Untersuchung eines städtischen Vorkommens des Feuersalamanders *Salamandra salamandra* (Linnaeus 1758): Die Population am Kapuzinerberg in der Stadt Salzburg

Peter Kaufmann

Summary

The Fire Salamander (*Salamandra salamandra*) is protected by provincial law and listed "vulnerable" in the red list of amphibian and reptile species of Salzburg, Austria. This study focuses on one particular population on the Kapuzinerberg hill in the city of Salzburg. Aims of this study are to estimate the size of this population through mark-recapture methods and to present the spatial distribution of the Fire Salamanders through precise mapping of the area. Therefore a predefined transect of 2.200 m length was surveyed 20 times between October 2009 and November 2010.

All Fire Salamanders were found within a maximum distance of 517 m away from their spawning ponds. The average distance between individual observation and spawning ponds is 219 m, while males could be found further away from the ponds (average distance 254 m) than females (average distance 135 m). Males can use a larger habitat, because unlike the females they have no need to return to the spawning ponds for giving birth to the larvae.

Individual observations as well as recapture rates were comparatively low due to the hidden lifestyle of the Fire Salamander. All together 44 specimens could be distinguished. Mark-recapture projection leads to an estimated population density of 105 ± 52 individuals per hectare and thus to 3.150 ± 1.560 individuals in the whole area of the Kapuzinerberg. Due to low recapture rates the power of statistical analyses is weak and this estimation is to be understood as an approximate value.

Key words

Fire Salamander, Kapuzinerberg, mark-recapture, population-size, *Salamandra salamandra,* Salzburg

Zusammenfassung

Der Feuersalamander (*Salamandra salamandra*) ist eine naturschutzrechtlich relevante Art, die im Bundesland Salzburg als gefährdet eingestuft wird. Diese Untersuchung befasst sich mit der Feuersalamanderpopulation am Kapuzinerberg in der Stadt Salzburg. Ziele der Untersuchung sind eine Populationsgrößenschätzung mittels Fang-Wiederfang und eine Darstellung der räumlichen Verteilung aufgrund punktgenauer Kartierung. Dazu wurde der Kapuzinerberg zwischen Oktober 2009 und November 2010 entlang eines festgelegten Transekts von 2.200 m Länge 20 Mal begangen.

Alle Feuersalamander wurden innerhalb einer maximalen Entfernung von 517 m zum Laichgewässer gefunden. Die durchschnittliche Entfernung zwischen Fund und Laichgewässer beträgt 219 m, wobei Männchen weiter entfernt vom Gewässer (durchschnittlich 254 m) gefunden werden können als Weibchen (durchschnittlich 135 m). Die Männchen können ein größeres Habitat nutzen, weil sie nicht wie die Weibchen zum Absetzen der Larven immer wieder ans Gewässer zurückkehren müssen.

Aufgrund der versteckten Lebensweise des Feuersalamanders blieb sowohl die Anzahl der Funde als auch der Wiederfänge relativ gering. Insgesamt konnten 44 Individuen unterschieden werden. Die Fang-Wiederfang Hochrechnung führt zu einer geschätzten Populationsdichte von 105 ± 52 Individuen pro Hektar und so zu einer Gesamtpopulationsgröße von 3.150 ± 1.560 Individuen am ganzen Kapuzinerberg. Aufgrund der geringen Wiederfangraten und entsprechender statistischer Ungenauigkeiten ist diese Schätzung jedoch als Größenordnung zu verstehen.

Einleitung

Der Kapuzinerberg mit seiner zentralen Lage inmitten der Stadt Salzburg dient als Rückzugsgebiet für viele Tier- und Pflanzenarten, die im umliegenden Siedlungsraum schon gänzlich oder beinahe verschwunden sind, dazu zählen auch einige Amphibienarten wie der Feuersalamander (*Salamandra salamandra*).

Das Vorkommen des Feuersalamanders ist hier schon lange bekannt, und dennoch sind trotz der gut erreichbaren Lage noch wenige Parameter über diese Population erforscht. So waren in der Biodiversitätsdatenbank des Hauses der Natur vor dieser Untersuchung nur 17 Feuersalamander an 15 Fundpunkten erfasst, wobei knapp die Hälfte dieser Daten noch aus den Jahren vor 1970 stammen.

Beim Feuersalamander handelt es sich um eine naturschutzrechtlich relevante Art, die nach dem Salzburger Naturschutzgesetz (SNSchG) 1999 idgF und der Salzburger Pflanzen- und Tierarten-schutzverordnung 2001 idgF geschützt, und laut Roter Liste im Bundesland Salzburg als gefährdet einzustufen ist (Kyek & Maletzky 2006).

Aufgrund dessen und im Zuge einer Kartierungsbegehung auf den Kapuzinerberg im Herbst 2009, bei der in einer regnerischen Nacht 24 adulte Feuersalamander gefunden und fotografiert werden konnten, wurde beschlossen den Kapuzinerberg intensiver zu kartieren und die dortige Feuersalamanderpopulation näher zu untersuchen.

Da der Feuersalamander wie keine andere Amphibienart anhand seiner Dorsalzeichnung schnell und eindeutig individuell erkannt werden kann, bietet sich eine Fang-Wiederfang Untersuchung an. Die fotografische Individualerkennung stellt außerdem die schonendste Methode der Wiedererkennung dar, bei der man die Tiere höchstens geringfügigem Stress aussetzt (Henle et al. 1997).

Basierend auf den Kartierungsergebnissen wurde eine Schätzung der Populationsgröße mittels Fang-Wiederfang Methodik durchgeführt. Weiters erfolgte eine Dokumentation der räumlichen Verteilung der Feuersalamander auf dem Kapuzinerberg. Zusätzlich wurde auch die restliche im Rahmen der Untersuchung gefundene Herpetofauna aufgenommen und alle gesammelten Daten in die Biodiversitätsdatenbank des Hauses der Natur übertragen.

Untersuchungsgebiet Kapuzinerberg

Landlebensraum

Der Kapuzinerberg auf der Ostseite der Salzach ist mit seinen 75,5 ha der flächenmäßig größte der Salzburger Stadtberge. Er erhebt sich von 430 auf 636 m ü. NN (SAGIS, ÖK 50) und stellt geologisch gemeinsam mit dem Salzburger Festungsberg den nördlichsten Rand der Kalkalpen dar (Medicus 2006). Die Nordseite des Kapuzinerberges bildet eine steil abfallende Felswand, gegen Osten hin läuft der Berg spitz zu und fällt im Südosten ebenfalls steil ab. Das breite südwestliche Plateau des Berges ist vergleichsweise flach und terrassenartig aufgebaut.

