

Neue Methoden zur Förderung der Kreuzkröte (*Bufo calamita*) und deren Anwendung in der Schweiz

MARIO LIPPUNER

Büro für angewandte Ökologie, Regionalvertretung KARCH Kanton Zürich,
Aegertenstr. 6, CH-8003 Zürich, Schweiz, office@mario-lippuner.ch

New methods to promote the natterjack toad (*Bufo calamita*) and their application in Switzerland

In the last decades gravel pits were the most important secondary habitat for the natterjack toad, but the suitability is decreasing because gravel exploitation is nowadays much more intense. Hence, populations of the natterjack toad (*Bufo calamita*) are decreasing worryingly. New methods for promoting the natterjack toad also beyond gravel pits have to be found. A habitat analysis showed the importance of the parameters: pond drying, bare ground, and exposure to sunlight. Temporary ponds can be built with a bottom outlet. If diggable substrate (i. e. bare ground) is missing, sand heaps can be assembled. Ponds and sand heaps should be sun exposed. With a consequent application of these or similar measures, strong source populations and a highly connected network of populations were established in the Swiss canton of Zurich. In future, areas have to be involved in rural landscapes. In urban regions, industrial wasteland, material handling areas, and extensive used car parks with gravel ground should be involved in conservation programs for the natterjack toad.

Key words: Amphibia, *Bufo calamita*, natterjack toad, conservation, promotion, pond drying, hydroperiod ponds, sand heaps, habitat management.

Zusammenfassung

In den letzten Jahrzehnten waren Materialabbaugebiete die wichtigsten Sekundärhabitats für die Kreuzkröte (*Bufo calamita*). Aufgrund veränderter Bewirtschaftung dieser Habitats seit einigen Jahren, zeigen die Kreuzkrötenbestände eine stark abnehmende Tendenz. Neue Fördermöglichkeiten, die auch außerhalb von Gruben realisiert werden können, müssen gefunden werden. Eine als Grundlage dazu dienende Lebensraumanalyse zeigt die große Bedeutung der Faktoren Gewässeraustrocknung, Rohböden und Besonnung. Um eine Austrocknung zu erhalten, kann beim Bau von Gewässern ein Grundablass vorgesehen werden. Falls keine Rohböden vorhanden sind, werden im Idealfall Sandhalden ergänzt. Gewässer und Sandhalden müssen stark besonnt sein. Mit einer konsequenten Anwendung dieser und ähnlicher Maßnahmen an neuralgischen Stellen konnten im Kanton Zürich starke Quellpopulationen aufgebaut und eine ökologische Vernetzung ermöglicht werden. Im ländlichen Raum sind in Zukunft vermehrt Äcker, im urbanen Raum Industriebrachen, Materialschlagplätze und extensiv genutzte Parkplätze auf Kiesgrund in die Förderung mit einzubeziehen.

Schlüsselbegriffe: Amphibia, *Bufo calamita*, Kreuzkröte, Schutz, Förderung, austrocknende Gewässer, ablassbare Gewässer, Sandhalden, Lebensraumaufwertung.

Einleitung

Die Rote Liste der gefährdeten Amphibien der Schweiz verzeichnet für die Kreuzkröte einen Rückgang von 60 % (SCHMIDT & ZUMBACH 2005). Das ist der stärkste Rückgang aller Arten. Zudem werden eine Tendenz zu kleineren Rufchören und eine Sporadisierung in der Verbreitung beschrieben. Ein ebenso dramatischer Rückgang ist im Kanton Zürich zu verzeichnen. Während der Feldaufnahmen für das erste Kantonale Amphibieninventar zwischen 1967 und 1969 konnten noch 133 Laichgebiete mit Kreuzkröten festgestellt werden (ESCHER 1972), während der Aufnahmen für das zweite Inventar zwischen 1977 und 1981 waren es noch 100 Laichgebiete (MEISTERHANS & MEIER 1984). Eine spezifische Kartierung der Kreuzkröte im Jahr 2002 ergab schließlich nur noch 31 Laichgebiete mit vergleichsweise kleinen Bestandsgrößen (MEIER et al. 2002, MEIER 2004). Große Populationen mit hunderten an Adulten fehlten weitgehend. Zudem lagen die einzelnen Vorkommen oftmals isoliert.

Die Kreuzkröte war ursprünglich eine typische Art des Umlagerungsbereiches der Aue mit seinen Sand- und Kiesbänken sowie Tümpeln (GROSSENBACHER 1988). Mit dem Aufkommen des Ackerbaus wurden auch andere Teile der Landschaft nutzbar (SINSCH 1998). Mit den Meliorationen verlor der Lebensraum Acker wieder an Bedeutung, die ursprüngliche Aue war schon früher beseitigt worden (LIPPUNER & HEUSSER 2001). Mit dem Bauboom ab den 1950er Jahren entstanden viele Materialabbaugebiete, die der Kreuzkröte wiederum gute Lebensräume boten. Seit den 1990er Jahren werden neue Gruben derart intensiv genutzt, dass sie von der Kreuzkröte kaum mehr nutzbar sind. Erstmals war kein Ersatzlebensraum mehr vorhanden – die Kreuzkröte verschwand innerhalb weniger Jahre aus verschiedenen Kantonsteilen (MEIER et al. 2002). Neue Methoden und Strategien für eine griffige Förderung mussten gefunden werden.

Als Grundlage für diese Förderung wurde die von LIPPUNER (2013b) präsentierte Lebensraumanalyse durchgeführt. Daraus konnten neue Fördermaßnahmen abgeleitet werden. Die Maßnahmen werden im Norden des Kantons Zürich von der Fachstelle Naturschutz (ALN Amt für Landschaft und Natur) im Rahmen des Aktionsplans Kreuzkröte seit 2004 konsequent und mit großem Erfolg angewendet. Vorliegend werden die Maßnahmen, Förderstrategie und Erfolgskontrolle präsentiert.

