen. Da der Detektor auf kleinste Änderungen des Magnetfeldes reagiert, dürfen keine Metallgegenstände (z. B. Ring, Uhr, Metallköpfe) in unmittelbarer Nähe sein. Innerhalb von Räumen kommt es durch elektrische Leitungen leicht zu Fehlmeldungen. Von außen kann nur das Vorhandensein eines Microtags festgestellt werden, nicht der individuelle Code. Da für unsere Zwecke diese Aussage ausreichte, verfügen wir über keine Erfahrungen mit der Entfernung des Microtags aus dem

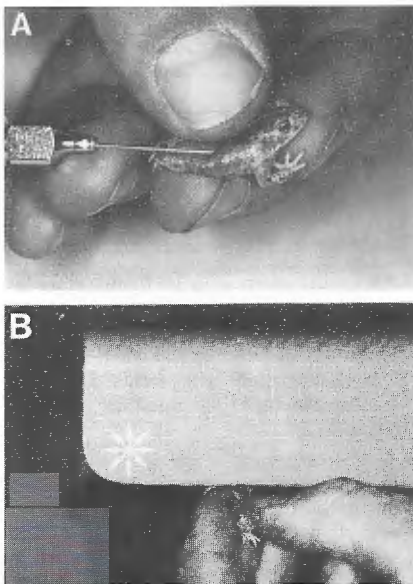


Abb. 7. Markierungsprozedur. A) Injektion eines Microtags in eine 15 mm lange, juvenile Kreuzkröte. B) Identifikation eines Microtags mit dem Metalldetektor.

Procedure of tagging. A) Injection of a microtag into a juvenile natterjack toad of 15 mm snout-vent-length. B) Identification of the presence of a microtag using the tag detector.

Tier zur individuellen Identifizierung. Es ist denkbar, daß Kratzer beim Entfernen die Lesbarkeit des Codes beeinflussen.

Einsatz im Freiland: Ein in einem Maisfeld gelegener Tümpel (maximale Oberfläche: ca. 9×4 m, maximale Tiefe: 50 cm; Laichgebiet III, SINSCH 1988b), der von Kreuzkröten als Laichplatz genutzt wird, wurde am 3. Juni 1991 mit einem 15 cm hohen Plastikzaun umgeben. Zwischen Gewässerrand und Zaun lagen flache Steine und Holzbretter, die den frisch metamorphosierten Kröten Schutz boten. Während der Metamorphosewellen wurden die Jungkröten täglich abgesammelt, gezählt und sofort wieder freigelassen. Die Jungkröten der Hauptlaichperiode wurden im Labor mit Microtags markiert und weitere zwei Tage in Terrarien gehalten, um die Folgen der Markierung beurteilen zu können. Während dieser Zeit erhielten sie stummelflügelige Fruchtfliegen (*Drosophila*) als Futter. Anschließend erhielten alle markierten Tiere in der Nähe des Tümpels die Freiheit. Das Untersuchungsgebiet wurde neunmal nach markierten Jungkröten abgesucht.

Erste Ergebnisse und Diskussion: Es traten entsprechend den drei Laichterminen drei zeitlich versetzte Metamorphosewellen auf (Abb. 8). Die Anzahl der Jungkröten pro Metamorphosewelle stand überraschenderweise in keinem Zusammenhang mit der Anzahl der Laichschnüre. Insgesamt verließen 2584 Jungkröten, die aus 12 Laichschnüren stammten, das Gewässer. Bei einer mittleren Anzahl von 3000 Eiern pro Schnur (KADEL 1975) entspräche dies einer Überlebensrate von rund 7%. Die Körperlängen der Jungkröten bewegten sich zwischen 8 und 11 mm.