Mit 62 ha Waldfläche ist der Kapuzinerberg fast vollständig bestockt (Salzburger Naturschutzbuch 1981). In den schattigen Felswänden im Norden findet man einen schütteren Ahorn-Eschenwald mit typischen Alpenpflanzen wie Behaarter Almrausch, Alpen-Aurikel oder Gebirgs-Rose (Medicus 2006). Der Südhang und das Plateau des Kapuzinerberges werden großteils von einem kalkreichen typischen Buchen-Hallenwald bedeckt, der nach oben hin trockener und dementsprechend arten-ärmer wird (Medicus 2006). Außerdem findet man am mittleren Südhang eine von mehreren Windwurfereignissen beeinflusste mindestens 4 ha große Freifläche (gemessen in SAGIS) mit dichtem Unterwuchs und starker Naturverjüngung der Buche.

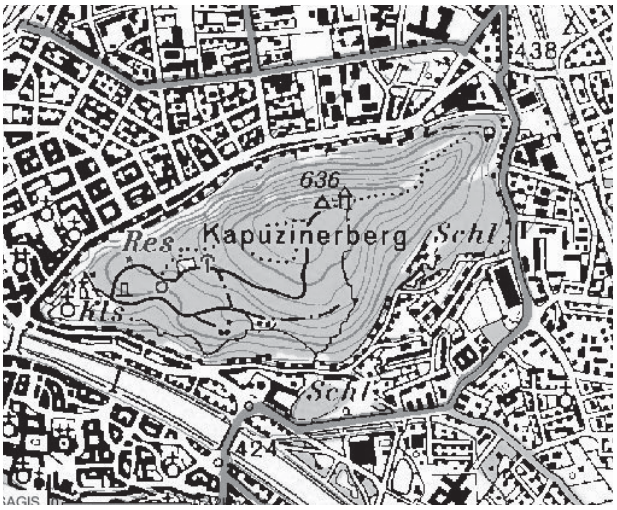

Abb. 1: ÖK 50 Karte des Kapuzinerbergs mit Höhenlinien (Quelle: Sagis)
ÖK 50 map of the Kapuzinberg hill with level curves (source: Sagis)

Im Südwesten des Berges befindet sich das Kapuzinerkloster mitsamt großem Klostergarten und einigen Privatgebäuden mit Gärten. Auch an der Südseite liegen private Gärten. Neben verschiedenen Wanderwegen und Treppen führen auch zwei asphaltierte Straßen über den Berg.

Laichgewässer

Etwa 300 Meter östlich des Kapuzinerklosters auf ca. 500 m ü. NN befindet sich die sogenannte „Engelsquelle“, die dort nach wenigen Metern bereits zu mehreren aufeinanderfolgenden Teichen aufgestaut wird. Diese Gewässer sind künstlich angelegt und müssen mindestens alle 10-20 Jahre freigeräumt werden, da sie sonst verlanden würden. Dennoch existieren sie in dieser Form laut Reinhard Medicus vermutlich seit Jahrhunderten, so nutzten keltische Siedler die Gewässer um etwa 100 v. Chr. als Weiheteiche. Im Jahr 1606 wurde der Klostergarten des Kapuzinerklosters angelegt, für den die Teiche als Wasserversorgung dienten. Bei dem östlichsten der vier Teiche handelt es sich um einen Bombenkrater, da an dieser Stelle 1944 eine 500 kg Fliegerbombe niederging, die für den Hauptbahnhof bestimmt war. (Medicus 2010, mündl. Mitt.)

Abb. 2: Zwei der vier Teiche am Kapuzinerberg im Frühjahr 2010
Two out of four ponds on the Kapuzinerg hill in spring 2010
(Foto: P. Kaufmann)

Abb. 3: Luftbild des Kapuzinerbergs (Quelle: Sagis), Transekt und Lage der Laichgewässer (x) eingezeichnet
Aerial view of the Kapuzinberg hill (source: Sagis), transekt and location of the spawning ponds marked

Aktuell handelt es sich um vier zusammenhängende Retentionsteiche mit einer Fläche von je 40-70 m² und einer durchschnittlichen Tiefe von etwa einem Meter, die zuletzt im Frühjahr 2010 vom Magistrat Salzburg mittels Bagger freigeräumt wurden (Medicus 2010, mündl. Mitt.). Es befinden sich keine Fische in den Teichen.

Durch den umliegenden Baumbewuchs werden die Gewässer während der Vegetationsperiode stark beschattet. Im Herbst 2010 konnte beobachtet werden, dass der Wasserstand der Teiche nach einer mäßigen Trockenperiode um beinahe einem Meter gesunken ist. Man kann also davon ausgehen, dass die Teiche gelegentlich komplett trocken fallen.

Außerdem gibt es im Zu- und Abflussbereich einige kleine, knapp 1 m² große Stillwasser-Kolke.

Weiters befindet sich im Klostergarten ein knapp 10 m² großer gut besonnter Folienteich. Laut Karte auf Geoland.at befindet sich innerhalb der bewaldeten Privatgärten auf der Südseite noch ein Gewässer, das aber im Zuge der Begehungen nicht nachzuweisen war.

Normalerweise bevorzugen Feuersalamander in Mitteleuropa den Quellbereich langsam fließender Bäche als Laichgewässer, in Ausnahmen können jedoch auch Stillgewässer genutzt werden (Thiesmeier 2004). Die quellnahen, langsam durchflossenen Teiche am Kapuzinerberg kann man in dieser Hinsicht als Übergang zwischen Still- und Fließgewässer ansehen, da hier neben dem Feuersalamander auch für Stillgewässer typische Amphibien wie der Bergmolch (*Ichthyosaura alpestris*) laichen.

Methoden

Alle Untersuchungen für diese Arbeit entstanden in enger Zusammenarbeit mit Bastian Partzsch, der ebenfalls zu diesem Zeitpunkt eine Untersuchung über Feuersalamander durchführte. Jene Arbeit befasst sich im Schwerpunkt mit der phänologischen Analyse von Kartierungsdaten, die in den letzten zehn Jahren über eine Feuersalamanderpopulation in Puch bei Hallein gesammelt wurden. Da sich die Untersuchungen und Recherchen für beide Arbeiten thematisch eng überschnitten haben und um eine zeitliche Regelmäßigkeit der Kartierungen gewährleisten zu können, wurden Begehungen und Datenerhebungen für beide Untersuchungen oft gemeinsam oder abwechselnd durchgeführt.

Erfassung der Feuersalamander

Sichtzählungen eignen sich um zumindest semiquantitative Aussagen über Amphibienpopulationen treffen zu können, wobei die Populationsgröße meist erheblich unterschätzt wird (Schlüpmann & Kupfer 2009). Mittels Straßen- oder Wegtransekten lassen sich Dichten von landlebenden Amphibienarten wie Feuersalamandern bestimmen (vgl. Schmidt et al. 2007).