Grundlagen der Fördermaßnahmen

Aus der Lebensraumanalyse (LIPPUNER 2013b) abgeleitete Methoden:

- Die verbleibenden Kreuzkrötenlebensräume werden aufgewertet, sodass Quellpopulationen (PULLIAM 1988) entstehen können.
- Potenzielle Lebensräume in der näheren Umgebung der Quellpopulationen werden als Gesamtjahreslebensraum gestaltet, sodass sich Metapopulationen (HANSKI 1991, HANSKI & GYLLENBERG 1993) aufbauen können.
- In Regionen, wo die Kreuzkröte ausgestorben ist, werden Gebiete mit hohem Potenzial als Gesamtjahreslebensraum gestaltet. Hier können Ansiedlungen nötig sein. Dabei ist eine Methode zu wählen, die zu keiner Schwächung bestehender Populationen führt. Manchmal entstehen auch nutzungsbedingt geeignete Lebens-

räume, die nicht kolonisierbar sind und für eine Ansiedlung in Frage kommen. Die neuen Populationen werden mittelfristig mit andern Populationen vernetzt.

Die Wahl für die neuzugestaltenden Lebensräume entfällt meist auf Kiesflächen, die sich langfristig mit vertretbarem Aufwand in offenem vegetationsarmem Zustand halten lassen oder aufgrund einer bestimmten Nutzung offen bleiben.

Gewählte Methoden

Ablässbare Tümpel

Die Lebensraumanalyse (LIPPUNER 2013b) zeigt die Wichtigkeit der Austrocknung von Gewässern. Die konkurrenzstarken Arten Grasfrosch und Erdkröte sind in hydroperiodischen Lebensräumen wenig erfolgreich, zudem ist die Abundanz von aquatischen Prädatoren in solchen dynamischen Lebensräumen in der Regel deutlich geringer (BARANDUN 1995, SKELLY 1996, WELLBORN et al. 1996, SNODGRASS et al. 2000, VAN BUSKIRK 2003). Die Larve der Kreuzkröte ist die konkurrenzschwächste unter den Larven aller in Mitteleuropa vorkommenden Anurenarten (SINSCH 1998). Zudem sind die Larven der Kreuzkröte physiologisch und ethologisch schlecht vor Prädatoren geschützt, und Kreuzkrötenlaich wird oft von Larven frühlaichender Arten gefressen (HEUSSER 1970, 1971, 2000, BEEBEE 1977, 1979, HEUSSER et al. 2002). Demnach ist die Kreuzkröte auf die Austrocknungsereignisse angewiesen. Die Austrocknung benachteiligt also Prädatoren und Konkurrenten der Kreuzkröte – die Kreuzkröte kommt mit Austrocknungsereignissen insgesamt gut zurecht und wird begünstigt.



Abb. 1: Ablässbarer Tümpel mit unsichtbarem Entwässerungssystem. Das Wasser versickert im Herbst und Winter langsam in einer Sickergrube (Entstehungsprozess s. Tafel 1).
Drainable pool with hidden drain system. In autumn and winter, the water seeps slowly in an underground cavity (origination process s. plate 1).



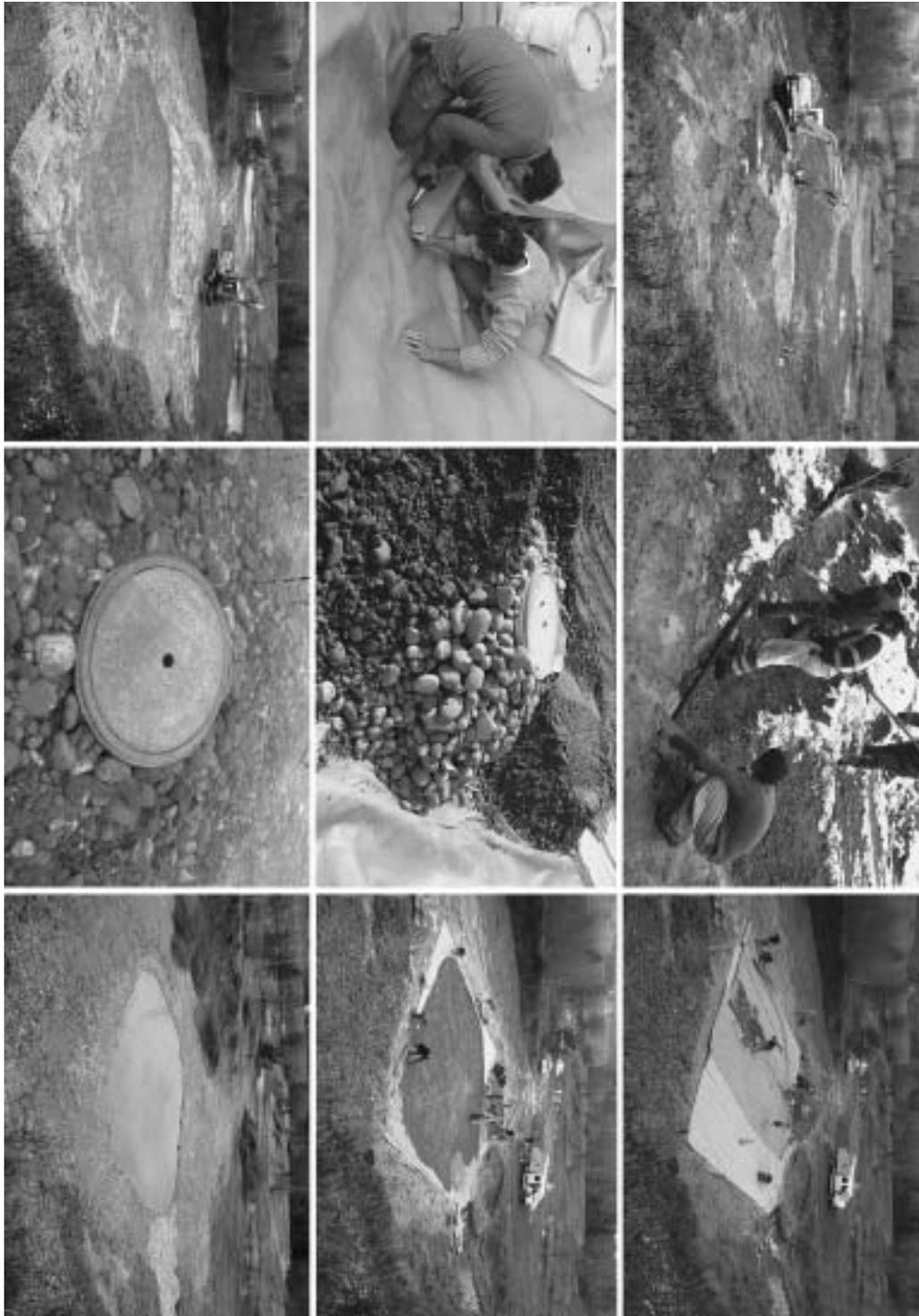
Abb. 2: Ablassbarer Tümpel mit sichtbarem Entwässerungsschacht. Auch hier wird das Wasser in eine Sickergrube geleitet.

