Beobachtung einer Feuersalamander-Population (*Salamandra salamandra* Linnaeus, 1758) im Nordwesten Luxemburgs

Guillaume Willems

9, op der Baach, L-8809 Arsdorf (punzel@pt.lu)

Willems, G., 2019. Beobachtung einer Feuersalamander-Population (*Salamandra salamandra* Linnaeus, 1758) im Nordwesten Luxemburgs. *Bulletin de la Société des naturalistes luxembourgeois* 121: 115–134.

Abstract. A regular survey of a fire salamander population (*Salamandra salamandra* Linnaeus, 1758) was carried out along a 460m road section in Arsdorf (Luxembourg) during the year 2018. 903 pictures were taken and analysed to identify the animals individually. Together with pictures taken in the 10 years before, a collection of 1355 pictures permitted to identify 486 different individuals of the species. These observations are completed with an analysis of the structure of the population, considering gender, weight and place of finding. Some observations concerning the behaviour of *Salamandra salamandra* in the field are presented. A special attention is paid to details of the system used for the identification of individuals and the variation of the colour pattern over two years of intense observation.

Key words. *Salamandra salamandra*, Luxembourg, Oesling, body weight and size, colour pattern, identification of individuals in the field, field herpetology.

1. Einleitung

Der europäische Feuersalamander *Salamandra salamandra* Linnaeus, 1758 ist leicht an seinem gelben Zeichnungsmuster auf schwarzem Hintergrund zu erkennen. Als lebendgebärendes Tier welches sich meist in Fließgewässern vermehrt, ist der Feuerssalamander ein Sonderfall bei den Amphibien.

In Luxemburg ist die Unterart *Salamandra salamandra terrestris* Lacépède, 1788, vertreten (Proess 2016). Trotz der nahenden Bedrohung durch den neuen Chytridpilz Bsal (Dalbeck et al., 2018) bestätigen zwei Untersuchungen von Proess (2016, 2017), dass bisher kein Rückgang bei der Verbreitung des Feuersalamanders in Luxemburg zu verzeichnen ist. (Rasterfrequenz 2004-2015: 53%, Rote Liste Einstufung: ungefährdet, Proess 2016). In zwei Regionen Luxemburgs, dem Nordwesten und dem gesamten Südwesten und Süden des Landes ist der Feuersalamander nicht heimisch (Proess 2016).

Bei den Bestandsaufnahmen der Art werden gewöhnlich die Salamanderlarven in Fließgewässern gesucht, weil diese Methode einfach und zuverlässig ist. Die vorliegende Arbeit, deren Ursprünge Neugier und Naturinteresse waren, und die sich nach und nach in eine Studie verwandelt hat, beschäftigt sich ausschließlich mit einer lokalen Population, wobei alle Lebensstadien des Salamanders beobachtet wurden. Der Autor hat sich anfangs nur für die Ausmaße der entdeckten Feuersalamander-Population interessiert. Im Laufe der Beobachtungen wurde aber mehr und mehr Datenmaterial gesammelt und dies hat dazu geführt, dass eine umfassende Studie entstanden ist.

Der typische Lebensraum des Feuersalamanders ist Laub(misch)wald mit Quellbächen (Thiesmeyer 2004, Proess 2016). Die Salamander wurden in der Nähe einer menschlichen Siedlung gefunden, wo sie menschliche Konstruktionen als Versteck und Vermehrungsstätte nutzten. Sie können demnach als Kulturfolger angesehen werden.

Bei den Untersuchungen sind zwei Aspekte in den Vordergrund gerückt: die Identifikation der einzelnen Salamander-Individuen mittels ihres Farbmusters und insbesondere die Veränderungen dieses Farbmusters

über die Dauer der Hauptbeobachtungszeit (2017-2018).

Bemerkung: wenn der Autor im nachfolgenden Teil von der Feuersalamander-Population schreibt, sind damit die beobachteten Tiere gemeint und nicht die Gesamtpopulation im Gebiet.

2. Untersuchungsgebiet und Methoden

2.1. Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet ist ein Straßenabschnitt von rund 460 m Länge am südöstlichen Rand von Arsdorf (Gemeinde Rambruch) in Luxemburg. Es handelt sich um ein bewohntes Gebiet mit einer wenig befahrenen Straße. Elf Gebäude befinden sich entlang der Straße, sieben davon sind dauerhaft bewohnt. Das Gebiet wurde in fünf Zonen (M bis F) unterteilt, die sich nach dem umliegenden Gelände unterscheiden. Abb. 1 zeigt eine topographische Karte des Beobachtungsgebiets. Die Abbildungen 2 und 3 zeigen Aufnahmen von der Zone M und dem Waschbrunnen in Zone N. In Tab. 1 sind Detail Informationen zu den Zonen enthalten: die Bezeichnung, die Länge und die Beschaffenheit des umliegenden Geländes.