Dementsprechend wurde anhand der Fundpunkte, die bei der Kartierung im Herbst 2009 aufgenommen wurden, folgendes Linientransekt über das Westplateau des Kapuzinerbergs gelegt: Ausgehend vom Kapuzinerkloster (Höhe: 490 m) entlang des nördlichsten Weges von Westen nach Osten bis hin zum Franziski-Schlössl (Höhe: 630 m), auf der Straße weiter nach Süden abwärts zur Windwurf-Fläche, dann nach Westen an den Laichgewässern vorbei und zurück zum Ausgangspunkt beim Kapuzinerkloster.

Es wurde darauf geachtet, dass dieses Transekt verschiedene Habitatstrukturen abdeckt: westexponierte Bereiche, südexponierte Bereiche, dicht bewaldete Bereiche, eine kleinere Lichtung im Nordwesten und die große Windwurffläche im Süden (siehe Karte Abb. 3).

Entlang dieses insgesamt 2.200 m langen Transekts wurden von Oktober 2009 bis November 2010 insgesamt 20 Begehungen bei unterschiedlichem Wetter durchgeführt.

Da Feuersalamander in der Regel nachtaktiv sind und Aktivität außerhalb ihrer Verstecke v. a. von Luftfeuchtigkeit, Niederschlägen, Temperatur und Windbewegung abhängt (Thiesmeier & Grossenbacher 2004), wurden feuchtes Wetter (also während Regen, kurz davor oder danach oder bei starkem Nebel) und die ersten Stunden nach Einbruch der Dämmerung als Schwerpunkt für die Begehungen festgelegt. Es wurden insgesamt 14 Begehungen bei Nacht durchgeführt und 6 Kontrollbegehungen bei Tageslicht.

Zum Auffinden der Feuersalamander wurden der Weg und der angrenzende Waldboden von 1-2 Personen mit starken, batteriebetriebenen Taschenlampen ausgeleuchtet.

Alle gefundenen Feuersalamander wurden mit einer wasserfesten, digitalen Sucherkamera derartig fotografiert, dass ihre Rückenmuster deutlich erkennbar sind, und mit einer fortlaufenden Nummer entweder auf einer 1:5.000 Arbeitskarte von Geoland punktgenau eingetragen oder mittels GPS-Empfänger als digitaler Fundpunkt aufgenommen.

Zudem wurden alle anderen im Untersuchungsgebiet gefundenen Amphibienarten ebenfalls punktgenau aufgenommen. Als Koordinatensystem wurde das Bundesmeldenetz (BMN MGI 31) verwendet.

Es wurden für jede Begehung die Uhrzeit, Lufttemperatur und die Bewölkung (in Achteln) aufgenommen, sowie notiert ob Dunkelheit, Niederschlag, Nebel und gute Durchfeuchtung des Waldbodens zum Zeitpunkt der Begehung gegeben waren.

Da alle heimischen Amphibien auf der Roten Liste stehen und es sich somit um naturschutz-relevante Arten handelt, wurden alle aufgenommenen Daten in den kleinformatigen Erhebungsbogen (Kyek & cabela 2006) übernommen und so weiter in die Biodiversitätsdatenbank des Hauses der Natur übertragen.

Fanggenehmigung

Da es sich bei allen heimischen Amphibien um geschützte Tiere handelt, deren mutwillige Beunruhigung gemäß §31 Salzburger NSchG 1999 idgF verboten ist, ist auch das Fotografieren und Hantieren von Feuersalamandern strafbar. Für den Verfasser dieser Arbeit existiert jedoch seit 2009 im Rahmen der Herpetologischen Arbeitsgemeinschaft des Hauses der Natur eine naturschutzbehördliche Ausnahmebewilligung zum Fang besonders geschützter Reptilien und Amphibien zum Zweck des Unterrichts und der Forschung (Bewilligungsbescheid Zahl: 210301-RI/548/56/5-2009). Diese Ausnahmebewilligung wurde um Missverständnissen vorzubeugen im Feld immer mitgeführt.

Erfassung der Lebensräume und GIS-Auswertung

Da aufgrund der relativ kleinen Fläche des Kapuzinerberges weder auf der ÖK 50 Karte von SAGIS noch auf den Vektorkarten von Geoland.at das Straßen- und Wegenetz des Berges korrekt eingezeichnet ist und auch die Laichgewässer dort gar nicht oder falsch verzeichnet sind, wurden sowohl die relevanten Wege als auch die Laichgewässer mittels GPS-Empfängers eigenhändig vermessen. Die entstandenen Vektorkarten wurden dann in das freie Kartenmaterial von OpenStreetMap gespeist und sind dort nun frei verfügbar. Alle GIS-Auswertungen und Darstellungen dieser Untersuchung basieren, sofern nicht anders angegeben, in weiterer Folge auf diesen OpenStreetMap-Karten.

Für alle Entfernungsmessungen und Flächenberechnungen wurde im GIS nur mit einer 2-Dimensionalen Projektion gearbeitet und das Geländerelief hierbei nicht berücksichtigt. Dementsprechende Ungenauigkeiten wurden vernachlässigt.

Des Weiteren wurden bei vier separaten Begehungen von April bis Juli bei Tageslicht die Laichgewässer untersucht und der Laich und die Larven aller Amphibien gezählt und aufgenommen. Eine quantitative Zählung der Feuersalamander-Larven, wie sie in den Bächen in Puch stattgefunden hat (vgl. Partzsch unveröffentl.), war aufgrund der Struktur und Form der Gewässer am Kapuzinerberg nicht möglich. Eine derartige Zählung ist nur bei gut einsichtigen, seichten Fließgewässern möglich, nicht aber bei großflächigeren Stillgewässern. Bei den aufgenommenen Feuersalamander-Larven handelt es sich um Einzelfunde in den Kolken oder Zufallsfunde am Gewässerrand.

Für die Auswertung der räumlichen Verteilung der Feuersalamander, wurden die Fundpunkte in die GIS-Software QuantumGis übertragen. Damit wurden die Entfernungen der einzelnen Fundpunkte zum Laichgewässer gemessen.

Die Verteilungen der gemessenen Entfernungen wurden dann als Box-Whisker-Plots dargestellt.

Individualerkennung

Die Dorsalzeichnung eines adulten Feuersalamanders ist unverwechselbar und beständig, und somit für eine Individualerkennung gut geeignet (Meyer & Grosse 1997). Die Eignung der fotografischen Individualerkennung wurde von Henle et al. (1997) durch Kontrollmarkierung und individuelle Aufzucht belegt.

Mit den gesammelten Rückenmuster-Fotografien wurde eine digitale Kartei aller Feuersalamander-Individuen erstellt (siehe Anhang 1). Aufgrund der auffälligen Musterungen der Tiere verlief die Individualerkennung problemlos – jedes Individuum war unverwechselbar und konnte gegebenenfalls eindeutig wiedererkannt werden.