Drainable pool with visible drain system.

Eine einfache Methode, um eine Austrocknung von Gewässern zu ermöglichen, ist der Einbau eines Grundablasses (Abb. 1, 2, Tafel 1). Die Tümpel werden i. d. R. mit einer Folie abgedichtet. Am tiefsten Punkt wird ein Ablauf angeschweißt. Ein Entwässerungsrohr führt ans Terrain oder in eine unterirdische Sickergrube. Um den Ablauf wird ein gelochter Schacht gesetzt, der mit Vlies (80–200 g/m²) und Geröll ummantelt wird. Die Folie wird beidseitig mit einem starken Vlies (800 g/m²) geschützt, auf der Oberseite wird mit Wandkies abgedeckt. Je nach Beschaffenheit oder Stärke des auf dem Vlies ausgebrachten Wandkieses kommt Vegetation sehr unterschiedlich auf. Möchte man einen möglichst vegetations- und unterhaltsarmen Tümpel, dann empfiehlt es sich, eine nur circa 5–8 cm starke Wandkiesschicht einzubauen. Andernfalls muss die Vegetation regelmäßig entfernt werden. Die Tafel 1 zeigt eine Abfolge der wichtigsten Arbeitsschritte für einen ablassbaren Tümpel nach dem geschilderten Prinzip. Als Gewässerfläche werden i. d. R. 120–250 m² gewählt, als maximale Tiefe 20–50 cm, die Ufer fallen flach ab. Die unmittelbare Umgebung (mindestens 2-fache Gewässerfläche) wird zum Gewässer hin exponiert, sodass es sich bei Regen rasch mit Wasser füllt.

Tafel 1 (rechts): Abfolge der wichtigsten Arbeitsschritte für einen ablassbaren Tümpel: Aushub wird erstellt; Ablaufleitung wird eingebaut; Folie liegt im Sandwich mit zwei starken Vliesen (800 g/m²); Folie wird mit Lötteller der Ablaufgarnitur verschweißt; der gelochte Betonschacht wird mit dünnem Vlies und 30/60-mm-Geröll ummantelt; das obere Vlies wird mit Wandkies überdeckt; fertiges Gewässer mit umfangreichem Wassereinzugsgebiet; der Schacht ist an der tiefsten Stelle des Gewässers platziert und ragt nicht über Gewässergrund; Gewässer nach einem ergiebigen Regenfall.

Right: Sequence of the most important working steps for a temporary pond with a bottom outlet: excavation works; installation of drain pipe; synthetic lining is protected with two strong synthetic felts (800 g/m²); synthetic lining is soldered to drainpipe; a hoper with holes is surrounded by a thin synthetic felt and pebble (30/60 mm). The upper strong felt is covered by gravel; the completed pool with its watershed area; the hoper is placed at the deepest point of the pool; filled pool after a heavy rainfall.



Neben den ablassbaren Gewässern werden im Rahmen des Aktionsplanes Kreuzkröte auch Tümpel auf anstehendem dichten Untergrund und Grundwassertümpel geschaffen. Die Tümpel auf anstehendem Grund werden alle paar Jahre in der Regel mit einem Bagger gestört, da Vegetation rasch aufkommt und das Wasser dann oftmals nur noch kurzzeitig vorhanden ist. Der Typ Grundwassertümpel wird je nach Situation, aber normalerweise im Winter bei Grundwassertiefststand errichtet. Dabei wird nur knapp bis über den Grundwasserspiegel gebaggert, sodass mindestens jährlich eine Austrocknung im Winterhalbjahr gewährleistet ist.

Sandhalden

Der zweite wichtige aus der Lebensraumanalyse (LIPPUNER 2013b) hervorgehende Faktor ist die Präsenz von Rohböden. Die physiologischen Voraussetzungen der Kreuzkröte erfordern spezielle Lebensräume mit feuchten und zugleich warmen Rückzugsmöglichkeiten (z. B. OROMÍ et al. 2010, SINSCH 1998, SINSCH & LESKOVAR 2011). Solche Möglichkeiten findet die Kreuzkröte am einfachsten in besonntem Substrat wie Sand, lockerem und sandigem Naturkies und leichten Kulturböden (z. B. Fluvisole). Hier kann sie sich zu den günstigen Stellen graben. Für eine terrestrisch lebende Anurenart zeigt die Kreuzkröte eine ausgesprochen geringe Toleranz gegenüber Wasserverlusten (z. B. OROMÍ et al. 2010, SINSCH & LESKOVAR 2011). Auf der anderen Seite werden lange Wasseraufenthalte schlecht ertragen und können schließlich letal enden. Dabei werden auf osmotischem Weg zu viele Ionen ausgespült (SINSCH et al. 1992).