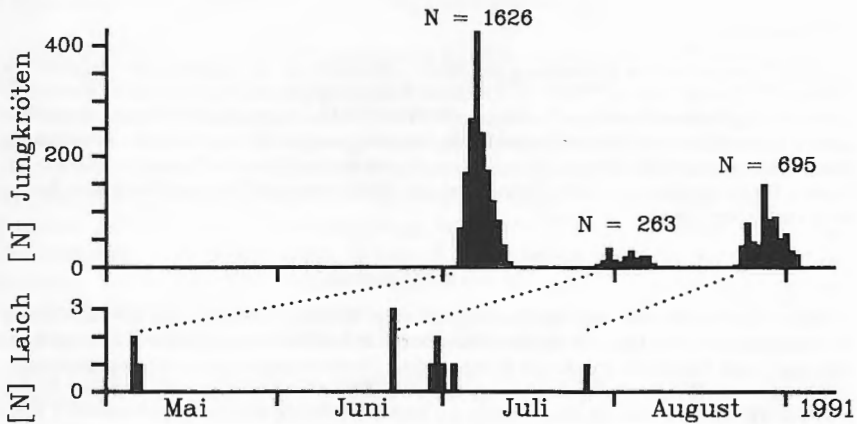


Abb. 8. Laichtermine, Dauer der Larvalentwicklung und Anzahl der frisch metamorphosierten Kreuzkröten aus einem Feldtümpel. Die Juvenilen, die sich aus den Laichschnüren der Hauptlaichzeit im Juni entwickelten, wurden quantitativ mit Microtags markiert.

Dates of spawn deposition, period of larval development, and number of metamorphosed toadlets (*Bufo calamita*) of a single pond. The toadlets which developed from the June spawn were quantitatively marked with microtags.

Von den 263 markierten Jungkröten der Hauptlaichperiode starben 12 (= 4,6%) innerhalb der ersten zwei Tage nach Markierung. Dies bedeutet jedoch nicht notwendigerweise, daß diese Tiere an den Folgen der Markierung starben, denn es handelte sich immer um die kleinsten und schwächsten Tiere jedes Tages. Da keine Kontrollen (unbehandelt gehälterte Jungkröten) wegen der vollständigen Markierung einer Generation zur Verfügung standen, ist gegenwärtig nicht zu beurteilen, wie groß die natürliche Mortalität bei frisch metamorphosierten Kreuzkröten ist. Vorläufige Ergebnisse von Kontrollversuchen, die 1992 durchgeführt wurden, zeigen keine erhöhte Mortalität für behandelte Jungkröten.

Im Laufe der neun Suchtage fingen wir insgesamt 946 Jungkröten, von denen 51 (= 5,4%) markiert waren. Die Wiederfänge beschränkten sich auf einen Umkreis mit circa 200 m Radius um den Tümpel der Metamorphose. Jedoch zeigten Funde von unmarkierten Jungkröten in Gebieten, wo die Laichgewässer vor Einsetzen der Metamorphose austrockneten, daß der Wanderradius wenigstens 500 m, wahrscheinlich sogar wesentlich mehr beträgt. Die geringe Anzahl der markierten Tiere und die Schwierigkeit, Jungkröten im Gelände zu finden, waren wichtige Faktoren; die die Wiederfangrate niedrig hielten. Daher ist für die nächste Reproduktionsperiode geplant, sämtliche Jungkröten einer Laichzeit mit Microtags auszurüsten. Zusammenfassend bleibt festzustellen, daß Microtags einen guten Ansatz für die Markierung von sehr kleinen Amphibien bieten. Jedoch ist die Markierung schwierig durchzuführen und dürfte daher im Gegensatz zu den Transpondern kaum weitverbreitete Anwendung finden. Im Laufe der nächsten Jahre werden wir diese Markierungsmethode weiter testen und unsere Erfahrungen in einem Abschlußbericht weitergeben.

Danksagung

Erste Hinweise auf die Anwendung der beiden Methoden in der Ichthyologie verdanke ich THOMAS P. QUINN, Seattle, USA. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft stellte die notwendigen Sach- und Personalmittel zur Verfügung (Si 391/1-3). Das Umweltamt St. Augustin und die Untere Landschafts- und Naturschutzbehörde, Siegburg, sorgten für logistische Unterstützung. Meinen Mitarbeitern WOLFGANG JAGLA, AXEL SCHMOLL und STEFAN WENZEL danke ich besonders für ihren unermüdlichen Einsatz bei der Markierung und der anschließenden Suche nach markierten Tieren.