Bei der gewählten Methodik handelt es sich nur um einen minimalen Eingriff, der besonders Amphibien kaum Stress zufügt (Henle et al. 1997, Henle 1997). Die Wiedererkennung mittels fotografischer Zeichnungserkennung stellt eine nicht-invasive Methode dar, die sowohl am einfachsten als auch am schonendsten für die Tiere ist (Schlupmann & Kupfer 2009).

Für diese Untersuchung mussten lediglich zur Geschlechtsbestimmung anhand der Form der Kloakenöffnung manche Tiere kurz in die Hand genommen werden. Die Mehrheit der gefundenen Salamander wurde jedoch direkt am Fundort fotografiert, blieb ansonsten völlig ungestört und zeigte auch nur selten ein Fluchtverhalten.

Fang-Wiederfang

Die gesammelten Daten, die Anzahl der gefundenen Feuersalamander und die Anzahl der Wiederfänge zu den einzelnen Zeitpunkten, wurden dann mittels Fang-Wiederfang-Methodik ausgewertet um eine Schätzung der Anzahl der Feuersalamander innerhalb des festgelegten Transekts abgeben zu können.

Das Petersen-Experiment ist ein einfaches Fang-Wiederfang-Modell für Populationsgrößen-Schätzungen, das auf

zwei Fang-Ereignissen basiert. Es wird angenommen, dass die Population während der Untersuchung geschlossen ist, und Schwankungen werden vernachlässigt (Heyer et al. 1994). Gegeben sind hier:

M = Anzahl der markierten Tiere zum Zeitpunkt 1
C = Gesamtumfang des Probefanges zum Zeitpunkt 2
R = Anzahl markierter Tiere im Probefang (Wiederfänge)

Die Schätzung der Bestandsgröße *N* zum Zeitpunkt der Markierung, unter Berücksichtigung der modifizierten Formel für kleine Wiederfangraten, ergibt sich laut Heyer et al. (1994) nach:

$$N = \frac{(M+1)\cdot(C+1)}{(R+1)}$$

Des Weiteren berechnet man die dementsprechende Standardabweichung laut Heyer et al. (1994) nach:

$$S_N = \sqrt{\frac{M^2\cdot(C+1)\cdot(C-R)}{(R+1)^2\cdot(R+2)}}$$

Zwar wurden mehr als zwei Begehungen durchgeführt, jedoch aufgrund der seltenen Sichtungen und dem dementsprechenden Datenmangel konnten komplexere Fang-Wiederfang-Modelle wie die Dreipunkt-Methode oder Jolly-Seber leider nicht angewandt werden.

Ergebnisse

Kartierungs Ergebnisse

Insgesamt wurden von Oktober 2009 bis November 2010 20 Kartierungen entlang des oben beschriebenen Transekts durchgeführt. Bei vier dieser Kartierungen konnten adulte Feuersalamander beobachtet werden (siehe Tabelle 1).

Innerhalb dieses Jahres wurden 44 Feuersalamander Individuen an 46 Fundpunkten fotografiert und unterschieden. Davon waren 27 Männchen, 11 Weibchen, 2 unbestimmbaren Geschlechts, 2 Totfunde und 2 subadulte Tiere.

Bei Kontrollbegehungen untertags oder bei trockenem Wetter wurden ausnahmslos keine Salamander gefunden.

Außerdem wurden syntop 34 Bergmolche (*Ichtyosaura alpestris*), 31 Erdkröten (*Bufo bufo*) und 8 Grasfrösche (*Rana temporaria*) innerhalb des Transekts beobachtet und kartiert (siehe Tabelle 2).

Beim Ausleuchten der Gewässerränder sowohl im Rahmen der Transekt-Begehungen als auch bei separaten Begehungen vor Einbruch der Dämmerung wurden Laich und Larven aller Amphibien gezählt. Insgesamt konnten 33 Feuersalamander-Larven, über 120 Laichschnüre der Erdkröte,

Tab. 1 : Daten aller 20 Kartierungen. Niederschlagsangaben: 0 = kein Regen, 1 = leichter Regen, 2 = starker Regen. Bodenfeuchte: 0 = Boden trocken, 1 = Boden feucht, 2 = Boden nass. Bewölkung angegeben in Achteln.

Data of all 20 surveillances. Rainfall: 0 = no rain, 1 = soft rain, 2 = heavy rain. Soil wetness: 0 = dry soil, 1 = moist soil, 2 = wet soil. Cloudiness given in eights.

Datum	Uhrzeit	Dunkelheit	Niederschlag	Bodenfeuchte	Bewölkung [1/8]	Temperatur [°C]	*Salamandra s.*	Sonstiges / Anmerkungen
10.10.2009	17:40-19:30	x	1	2	8	12	24	Erstbegehung
02.04.2010	17:30-19:00		0	0	1	10		Laich kartiert
12.04.2010	20:20-21:30	x	0	0	6	7		
26.04.2010	20:15-21:25	x	0	1	7	15	3	Larven kartiert
01.05.2010	01:00-02:00	x	2	2	8	17	10	
03.05.2010	19:30-21:30		0	0	7	11		HerpAG Exkursion
08.05.2010	14:00-17:00		0	0	7	17		
09.05.2010	12:30-14:00		0	0	2	19		
07.06.2010	19:30-21:30		0	1	6	24		HerpAG Exkursion; Larven kartiert
12.06.2010	20:10-21:47	x	0	1	8	21		Larven kartiert
15.07.2010	22:40-23:40	x	1	1	8	23		
18.07.2010	0:00-1:15	x	2	2	8	16		
12.08.2010	21.30-22:15	x	1	2	8	19		
04.09.2010	21:00-22:00	x	2	2	8	12		
05.10.2010	19:45-21:10	x	1	2	8	13	8	starker Nebel
13.10.2010	10:30-11:30		0	1	8	6		Nebel; 1 Totfund
16.10.2010	18:00-19:00	x	0	1	8	7		
18.10.2010	18:30-20:00	x	1	1	8	6		
20.10.2010	18:30-19:30	x	1	2	8	7		
08.11.2010	21:00-22:00	x	0	1	7	4		

Tab. 2 : Funde syntop vorkommender Amphibienarten
Observations of syntopically existing amphbian species.

Datum	Uhrzeit	*Salamandra s.*	*Bufo b.*	*Rana t.*	*Ichthyosaura a.*
10.10.2009	17:40-19:30	24	3	1	1
02.04.2010	17:30-19:00				
12.04.2010	20:20-21:30			1	
26.04.2010	20:15-21:25	3	1	1	2
01.05.2010	01:00-02:00	10	8	2	
03.05.2010	19:30-21:30			1	
08.05.2010	14:00-17:00				
09.05.2010	12:30-14:00				
07.06.2010	19:30-21:30		1		27
12.06.2010	20:10-21:47		1		
15.07.2010	22:40-23:40		4		1
18.07.2010	0:00-1:15		10	2	2
12.08.2010	21.30-22:15		1		1
04.09.2010	21:00-22:00				
05.10.2010	19:45-21:10	8	2		
13.10.2010	10:30-11:30				
16.10.2010	18:00-19:00				
18.10.2010	18:30-20:00				
20.10.2010	18:30-19:30				
08.11.2010	21:00-22:00				

80 Laichballen des Grasfrosches und 3 Bergmolch-Larven innerhalb der Laichgewässer gezählt werden.

Eine Präferenz für bestimmte Habitatstrukturen konnte nicht festgestellt werden. Alle Feuersalamander-Fundpunkte waren relativ gleichmäßig entlang des Transekts verteilt – unabhängig von Baumbestand oder Gelände-Exposition (siehe Abb. 4).