Falls in den aufzuwertenden oder neuzugestaltenden Lebensräumen kein grabbares Substrat vorhanden ist, wird Sand ergänzt. Der Sand wird in Form von Sandhalden, ähnlich wie in GOLAY (1996) und SINSCH (1998), ausgebracht (Abb. 3). Dabei wird beachtet, dass Stellen vorhanden sind, die mindestens 1,5 m tief sind. GOLAY (1994)



Abb. 3: Sandhalden in direkter Nachbarschaft zu einem neuen ablassbaren Tümpel.
Sand heaps close to a drainable pool.

stellte im Winter maximale Grabtiefen von 1,2–1,9 m fest, SINSCH (1989) 1,0 m. In der Regel wird ein circa 1 m tiefer Aushub erstellt, mit Sand aufgefüllt und 0,5–1,0 m überhöht. Dabei muss beachtet werden, dass sich nicht die gesamte Grube mit Wasser füllen kann, Staunässe im untersten Bereich (unterste 20–30 cm) ist aber erwünscht, damit der Sand feucht und grabbar bleibt. In der Regel werden Halden mit ca. 40–80 m³ Sand gebaut. Vorzugsweise werden verschiedene Zonen mit Natursand (nicht Brechsand) bestehend aus 0–1 mm und 0–3 mm Korngröße geschaffen. Bei Korngrößen über 3 mm wird das Grabverhalten offenbar bereits behindert (SINSCH 1998).

Fehlen gute Rückzugsmöglichkeiten, beziehen die Tiere andere Rückzugsgebiete (wie zum Beispiel zwischengelagerte Kies- und Steinhäufen oder Recyclingmaterial), die oftmals innerhalb kurzer Zeit abtransportiert werden. Kreuzkrötenbestände können so leicht ausgelöscht werden.

Verschiedene Methoden

Verschiedene Modellierungsstudien zeigen, dass sich eine Veränderung in der Überlebenswahrscheinlichkeit der Jungtiere stärker auf die Populationsdynamik auswirkt, als eine gleich große Veränderung in der Überlebenswahrscheinlichkeit der Larven oder Adulten (VONESH & DE LA CRUZ 2002, PATRICK et al. 2008, DI MININ & GRIFFITHS 2011, SCHMIDT 2011). Daher werden am Gewässerrand Verstecke in Form von Steinen oder Holz für aussteigende Jungtiere ergänzt (Abb. 4). Als Verstecke für Larven bewährt sich eine stellenweise Auflage mit Geröll 30/60 mm (Abb. 4).



Abb. 4: Stellenweise wurde auf der Gewässersole Geröll (30/60 mm) als Versteckstruktur für die Larven ausgebracht. Am Ufer wurden Steinstrukturen als Versteck für aussteigende Jungkröten eingebaut. Eine Sandhalde findet sich direkt anschließend.

Around the hoper and in places on pool's ground, pebble was added as hiding structures for larvae. Along the shore areas some hiding structures for juveniles were constructed. Furthermore, a sand area was added.

Die Flächen, die Gewässer und Verstecke umgeben, müssen vegetationsarm bleiben, um vollsonnige Verhältnisse zu garantieren (vgl. LIPPUNER 2013b). Die gewählten Standorte bleiben oftmals nutzungsbedingt offen, andernfalls müssen Unterhaltsarbeiten konsequent umgesetzt werden. Falls nötig, werden auf den vegetationsarmen Flächen jährlich Weichhölzer gezupft, oder man fährt nach Möglichkeit alle paar Jahre mit einem Bagger auf, um die Vegetation abzuziehen. An mageren Standorten bewährt sich auch ein jährliches Mähen der Vegetation mit Abtransport. Die offenen, vegetationsarmen Flächen an Land variieren bei den Kreuzkrötenlebensräumen im Projektgebiet je nach Standort zwischen 800 m² und 50000 m².

Aufzucht mit Kunstteichen und Ansiedlung

Ob gezielt oder nutzungsbedingt, es entstehen immer wieder geeignete Kreuzkrötenlebensräume. Oftmals sind sie aufgrund der heutigen Verbreitung oder Landschaftselementen (z. B. begradigte Flüsse) räumlich kaum mehr erreichbar. Eine Ausbreitung durch Transport von Sand und Kies auf Baustellen, Materialumschlagplätze und Gruben wird aufgrund der Seltenheit der Kreuzkröte und neuer Abbaumethoden zunehmend unwahrscheinlicher. Aus diesen Gründen werden neu entstandene oder aufgewertete Gebiete, die der Kreuzkröte nachhaltig gute Lebensraum- und Expansionsbedingungen bieten könnten, unmittelbar aber keine Kolonisierung erwartet wird, mit Larven aus einer Zucht bestückt. Dazu musste eine Aufzuchtmethode gefunden werden, die folgende Anforderungen erfüllt:

- Keine Schwächung der Entnahmepopulation,
- Aufzucht unter möglichst naturnahen Bedingungen,
- nur geringer Ausfall an Larven,
- möglichst geringer Betreuungsaufwand,
- Minimierung des Risikos für Chytridiomykose.

Die aus der Grundlagenforschung stammende Aufzuchtmethode mittels »artificial ponds« nach SEMLITSCH (1993) erfüllt diese Anforderungen. Es werden quaderförmige Kunststofftanks mit 1000 l Inhalt verwendet (Abb. 5). Diese werden im Frühjahr mit Leitungswasser gefüllt. Anschließend werden ca. 800 g trockenes, geschnittenes Schilf beigegeben, und das Wasser wird mit etwa 2 l gesiebtetem Tümpelwasser geimpft. Organismen beleben das Wasser, und es entstehen ökologisch funktionierende Kleingewässer mit ausreichendem Nahrungsangebot. Die Becken werden mit einem feinen Schutzgitter abgedeckt, damit keine Tiere reinfallen und keine Prädatoren einfliegen können. Eingesetzt werden die zuvor in sogenannten Schlupfbeckchen gehaltenen Tiere wenige Tage nach dem Schlupf (Stadium 25, nach GOSNER 1960). Kurz vor der Metamorphose werden die Larven abgefischt und anschließend ausgesetzt. Etwa 70 % werden im aufgewerteten oder neugeschaffenen Lebensraum ausgesetzt, ca. 30 % der aufgezogenen Larven gehen zurück in die Entnahmestellen. Die 30 % dürften die Anzahl an Tieren, die unter Freilandbedingungen am Entnahmeort die Metamorphose erreicht hätten, fast ausnahmslos übertreffen (Metamorphoseerfolg nach SINSCH 1998 zwischen 1–5 %). Demnach wird der Bestand nicht geschwächt, sondern in der Regel gestärkt. Da sich Amphibien oftmals vergleichsweise kleinräumig in verschiedene genetische Gruppen einteilen lassen und möglichst der lokale Typ gefördert werden soll, wird, je nach Lage des neuen Gebietes, der größte Teil des Laichs aus dem nächst-