Zusammenfassung

Diese Arbeit stellt zwei neue Markierungstechniken für Amphibien vor, die die individuelle Wiedererkennung von Einzeltieren erlauben, dauerhaft und für die markierten Tiere unschädlich sind. Beide Methoden wurden im Rahmen einer Freilanduntersuchung zur Populationsdynamik und zum Wanderverhalten von Kreuzkröten (*Bufo calamita*) eingesetzt und ihre Eigenschaften erprobt. Die erste Methode basiert auf einem Microchip-Markierungssystem (P.I.T. = passive integrierte Transponder) und ist bei Kröten ab 30 mm Körperlänge anwendbar. Die 10 mm langen Transponder besitzen keine eigene Energiequelle und haben daher eine theoretisch unbegrenzte Lebensdauer. Sie werden vom Scanner eines transportablen Lesegerätes zur Abstrahlung eines zehnstelligen, alphanumerischen Codes angeregt. Die lateralen Lymphsäcke erwiesen sich als besonders geeignete Orte zur Aufnahme der Transponder, da keine Betäubung zum Markieren nötig ist und die Transponder leicht von außen lokalisiert werden können. Die 410 benutzten Transponder arbeiteten fehlerlos und führten bisher weder zu Infektionen noch

zu Todesfällen bei den markierten Tieren. Die zweite Methode basiert auf der Injektion von 1 mm langen, sequentiell binär kodierten Drahtstückchen (Microtags) und ist speziell bei sehr kleinen Kröten wie frisch metamorphosierten Tieren nützlich. Das Vorhandensein eines Microtags kann von außen mittels Metalldetektor festgestellt werden, während zum Lesen des Codes die Entnahme aus dem Lymphsack notwendig ist. Innerhalb von zwei Tagen nach der Markierung starben 12 der 263 markierten Tiere, was vermutlich weniger auf die Markierung als vielmehr auf die Schwäche der Tiere nach der Metamorphose zurückzuführen war. Dennoch sind weitere Untersuchungen zur Evaluierung dieser Methode notwendig, denn sie erwies sich als technisch schwierig anzuwenden. Uneingeschränkt zu empfehlen ist die Markierung mittels Transponder, die, soweit möglich, hoffentlich bald die gängige Markierung durch Amputation von Phalangen ersetzt.

Schriften

- ANONYMUS (1989): Newsletter on binary coded wire tags. — Northwest Marine Technology, Inc., Shaw Island, Washington 98286, USA: 1–7.
- BREDEN, F. (1987): The effect of post-metamorphic dispersal on the population genetic structure of Fowler's toad, *Bufo woodhousei fowleri*. — *Copeia*, Washington, 1987: 386–395.
- BUSCHINGER, A., U. F. GRUBER, U. MITZE & B. VERBEEK (1970): Vorläufige Untersuchungen über Aktivität und Wanderverhalten junger Erdkröten (*Bufo bufo*). — *Salamandra*, Frankfurt, 6: 115–119.
- CAMPER, J. D. & J. R. DIXON (1988): Evaluation of a microchip marking system for amphibians and reptiles. — Texas Parks & Wildlife Department Res. Publ. 7100-159: 1–22.
- CLARKE, R. D. (1972): The effect of toe-clipping on survival in Fowler's toad (*Bufo woodhousei fowleri*). — *Copeia*, Washington, 1972: 182–185.
- DAUGHERTY, C. H. (1976): Freeze-branding as a technique for marking anurans. — *Copeia*, Washington, 1976: 836–838.
- DELY, O. G. (1954): Markierungsversuche an Fröschen. — *Ann. hist.-nat. Mus. nat. Hung.*, N. S., 5: 457–464.
- FELDMANN, R. (1987): Überwinterung, Ortstreue und Lebensalter des Feuersalamanders, *Salamandra salamandra terrestris*. Schlußbericht einer Langzeituntersuchung. — *Jb. Feldherpetologie*, Köln, 1: 33–44.
- FERNER, J. W. (1979): A review of marking techniques for amphibians and reptiles. — *Herpetol. Circular*, Ohio, 9: 1–41.
- GEIGER, A., R. KLEWEN & M. NIEKISCH (1982): Beitrag zur Tiefentemperatur-Markierung von Amphibien im Freiland. — *Salamandra*, Frankfurt, 18: 41–48.
- GLANDT, D. (1980): Naßkopierverfahren: eine preiswerte Schnellmethode zur Registrierung des zentralen Fleckenmusters bei *Triturus cristatus*. — *Salamandra*, Frankfurt, 16: 181–183.
- HAGSTRÖM, T. (1973): Identification of newt specimens (Urodela, *Triturus*) by recording the belly pattern and a description of photographic equipment for such registrations. — *Brit. J. Herpetol.*, London, 4: 321–326.
- HEUSSER, H. (1958): Markierungen an Amphibien. — *Vjschr. naturforsch. Ges. Zürich* 103: 304–320.
- HONEGGER, R. E. (1979): Marking amphibians and reptiles in Europe. — *Int. Zoo Yb.*, London, 19: 14–22.
- JUNGFER, W. (1943): Beiträge zur Biologie der Erdkröte (*Bufo bufo* L.) mit besonderer Berücksichtigung der Wanderung zu den Laichgewässern. — *Z. Ökol. Morphol. Tiere* 40: 117–157.
- KADEL, K. (1975): Freilandstudien zur Überlebensrate von Kreuzkrötenlarven (*Bufo calamita* LAUR.). — *Rev. suisse Zool.*, Genève, 82: 237–244.