Durchschnittlich waren die Fundpunkte der Feuersalamander 219 m vom Laichgewässer entfernt. Männliche Feuersalamander konnten maximal 517 m und im Durchschnitt 254 m vom Laichgewässer entfernt beobachtet werden, wobei sich die Weibchen maximal 314 m und im Durchschnitt 135 m vom Laichgewässer entfernt aufhielten (siehe Abb. 5).

Ähnlich verhalten sich die Entfernungen der Fundpunkte im Herbst zu denen im Frühjahr. Im Herbst wurden die Feuersalamander durchschnittlich 251 m und im Frühjahr 130 m entfernt vom Laichgewässer gefunden (siehe Abb. 6).

Es wurden 89% aller männlichen Feuersalamander im

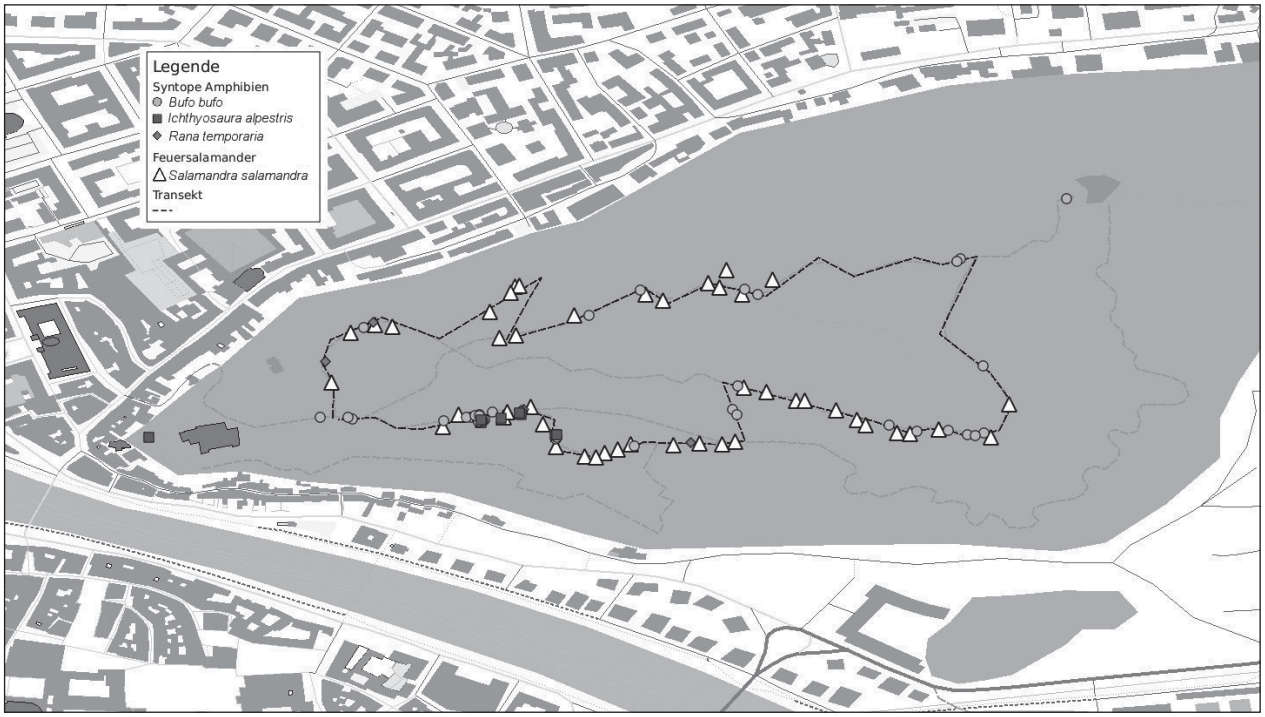

Abb. 4: Amphibienfundpunkte entlang des Transekts
Amphibian observations alongside the transekt

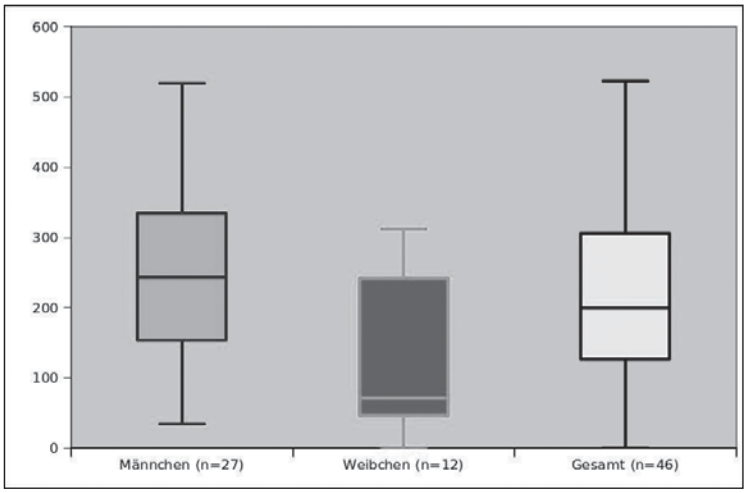

Abb. 5: Verteilung der Entfernungen [m] zum Laichgewässer getrennt nach Geschlecht
Distribution of the distances [m] to the spawning ponds seperated into genders

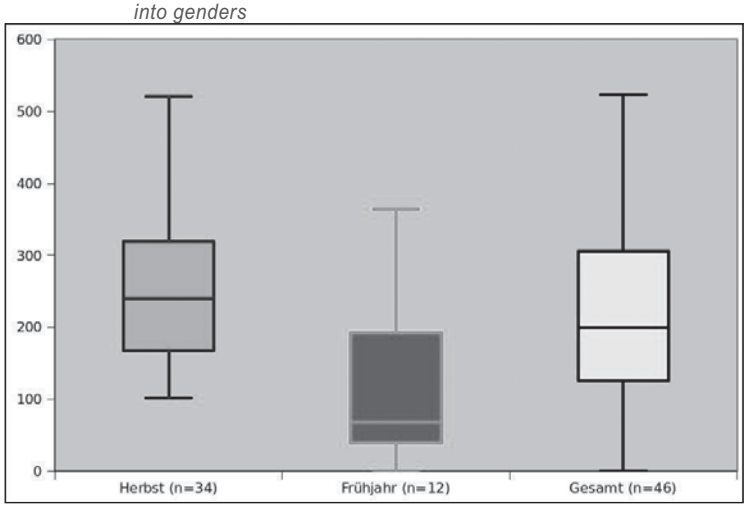

Abb. 6: Verteilung der Entfernungen [m] zum Laichgewässer getrennt nach Jahreszeit
Distribution of the distances [m] to the spawning ponds seperated into seasons

Herbst gefunden und nur 11% im Frühjahr, wohingegen sich die Anzahl weiblicher Feuersalamanderfunde 50:50 auf Herbst und Frühjahr verteilt.