Abb. 5: Die verwendeten Kunstteiche beim Werkhof der Fachstelle Naturschutz in Pfäffikon. Ein Gitterdeckel verhindert das Einfliegen von Prädatoren. Der Hahn im untersten Teil der Becken ermöglicht, die Kunstteiche innerhalb weniger Minuten auf einfache Weise zu entleeren.
The used artificial ponds. Lids prevent colonization by predators. With the taps at the bottom of the basins water can be drained easily in a few minutes.

gelegenen stabilen Vorkommen des gleichen Flusseinzugsgebietes entnommen. Um eine größere genetische Variabilität zu erreichen, wird zudem wenig Laich in 2–3 weiteren Gebieten des gleichen Flusseinzugsgebietes gesammelt. Inzucht sowie schädliche genetische Drift sollen somit in der Gründerpopulation möglichst vermieden werden.

Die Erfahrung zeigt, dass die Dichte an Larven nicht über 200 Larven/Kunstteich oder 0,2 Larven/Liter Wasser betragen sollte. Zunehmende Larvendichte erhöht intraspezifische Wachstumshemmung (Crowding-Effekt) (BEEBEE 1978, GOLAY 1996), Entwicklungsdauer und Mortalität während der Larval- und Juvenilstadien (WENZEL & SINSCH 1993, in SINSCH 1998). An einem Standort, der neu mit Kreuzkröten bestückt wird, werden über 2 Jahre je ca. 1600 Larven ausgesetzt. Pro Jahr erfolgen zwei Aufzuchten. Demnach werden vier Becken benötigt, um in zwei Jahren eine Kreuzkrötenkolonie zu gründen. Knapp zwei Jahre nach erstmaligem Bestücken mit Larven laichen i. d. R. mehrere Weibchen ab. Dann werden an der betreffenden Stelle keine Larven mehr ausgesetzt, eine neue Stelle kann bestückt werden. Mit diesem Vorgehen können zwei der drei temporalen Populationen (Kohorten) berücksichtigt werden.

Als Prävention vor der Chytridiomykose wird in der Anlage des Kantons nur trockener Landschilf als organische Beigabe verwendet. Zudem wird seit einigen Jahren auf die übliche Impfung mit Wasser eines Weihers verzichtet. Die Kunstteiche werden nach der letzten Entnahme der Larven abgelassen, mit einem Hochdruckreiniger gesäubert und bis zur nächsten Aufzucht im Folgejahr trocken gelagert. Es werden im Feld nur Eier und niemals Larven gesammelt. Die Infektionsgefahr für Larven durch Zoosporen des Krankheitserregers *Batrachochytrium dendrobatidis* während der Aufzucht ist demnach mit der hier angewendeten Methode auf ein Minimum reduziert.

Ergebnisse

Im Projektgebiet konnten mit der Umsetzung der hier präsentierten Methoden innerhalb von 6 Jahren:

- Restpopulationen gestärkt,
- neue Populationen aufgebaut,
- starke Quellpopulationen aufgebaut und
- eine ökologische Vernetzung hergestellt werden (Abb. 6).

Da in den ablassbaren Tümpeln die Dichten an aquatischen Prädatoren und effizienten interspezifischen Konkurrenten gering waren, wurde jährlich eine Massenvermehrung der Kreuzkröte ermöglicht. Damit erhielten wir (bereits ab 100 m² genügender



Abb. 6: Verbreitung und Populationsgrößen der Kreuzkröte im Projektgebiet in den Jahren 2004 und 2013. Innerhalb von 6 Jahren wurden mit geeigneten Maßnahmen wieder größere lokale Populationen und eine ökologische Vernetzungssituation aufgebaut. Mindestens ein solcher Zustand sollte innerhalb von 10–15 Jahren im gesamten Kanton erreicht werden (LIPPUNER 2013a). Die Punkte stehen für kleine, mittlere, große und sehr große Populationen, Klassierung nach GROSSENBACHER (1988).

Distribution and population sizes of the natterjack toad in the study area in the years 2004 and 2013. Within 6 years large local populations and ecological linked habitats could be established. Within 10 to 15 years this situation should be reached in the whole canton of Zürich (LIPPUNER 2013a). The dots represent the population sizes from small to medium and large to very large, classified according to GROSSENBACHER (1988).

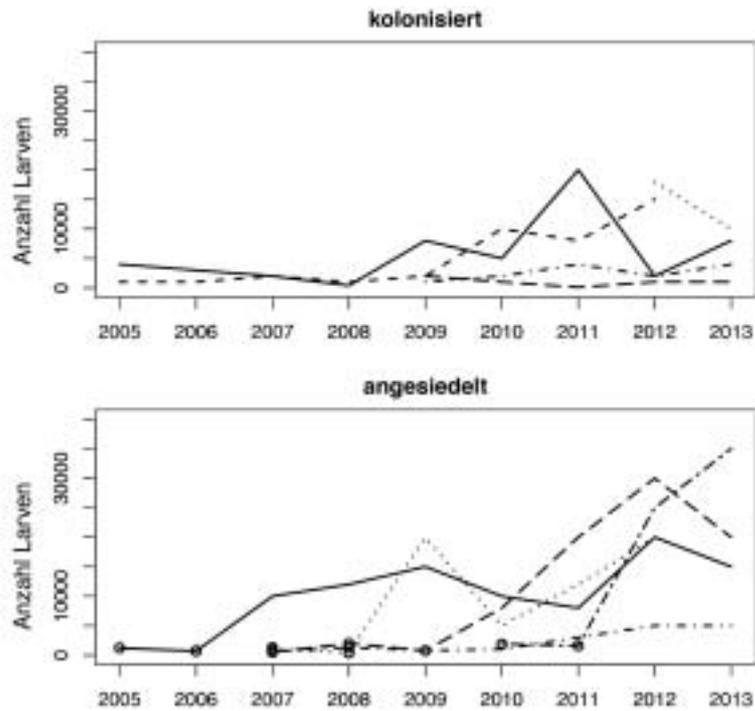


Abb. 7: Oben: Bestandsentwicklung der acht selbstständig kolonisierten Standorte Unten: Bestandsentwicklung der sechs angesiedelten Populationen. Die Kreise zeigen die Anzahl eingebrachter Larven. Die Bestandsentwicklung wurde gemessen mittels Anzahl der kurz vor der Metamorphose stehenden Larven.