- KAPFBERGER, D. (1982): Untersuchungen zur Ökologie der Gelbbauchunke, *Bombina v. variegata* L. (Amphibia, Anura). — Unveröff. Diplomarbeit, Zool. Inst., Universität Erlangen.
- KLEWEN, R. (1982): Beitrag zur Tiefentemperatur-Markierung von Amphibien im Freiland. Erster Nachtrag. — *Salamandra*, Frankfurt, 18: 342–347.
- NIEKISCH, M. (1990): Untersuchungen zur Besiedlungsstrategie der Gelbbauchunke *Bombina v. variegata* LINNAEUS, 1758 (Anura, Amphibia). — Unveröff. Dissertation, Inst. f. Angewandte Zoologie, Universität Bonn, 232 S.
- NULAND, G. J. & P. F. H. CLAUS (1981): The development of a radio tracking system for anuran species. — *Amphibia-Reptilia*, Leiden, 2: 107–116.
- PAEPKE, H.-J. (1983): Zehenamputation — nicht unproblematisch. — *Feldherpetologie* 1983: 25.
- PINTAR, M. (1982): Versuche zur individuellen Markierung an Anuren mittels Tätowierung. — *Salamandra*, Frankfurt, 18: 348–351.
- PRENTICE, E. F., C. W. SIMS & C. L. PARK (1985): A study to determine the biological feasibility of a new fish tagging system. — Unpubl. Annual Report of Research, 36 S.
- SINSCH, U. (1988a): Temporal spacing of breeding activity in the natterjack toad, *Bufo calamita*. — *Oecologia*, Berlin, 76: 399–407.
- (1988b): Auskiesungen als Sekundärhabitate für bedrohte Amphibien und Reptilien. — *Salamandra*, Frankfurt, 24: 161–174.
- (1989): Die Kreuzkröte *Bufo calamita*: Dynamik und Mikrohabitate einer Kiesgrubenpopulation. — *Verh. Ges. f. kol. (Essen 1988) XVIII*: 101–109.
- (1990): Verhaltens- und ökophysiologische Untersuchungen an einer Kreuzkrötenpopulation: Wanderungen, Orientierung, Reproduktion, Dynamik, Thermoregulation und Wasserhaushalt. Unveröff. Habilitationsschrift, Math.-Nat. Fakultät, Univ. Bonn, 130 S.
- (1992): Sex-biased site fidelity and orientation behaviour in reproductive natterjack toads (*Bufo calamita*). — *Ethology, Ecology & Evolution* 4: 15–32.
- WISNIEWSKI, P. J., L. M. PAULL, D. G. MERRY & F. M. SLATER (1980): Studies on the breeding migration and intramigratory movements of the common toad (*Bufo bufo*) using Panjet dye-marking techniques. — *Brit. J. Herpetol.*, London, 6: 71–74.

Eingangsdatum: 30. September 1991

Verfasser: Prof. Dr. ULRICH SINSCH, Institut für Biologie, Universität Koblenz-Landau, D(W)-5400 Koblenz