Wiederfänge gelangen kaum. Ein Feuersalamander konnte am 10.10.2009 und 6 Monate später am 01.05.2010 erneut an derselben Stelle, vor seinem Versteck unter einer alten Lagerhütte, beobachtet werden. Des Weiteren konnte ein trächtiges Weibchen am 26.04.2010 bei der Anwanderung zum Gewässer und wenige Tage später, am 01.05.2010 beim Absetzen der Larven beobachtet werden (siehe Abb.7).

Statistische Auswertung

Für die Fang-Wiederfang Auswertung nach dem Petersen-Experiment wurden die beiden Kartierungen am 10.10.2009 und 01.05.2010 gewählt, bei denen einmal 24 und einmal 10 Feuersalamander gezählt wurden und ein Feuersalamander (Individuum 3) wiedererkannt werden konnte.

Für die Abschätzung der Bestandsgröße und deren Standardabweichung ergeben sich folgende Werte:

$$N = \frac{(24+1)\cdot(10+1)}{(1+1)} = 138$$

$$S_N = \sqrt{\frac{24^2\cdot(10+1)\cdot(10-1)}{(1+1)^2\cdot(1+2)}} = 69$$

Die geschätzte Bestandsgröße innerhalb des Transekts beträgt demnach 138 ± 69 Feuersalamander.

Da durchschnittlich ein Radius von etwa 3 m mit der Taschenlampe ausgeleuchtet werden konnte, beträgt die Fläche des 2.200 m langen Transekts folglich 13.200 m² (1,32 ha).

Dementsprechend ergibt sich für die gesamte Population am Kapuzinerberg eine Dichte von etwa 105 ± 52 Feuersalamandern pro Hektar.

Unter der Annahme, dass sich die Feuersalamander nicht weiter vom Laichgewässer entfernt aufhalten als der am weitesten entfernte Fundpunkt (517 m), beträgt die Fläche des potentiellen Feuersalamander-Landlebensraums am Kapuzinerberg 30 ha. Diese wurde unter Zuhilfenahme eines 517 m langen Radius rund um die Gewässer berechnet, jedoch wurden der Steilhang im Norden als auch der Siedlungsraum im Westen nicht in diese Fläche miteinbezogen (siehe Karte Abb. 8).

Unter der weiteren Annahme, dass alle Feuersalamander, ähnlich der gesammelten Fundpunkte, gleichmäßig über diese Fläche verteilt sind, ergibt sich mit der obigen Populationsdichte eine geschätzte Gesamtpopulationsgröße von 3.150 ± 1.560 Feuersalamandern.

Die Abundanzen der syntop vorkommenden Erdkröten und Grasfrösche lassen sich anhand der Laichzählungen und des Geschlechterverhältnisses laut Kyek (2000) wie folgt berechnen:

> Anzahl der Laichballen/Laichschnüre mal 3 = Anzahl Adulttiere am Gewässer

Dies bedeutet für die Erdkröte mit 120 gezählten Laichschnüren eine Mindestanzahl von 360 Adulttieren und für den Grasfrosch mit 80 Laichballen eine Mindestanzahl von 240 Adulttieren, die sich im Frühjahr 2010 bei den Gewässern am Kapuzinerberg aufgehalten haben.

Diskussion

Ausgehend von der Erstbegehung des Untersuchungsgebiets im Oktober 2009, bei der schon 24 adulte Feuersalamander gezählt und fotografiert werden konnten, war die Erwartungshaltung für diese Untersuchung groß. Aufgrund der sehr versteckten Lebensweise adulter Feuersalamander hat sich die gewählte Methodik jedoch leider nur als bedingt

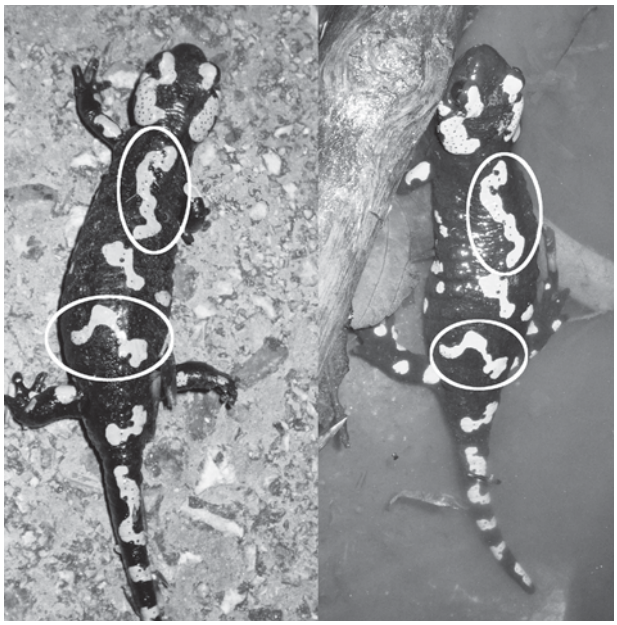

Abb. 7: Beispiel für die individuelle Wiedererkennung anhand Individuum 27 ♀: links bei der Anwanderung zum Gewässer am 26.04.2010, rechts beim Absetzen der Larven am 01.05.2010
Example for the individual recognition: specimen 27♀ left: migrating to the pond on 26.04.2010, right: giving birth to the larvae on 01.05.2010 (Foto: P. Kaufmann)

zweckmäßig heraus gestellt. Die große Anzahl der Begehungen ist mit viel Aufwand verbunden und in nur wenigen Fällen konnten tatsächlich adulte Feuersalamander gesichtet werden. Dementsprechend niedrig fielen auch die Anzahl der kartierten Feuersalamanderindividuen und deren Wiederfänge aus.

Die Aktivitätsphasen adulter Feuersalamander außerhalb ihrer Verstecke scheinen sich, bis auf wenige Ausnahmen, auf wenige Massenereignisse einzelner Tage im Frühjahr und im Herbst zu beschränken.

Ähnliches ließ sich auch bei der Feuersalamander-Population in Puch feststellen (vgl. Partzsch unveröffentl.), wo bei einer Begehung im Oktober 2010 innerhalb weniger Stunden 93 adulte Feuersalamander (Mitterlehner, mündl. Mitteilung), in den Jahren 1998-2009 bei regelmäßigen Begehungen allerdings maximal 26, im Durchschnitt 1-2 und insgesamt nur 141 adulte Feuersalamander beobachtet werden konnten (Biodiversitätsdatenbank, Haus der Natur).