Population growth at the eight naturally colonised sites (above, »kolonisiert«) and at the six translocated populations (below, »angesiedelt«). Circles indicate the numbers of tadpoles that were released at the sites. Population size was measured as the number of older tadpoles.

Gewässergröße) Quellpopulationen, die auf die umgebende Landschaft ausstrahlen. Bei manchen Standorten wanderten jährlich schätzungsweise mehrere hundert, eventuell sogar tausende von Juvenilen ab. Der Genfluss zwischen den lokalen Populationen wurde wieder ermöglicht, und neue Lebensräume, die in einem Radius von ca. 5 km um solche Quellpopulationen entstanden, wurden in der gut durchlässigen Ackerlandschaft in der Regel rasch kolonisiert. Alle 14 neugeschaffenen Tümpel wurden von der Kreuzkröte zur Fortpflanzung genutzt (Abb. 7, 8). Acht Tümpel wurden nachweislich selbstständig kolonisiert, die Bestände in den restlichen 6 Tümpeln gehen auf Larven aus der Zuchtanlage zurück (Abb. 7, 8). Nach zweijährigem Besitz mit Larven, laichten im 3. Jahr in 5 von 6 Standorten Kreuzkröten in größerer Zahl ab. An einem Ort musste ein drittes Mal bestückt werden. Die Populationen halten sich auf vergleichsweise hohem Niveau. Die Abbildungen 7 und 8 zeigen die Populationsentwicklung anhand der Anzahl an Larven der 1. Kohorte kurz vor der Metamorphose.

Sofern in unmittelbarer Umgebung vorhanden, pflanzten sich in den Tümpeln von den seltenen Arten in der Regel auch Gelbbauchunken (*Bombina variegata*), Laubfrösche (*Hyla arborea*) und manchmal auch Teichmolche (*Lissotriton vulgaris*) fort.

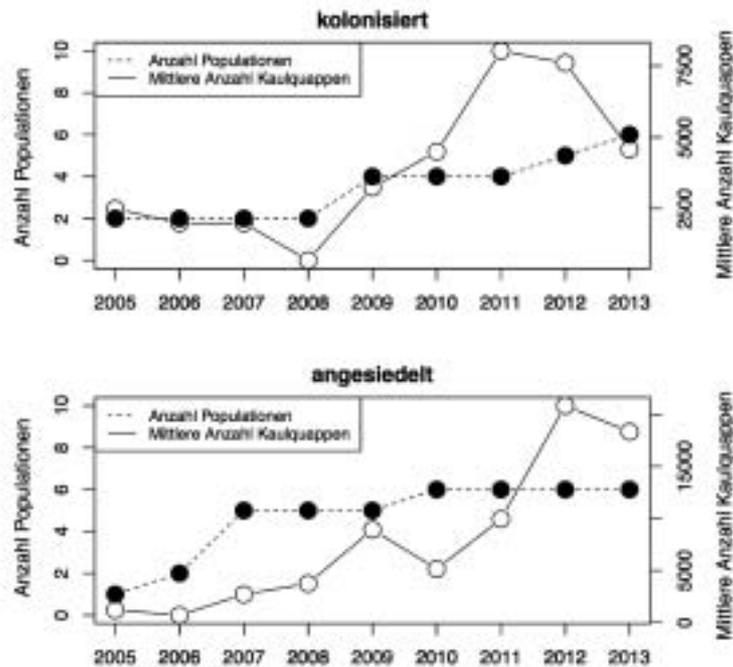


Abb. 8: Entwicklung der Anzahl neuer Populationen (oben: selbständig kolonisiert, unten: angesiedelt) und der Populationsgröße. Die Bestandentwicklung wurde gemessen mittels Anzahl der kurz vor der Metamorphose stehenden Larven.

Number of new populations (above: natural colonisations = »kolonisiert«, below: translocated populations = »angesiedelt«) and average size of populations. Population size was quantified by enumerating the number of older larvae.

Diskussion

Die im Rahmen des Aktionsplanes Kreuzkröte des Kantons Zürich angewendeten Methoden zur Förderung der Kreuzkröte bewähren sich und sind vergleichsweise einfach anzuwenden. Trotzdem können entsprechende Lebensräume nicht beliebig realisiert werden, weil das Vorkommen von Flächen, die längerfristig offen bleiben oder sich mit angemessenem Aufwand offen halten lassen, begrenzt ist. In Gebieten mit ehemaligem oder noch immer andauerndem Materialabbau konnte vergleichsweise viel erreicht werden. Da der Betrieb in Gruben aber immer intensiver und kleinflächiger wird, wäre es falsch, in der künftigen Kreuzkröten-Förderung hauptsächlich auf Abbaugelände zu setzen. In Zukunft müssen vermehrt auch andere Flächen, die nutzungsbedingt offen bleiben, als Lebensraum für die Kreuzkröte gestaltet werden. Dies kann zum Beispiel in Ackerflächen erfolgen, indem bestimmte Bereiche extensiviert und Drainagen abschnittsweise abgedichtet werden. Ein in der Schweiz noch kaum genutztes, großes Potenzial für die Kreuzkröte weisen urbane Gebiete auf. Hier finden sich viele magere Flächen, die aufgrund bestimmter Nutzungen offen bleiben (Industriebrachen, Materialumschlagplätze, extensiv genutzte Parkplätze etc.). Diese