Für die Schätzung der Bestandsgröße mittels Fang-Wiederfang Methodik liegt v. a. die Anzahl der Wiederfänge am unteren Rand des Nötigen. Dementsprechend hoch (>2%) ist auch die Wahrscheinlichkeit von methodischen Fehlern (Bast 1986). Die errechnete Populationsgröße kann somit nur als Richtwert bzw. Größenordnung gesehen werden.

Dennoch scheint eine Populationsdichte von 105 ± 52 Feuersalamandern pro Hektar plausibel, da bei mehrjährigen Untersuchungen in Deutschland Populationsdichten zwischen 29 und 445 und in der Schweiz sogar bis zu 1.458 Tieren pro Hektar festgestellt wurden (Thiesmeier 2004).

Der in den Ergebnissen beschriebene, potentielle Landlebensraum kann als Kernzone der Population betrachtet werden und deckt fast das ganze Südwest-Plateau des Kapuzinerberges ab (siehe Abb. 8).

Der hiervon ausgenommene Nordhang wird aufgrund seiner Steilheit und besonderen klimatischen Bedingungen, die sich auch auf die in Kapitel Landlebensraum beschriebene Flora niederschlagen, als Habitat für den Feuersalamander ausgeschlossen. Die ebenfalls aus dieser Kernzone ausgenommen Gärten im westlichsten Bereich des Kapuzinerberges sind zwar vermutlich nicht gänzlich von Feuersalamandern unbesiedelt, aber aufgrund der anthropogenen Beeinflussung jedoch mit einer geringeren Populationsdichte anzunehmen. Eine ähnlich geringere Dichte kann auch für die weiter als 517m vom Laichgewässer entfernten Bereiche im Osten des Berges angenommen wer-

Abb. 8: Potentieller Feuersalamander Lebensraum(30 ha)
Potential Fire Salamander habitat (30 ha)

den. Hier wurden im Rahmen der Untersuchung zwar keine Feuersalamander nachgewiesen, aufgrund der geeigneten Habitatstruktur kann man eine Besiedelung durch einzelne Feuersalamander jedoch nicht ausschließen.

Um genauere quantitative Aussagen über die Größe der Feuersalamanderpopulation am Kapuzinerberg treffen zu können, müsste man mit Fangzäunen an den Laichgewässern alle im Frühjahr anwandernden Weibchen abfangen, um dann mittels Geschlechter- und Jungtierverhältnis auf die Gesamtgröße hochrechnen zu können (vgl. Thiesmeier 1992). Dies wäre jedoch aufgrund der Intensität des Eingriffs nur bei entsprechend relevanter Fragestellung sinnvoll.

Alternativ würde auch eine Ausdehnung der Fang-Wiederfang Untersuchung auf weitere Jahre (vgl. Thiesmeier 2004 und Heine & Thiesmeier 2010) zu genaueren Schätzungen der Populationsdichte führen.

Bei den Entfernungen zum Gewässer zeigt sich deutlich, dass sich die weiblichen Feuersalamander weniger weit vom Gewässer entfernen, da sie immer wieder zum Absetzen der Larven dorthin zurückkehren müssen, wohingegen die Männchen ein größeres Habitat nutzen können (vgl. Abb. 5). Hier gilt jedoch zu berücksichtigen, dass eine Geschlechtsbestimmung der Tiere nicht immer sicher möglich war.

Wenn man die Entfernungen zum Gewässer nach Frühjahr (April und Mai 2010) und Herbst (Oktober 2009 und 2010) trennt, zeigt sich eine vergleichbare Verteilung (vgl. Abb. 6). Im Frühjahr lassen sich aufgrund der Laich-Wanderung mehr Feuersalamander in Gewässernähe auffinden, und im Herbst sind die Tiere weiter über ihren Lebensraum verteilt.

Da nur an vier der Untersuchungstage tatsächlich Feuersalamander gefunden wurden, lassen sich über die optimalen Witterungsbedingungen, die für eine Aktivität der Feuersalamander außerhalb ihrer Verstecke nötig sind, keine allgemein gültigen Aussagen treffen. Dennoch wurden von 20 Begehungen nie Feuersalamander bei Tageslicht oder trockenem Boden beobachtet. Die Lufttemperatur betrug an Beobachtungstagen zwischen 12 und 17°C. Außerdem war bei 3 von 4 Beobachtungstagen zumindest leichter Niederschlag gegeben (Siehe auch Tab. 1). Dies deckt sich in etwa auch mit den Aussagen von Thiesmeier (2004). Lediglich die Lufttemperatur gibt Thiesmeier (2004) mit optimalen Bedingungen von 9°C bzw. 8-12°C etwas kühler an.

Die räumlich nächsten bekannten Feuersalamander-Populationen befinden sich laut Biodiversitäts-Datenbank des Hauses der Natur am zwei Kilometer östlich gelegenen Gaisberg und fünf Kilometer südöstlich im Aigner-Park. Außerdem befindet sich die Salzach, die zusammen mit ihren Grünstreifen einen potentiellen Wanderkorridor für Amphibien darstellt, nur 50 Meter vom Südwest-Ende des Kapuzinerberges entfernt.

Da sich der Berg jedoch im dichten städtischen Siedlungsraum befindet und von Straßen umgeben ist, die selbst nachts stark befahren sind, ist eine erfolgreiche Zu- als auch Abwanderung von sich-langsam-fortbewegenden Kleintieren, wie Amphibien, auszuschließen. Weitgehend unüberwindbare Hindernisse, die den Berg eingrenzen, sind im Süden die Imbergstraße, im Norden die Schallmooser-Hauptstraße und im Osten die Bundesstrasse 150 als auch ein 9-Spuriges Bahngleisnetz.

Es ist folglich davon auszugehen, dass es sich bei der Feuersalamander-Population am Kapuzinerberg um eine Inselpopulation ohne genetischen Austausch handelt.

Gerade in Anbetracht dessen wären weiterführende genetische Untersuchungen über die *Minimum Viable Population* oder die genetische Verarmung der Population aufgrund Inzucht von Interesse.

Alle in Salzburg vorkommenden Amphibienarten stehen unter Naturschutz. Gegebenenfalls empfiehlt es sich also die errechneten Populationsparameter bei zukünftigen Eingriffen und Maßnahmen am Kapuzinerberg zu berücksichtigen.

Im Rahmen der Untersuchung wurden 5 Erdkröten, 2 Feuersalamander und 1 Grasfrosch als Verkehrsopfer des Straßen- und Wegenetzes am Kapuzinerberg festgestellt. Bei den betonierten Straßen am Kapuzinerberg handelt es sich um Zufahrtsstraßen zu Privatgebäuden im Süden bzw. zum Franziski-Schlössl im Osten. Diese Straßen wurden zum Zeitpunkt der Untersuchung v. a. nachts nur selten befahren. Dementsprechend sind diese Zahlen im Vergleich zu den geschätzten Populationsgrößen noch nicht als unmittelbare Bedrohung für das Bestehen der Amphibienpopulation am Kapuzinerberg anzusehen.