Flächen müssen zunehmend in den Schutz der Kreuzkröte mit einbezogen werden, sofern sie längerfristig gesichert und ökologisch vernetzt werden können. Oftmals ist lediglich die Ergänzung günstiger Gewässer nötig. Ein entsprechendes, zukunftsgerichtetes Konzept wurde für die Naturschutzfachstelle der Stadt Zürich (Grün Stadt Zürich GSZ, LIPPUNER 2011) ausgearbeitet und steht kurz vor der Umsetzung. In Dortmund (Deutschland) wurden mit der Förderung der Kreuzkröte gute Erfahrungen gemacht (SINSCH 1998). Besonderes Gewicht muss allgemein darauf gelegt werden, starke Quellpopulationen aufzubauen, damit viele Tiere abwandern, die andere lokale Populationen erreichen sowie neue Populationen gründen (STEVENS & BAGUETTE 2008, STEVENS et al. 2004, STEVENS et al. 2006). Ein Austausch oder eine Kolonisierung kann erfahrungsgemäß innerhalb von 5 km leicht stattfinden, sofern es sich um eine offene Kulturlandschaft mit nicht zu vielen Hindernissen handelt. Diese Distanz entspricht etwa den Angaben in SINSCH & SEIDEL (1995), SINSCH et al. (2010) und MIAUD et al. (2008). SINSCH et al. (2012) deuten sogar auf noch größere Distanzen hin.

Fazit

Werden die aus der Lebensraumanalyse hervorgehenden Faktoren konsequent berücksichtigt, lässt sich die vielerorts äußerst selten gewordene und oft als schwer zu fördernd geltende Kreuzkröte leicht fördern. Im ländlichen Raum müssen zunehmend Äcker in die Förderung der Kreuzkröte mit einbezogen werden, im urbanen Raum sind es vor allem Industriebrachen, Materialumschlagplätze und extensiv genutzte Parkplätze auf Kiesgrund im Randbereich der Städte. Eine reine Fokussierung auf Materialabbaugebiete, wie sie meist im Kreuzkrötenschutz praktiziert wird, dürfte unter den heutigen Bewirtschaftungsbedingungen zum Scheitern verurteilt sein.

Dank

Dr. BENEDIKT R. SCHMIDT, Prof. Dr. ULRICH SINSCH und Dr. BURKHARD THIESMEIER danke ich für die Durchsicht des Manuskripts. Bei Dr. BENEDIKT R. SCHMIDT bedanke ich mich zudem für die Anfertigung der Abbildungen 7 und 8. CLAUDE MEIER und HARALD CIGLER danke ich für den fachlichen Austausch und die gute Zusammenarbeit im Rahmen der Artförderung im Kanton Zürich. Dr. ANDREAS HOFMANN und CORINA SCHIESS vom kantonalen Amt für Landschaft und Natur ALN danke ich für die rasche Aufnahme von neuen Ideen und deren konsequente Umsetzung sowie die tolle Zusammenarbeit.

Literatur

- BANKS, B. & T. J. C. BEEBEE (1987): Spawn predation and larval growth inhibition as mechanisms for niche separation in anurans. – *Oecologia* 72: 569–573.
- BARANDUN J. (1995): Reproductive ecology of *Bombina variegata* (Amphibia). – Dissertation Universität Zürich.
- BEEBEE, T. J. C. (1977): Environmental change as a cause of natterjack toad (*Bufo calamita*) declines in Britain. – *Biological Conservation* 11: 87–102.

- BEEBEE, T. J. C. (1978): An attempt to explain the distributions of rare herptiles *Bufo calamita*, *Lacerta agilis* and *Coronella austriaca* in Britain. – *British Journal of Herpetology* 5: 763–770.
- BEEBEE, T. J. C. (1979): Population interactions between the toads *Bufo bufo* (Linnaeus) and *Bufo calamita* (Laurenti): Some theoretical considerations and consequences. – *British Journal of Herpetology* 6: 1–5.
- DI MININ, E. & R. A. GRIFFITHS (2011): Viability analysis of a threatened amphibian population: modeling the past, present and future. – *Ecography* 34: 162–169.
- ESCHER, K. (1972): Die Amphibien des Kantons Zürich. – *Vierteljahrsschrift Naturforschende Gesellschaft Zürich* 117: 335–380.
- GOLAY, N. (1996): Die Kreuzkröte (*Bufo calamita*) Laur. als Pionierart. – Dissertation Universität Basel.
- GOLAY, N. (1994): Eine Methode zur äusserlichen Befestigung von Telemetriesendern an Kreuzkröten sowie erste Ergebnisse bei der Anwendung. – *Berichte Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt* 14: 44–48.
- GOSNER, K. L. (1960): A simplified table for staging anuran embryos and larvae with notes on identification. – *Herpetologica* 16: 183–190.
- GROSSENBACHER, K. (1988): Verbreitungsatlas der Amphibien der Schweiz. – Basel (Schweizerischer Bund für Naturschutz).
- HEUSSER, H. (1970): Laich-Fressen durch Kaulquappen als mögliche Ursache spezifischer Biotoppräferenzen und kurzer Laichzeiten bei europäischen Froschlurchen (Amphibia, Anura). – *Oecologia* 4: 83–88.
- HEUSSER, H. (1971): Laich-Räubern und -Kannibalismus bei sympatrischen Anuren-Kaulquappen. – *Experientia* 27: 474.
- HEUSSER, H. (2000): Kaulquappen fressen Laich und Schlüpflinge europäischer Anuren (Amphibia). – *Zeitschrift für Feldherpetologie* 7: 177–202.
- HEUSSER, H., M. LIPPUNER & B. R. SCHMIDT (2002): Laichfressen durch Kaulquappen des Springfroschs (*Rana dalmatina*) und syntopes Vorkommen mit andern Anuren-Arten. – *Zeitschrift für Feldherpetologie* 9: 75–87.
- HANSKI, I. (1991): Single-species metapopulation dynamics: concepts, models and observations. In: GILPIN, M. E. & I. HANSKI (eds.): *Metapopulation Dynamics*: 17–38. – London (Academic Press).
- HANSKI, I. & M. GYLLENBERG (1993): Two general metapopulation models and the core-satellite hypothesis. – *American Naturalist* 142: 17–41.
- LIPPUNER, M. (2011): Konzept zur Förderung der Kreuzkröte (*Bufo calamita*) in der Stadt Zürich und Möglichkeiten zur Mitförderung des Laubfrosches (*Hyla arborea*). – Bericht Grün Stadt Zürich GSZ, unveröff.
- LIPPUNER, M. (2013a): Förderung der Kreuzkröte (*Bufo calamita*) im Kanton Zürich – Konzept und Projekte. – Büro für angewandte Ökologie, unveröff.
- LIPPUNER, M. (2013b): Lebensraumanalyse für die Kreuzkröte (*Bufo calamita*). – *Zeitschrift für Feldherpetologie* 20: 145–154.
- LIPPUNER, M. & H. HEUSSER (2001): Geschichte der Flusslandschaft und der Amphibien im Alpenrheintal. – *Zeitschrift für Feldherpetologie* 8: 81–96.
- MEIER, C. (2004): Aktionsplan Kreuzkröte. – Zürich, Amt für Landschaft und Natur, Fachstelle Naturschutz Kanton Zürich, unveröff.
- MEIER, C., H. CIGLER & M. LIPPUNER (2002): Verbreitung und Bestandesentwicklung von Laubfrosch (*Hyla arborea*) und Kreuzkröte (*Bufo calamita*) im Kanton Zürich. – Zürich, Amt für Landschaft und Natur, Fachstelle Naturschutz Kanton Zürich, unveröff.
- MEISTERHANS, K. & C. MEIER (1984): 2. Amphibieninventar des Kantons Zürich. – Interner Abschlussbericht der Fachstelle für Naturschutz des Kantons Zürich, unveröff.
- MIAUD, C., D. SANUY & J.-N. AVRILLIER (2008): Terrestrial movements of the natterjack toad *Bufo calamita* (Amphibia, Anura) in a semi-arid, agricultural landscape. – *Amphibia-Reptilia* 21: 357–369.
- OROMÍ, N., D. SANUY, U. SINSCH (2010): Thermal ecology of natterjack toads (*Bufo calamita*) in a semi-arid landscape. – *Journal of Thermal Biology* 35: 34–40.