Es bleibt zu hoffen, dass sich dieser Zustand auch in Zukunft nicht ändern wird, da anzunehmen ist, dass bereits geringe Erhöhungen des abendlichen Verkehrsaufkommens am Kapuzinerberg für die Amphibienfauna fatale Auswirkungen hätten. V. a. die südlichste der beiden asphaltierten Straßen führt nur 1-2 Meter an den Laichgewässern vorbei und muss bei den alljährlichen Laichplatzwanderungen von der Mehrheit aller Amphibien überquert werden.

Danksagung

In erster Linie möchte ich mich bei den Mitgliedern der Herpetologischen Arbeitsgemeinschaft des Hauses der Natur bedanken: Im speziellen bei Mag. Martin Kyek und Dr. Andreas Maletzky für die unterstützende fachliche Betreuung, bei Tobias Schernhammer für die Ermutigung zu dieser Untersuchung und bei Bastian Partzsch für die gute Zusammenarbeit.

Außerdem gilt mein Dank Dr. Reinhard Medicus für die umfassenden Informationen zum Kapuzinerberg.

Und zu guter Letzt danke ich meiner Lebensgefährtin Bernadette für die stilistische Unterstützung.

Literatur

Bast H.-D. (1986): Zur Schätzung der Bestandsgröße bei Amphibien. In Feldherpetologie. – Kulturbund der DDR, Rostock: 14.

Heine W & B. Thiesmeier (2010): Zur Wiederfundhäufigkeit des Feuersalamanders (*Salamandra salamandra*) im Freiland. In B. Thiesmeier (Hrsg.): Zeitschrift für Feldherpetologie, Band 17. – Laurenti, Bielefeld: 231-241.

Henle K. (1997): Naturschutzrelevante Nebenwirkungen feldherpetologischer Methoden. In Henle K. & M. Veith (Hrsg.): Naturschutzrelevante Methoden der Feldherpetologie. – Mertensiella, Rheinbach: 140.

Henle K., J. Kuhn, R. Podloucky, K. Schmidt-Loske & C. Bender (1997): Individualerkennung und Markierung mitteleuropäischer Amphibien und Reptilien: Übersicht und Bewertung der Methoden; Empfehlungen aus Natur- und Tierschutzsicht. In Henle K. & M. Veith (Hrsg.): Naturschutzrelevante Methoden der Feldherpetologie. – Mertensiella, Rheinbach: 140-143.

Heyer W. R., M. A. Donnelly, R. W. McDiarmid, L. C. Hayek & M. S. Foster (1994): Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Amphibians. – Smithsonian Institution Press, Washington DC: 188-189.

Kyek M. (2000): Kartierungsanleitung der Herpetofauna Salzburgs. – Naturschutzbeiträge **27**: 1-112.

Kyek M. & A. Maletzky (2006): Atlas und Rote Liste der Amphibien und Reptilien

Salzburgs. Stand Dezember 2005. – Naturschutz-Beiträge **33/06**. Salzburg: 17.

Kyek M. & A. Cabela (2006): Kartierung der Herpetofauna Österreichs, Begleitheft zum kleinformatigen Erhebungsbogen. – Salzburg.

Medicus R. (2006): Der Imberg, heute Kapuzinerberg genannt in Natur- und Kulturgeschichte. In Der Gardist. − Jahresschrift der Bürgergarde der Stadt Salzburg, 26. Jahrgang, Salzburg: 36-41.

Medicus R. (2010): mündliche Mitteilung vom 08.05.2010, Naturschutzsachverständiger im Magistrat Salzburg und Historiker.

Meyer F. & W.-R. Grosse (1997): Populationsökologische Studien an Amphibien mit Hilfe der fotografischen Individualerkennung: Übersicht zur Methodik und Anwendung bei der Kreuzkröte (*Bufo calamita*). In Henle K. & M. Veith (Hrsg.): Naturschutzrelevante Methoden der Feldherpetologie. – Mertensiella, Rheinbach: 82.

Mitterlehner B. (2010): mündliche Mitteilung vom 18.10.2010, Salzburg.

Schlüpmann M. & A. Kupfer (2009): Methoden der Amphibienerfassung – eine Übersicht. In Hachtel M., M. Schlüpmann, B. Thiesmeier & K. Weddeling (Hrsg.): Methoden der Feldherpetologie. – Laurenti-Verlag, Bielefeld: 18-20.

Schmidt B. R., M. Schaub & S. Steinfartz (2007): Apparent survival of the salamander *Salamandra salamandra* is low because of high migratory activity. – Frontiers in Zoology **4**: 19.

Thiesmeier B. (1992): Ökologie des Feuersalamanders. – Westarp Wissenschaften, Essen: 43-46.

Thiesmeier B. (2004): Der Feuersalamander. – Laurenti-Verlag, Bielefeld: 82-84, 144-145, 157.

Thiesmeier B. & K. Grossenbacher (2004): Handbuch der Reptilien und Amphibien Europas, Band 4/IIB, Schwanzlurche (Urodela) IIB, Salamandridae III: Triturus 2, Salamandra. – AULA Verlag, Wiebelsheim: 1089-1100.

Geoland, Geodatenportal der österreichischen Länder

http://www.geoland.at/ (zuletzt aufgerufen am 15.11.2010)

Naturschutzbuch Salzburg, Salzburger Landesregierung

http://service.salzburg.gv.at/natur/Index?cmd=detail&nokey=LSG00033 (zuletzt aufgerufen am 13.10.2010)

OpenStreetMap, die freie Wiki-Weltkarte

http://www.openstreetmap.org/ (zuletzt aufgerufen am 16.11.2010)

SAGIS, SAlzburger Geographisches InformationsSystem

http://www.salzburg.gv.at/landkarten.htm (zuletzt aufgerufen am 16.11.2010)

Salzburger Naturschutzgesetz 1999 idgF., Bundeskanzleramt Rechtsinformationssystem

http://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrSbg&Gesetzesnummer=20000003 (zuletzt aufgerufen am 23.08.2010)

Salzburger Pflanzen- und Tierartenschutzverordnung 2001 idgF., Bundeskanzleramt Rechtsinformationssystem

http://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrSbg&Gesetzesnummer=20000105 (zuletzt aufgerufen am 06.12.2010)

Biodiversitätsdatenbank des Hauses der Natur, Salzburg (zuletzt eingesehen am 25.08.2010)

Anschrift des Verfassers:

Peter Kaufmann, BSc
Rainbergstrasse 8
A-5020 Salzburg
e-mail: peter.kaufmann@subnet.at