- PATRICK, D. A., E. B. HARPER, L. MALCOLM, L. HUNTER Jr. & A. J. K. CALHOUN (2008): Terrestrial habitat selection and strong density-dependent mortality in recently metamorphosed amphibians. – *Ecology* 89: 2563–2574.
- PULLIAM, H. (1988): Sources, sinks and population regulation. – *American Naturalist* 132: 652–661.
- SCHMIDT B. R. (2011): Die Bedeutung der Jungtiere für die Populationsdynamik von Amphibien. – *Zeitschrift für Feldherpetologie* 18: 129–136.
- SCHMIDT, B. R & S. ZUMBACH (2005): Rote Liste der gefährdeten Amphibien in der Schweiz. Bern (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft und Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz).
- SEMLITSCH, R. D. (1993): Asymmetric competition in mixed populations of tadpoles of the hydroge-
netic *Rana esculenta* complex. – *Evolution* 47: 510–519.
- SINSCH, U. (1989): Sommer- und Winterquartiere der Herpetofauna in Auskiesungen. – *Salamandra* 25: 104–108.
- SINSCH, U., R. SEINE & N. SHERIF (1992): Seasonal changes in the tolerance of osmotic stress in natter-
jack toads (*Bufo calamita*). – *Comparative Biochemistry & Physiology* 101A: 353–360.
- SINSCH, U. & D. SEIDEL (1995): Dynamics of local and temporal breeding assemblages of a *Bufo*
calamita metapopulation. – *Australian Journal of Ecology* 20: 351–361.
- SINSCH, U. (1998): Biologie und Ökologie der Kreuzkröte. – Bochum (Laurenti).
- SINSCH, U., N. OROMI, C. MIAUD, J. DENTON & D. SANUY (2010): Connectivity of local amphibian
populations: modeling the migratory capacity of radio-tracked natterjack toads. – *Animal Conserva-
tion*. 1367–9430.
- SINSCH, U. & C. LESKOVAR (2011): Does thermoregulatory behaviour of green toads (*Bufo viridis*)
constrain geographical range in the west? A comparison with the performance of syntopic natterjacks
(*Bufo calamita*). – *Journal of Thermal Biology* 36: 346–354.
- SKELLY, D. K. (1996): Pond drying, predators, and the distribution of *Pseudacris* tadpoles. – *Copeia*
1996: 599–605.
- SNODGRASS, J. W., B. A. LAWRENCE & J. BURGER (2000): Development of expectations of larval am-
phibians assemblage structure in south-eastern depression wetlands. – *Ecological Applications* 10:
1219–1229.
- STEVENS, V. M., E. POLUS, R. A. WESSELINGH, N. SHTICKZELLE & M. BAGUETTE (2004): Quantifying
functional connectivity: experimental evidence for patch-specific resistance in the natterjack toad
(*Bufo calamita*). – *Landscape Ecology* 19: 829–842.
- STEVENS, V. M., C. VERKENNE, S. VANDEWOESTIJNE, R. A. WESSELINGH & M. BAGUETTE (2006): Gen
flow and functional connectivity in the natterjack toad. – *Molecular Ecology* 15: 2333–2344.
- STEVENS, V. M. & M. BAGUETTE (2008): Importance of habitat quality and landscape connectivity for
the persistence of endangered natterjack toads. – *Conservation Biology* 22: 1194–1204.
- VAN BUSKIRK, J. (2002): A comparative test of the adaptive plasticity hypothesis: relationships be-
tween habitat and phenotype in anuran larvae. – *American Naturalist* 160: 87–102.
- VAN BUSKIRK, J. (2003): Habitat partitioning in European and North American pond-breeding frogs
and toads. – *Diversity and Distributions* 9: 399–410.
- VONESH, J. R. & O. DE LA CRUZ (2002): Complex life cycles and density dependence: assessing the
contribution of egg mortality to amphibian declines. – *Oecologia* 133: 325–333.
- WELLBORN, G. A., D. K. SKELLY & E. E. WERNER (1996): Mechanisms creating community structure
across a freshwater habitat gradient. – *Annual Review of Ecology and Systematics* 27: 337–363.
- WERNER, E. E. (1991): Nonlethal effects of a predator on competitive interactions between two anuran
larvae. – *Ecology* 72: 1709–1720.