Da nur die Strasse und der Strassenrand (bis zu 1m vom Asphalt entfernt) beidseitig abgeleuchtet wurden, ist jede Zone etwa fünf Meter breit. Bei einer Länge von 460m ergibt dies eine Beobachtungsfläche von 2.300 Quadratmeter. Die Zonen E und F

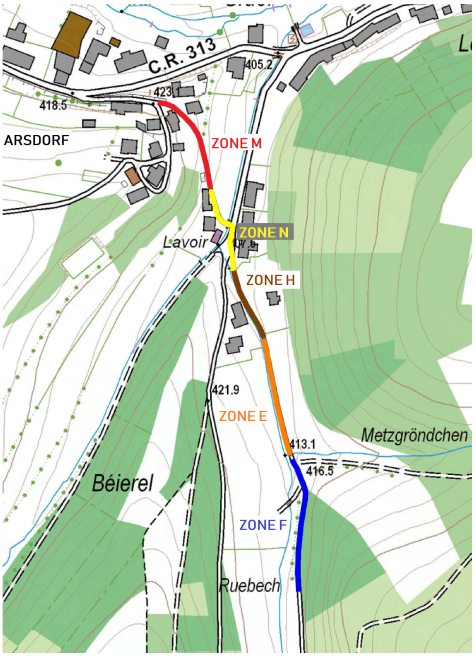


Abb. 1. Topographische Karte vom Beobachtungsgebiet mit den Zonen M, N, H, E und F. Maßstab 1:3000 Bildquelle: Géoportail national du grand-duché de Luxembourg, Administration du cadastre et de la topographie. Gouvernement du grand-duché de Luxembourg.

sind nicht von Häusern gesäumt. Der Grund warum das umliegende Gelände (Wiesen und Hecken) nicht abgesucht wurde ist folgender: es ist viel schwieriger die Tiere im natürlichen Gelände aufzufinden, und die Gefahr, dass bei der Suche Tiere totgetreten werden, ist auch viel größer.

Tab. 1. Bezeichnung und Länge der Zonen des Beobachtungsgebiets mit einer Beschreibung des umliegenden Geländes.

Bezeichnung Zone	Länge	Beschreibung umliegendes Gelände
Zone M (Mauer) (Abb. 2) Gauss-Lux: x = 56988 E, y = 102743 N	95 m	Viehweide, Gemüse- und Obstgarten, Haus in Ruinenzustand
Zone N (Nachbarn) (Abb. 3)	80 m	Wohnhäuser, Scheune, Waschbrunnen, Viehweide
Zone H (Hecke)	60 m	Hecken, Wohnhäuser mit Bering, Bach
Zone E (Erle)	105 m	Mit Schwarzerlen besäumter Bach, Viehweide
Zone F (Felsen) Gauss-Lux: x = 57102 E, y = 102408 N	120 m	Viehweide mit Hecke und Bäumen, Nadelwald (abgeholzt)
Insgesamt	460 m	



Abb. 2. Zone M, die Mauer entlang der Straße bietet den Salamandern etliche Unterschlupfmöglichkeiten. Foto: G. Willems, 04.05.2017.



Abb. 3. Waschbrunnen in Zone N in dem Salamanderweibchen Larven absetzen. Foto: G. Willems, 04.05.2017.

2.2. Erfassung der Feuersalamander

Der gesamte Beobachtungszeitraum erstreckt sich von April 2008 bis Ende Dezember 2018. Die Beobachtungen im Jahr 2018 wurden systematisch jeden Abend ausgeführt und nur bei diesen Erfassungen wurde, wenn möglich, Gewicht und Geschlecht notiert. Die ersten 452 Bilder aus den Jahren 2008 bis 2017 stammen von gelegentlichen Suchaktionen nach Salamandern. Trotzdem wurden diese Fotos mitverwertet.

Bei den systematischen Beobachtungen im Jahr 2018 wurde an 344 Tagen jeden Abend eine 460m lange Wegstrecke nach Feuersalamandern abgesucht. Die Suche begann etwa eine Stunde nach Sonnenuntergang; im Hochsommer oft erst nach 23.00 Uhr, im Winter gegen 20.00 Uhr, im Frühjahr und Herbst meist nach 21.00 Uhr.

Die gesichteten Feuersalamander wurden mit einer Digitalkamera (Pentax Optio W30) von oben fotografiert. Wenn möglich wurden die Tiere vorher auf eine kleine Digitalwaage gesetzt, um so gleichzeitig das Gewicht der Tiere zu registrieren. Die Gewichtskontrolle erfolgte mit einer präzisen Digitalwaage (JOSHS MR1 Digitalwaage), die hundertstel Grammeinheiten anzeigt. Die Werte wurden auf zehntel Gramm auf- oder abgerundet.

Nach dem Fotografieren fand die Geschlechtskontrolle statt. Die Erkennung des Geschlechts beim Feuersalamander ist einfach für adulte Tiere: Männchen haben deutlich entwickelte Hoden im Kloakenbereich. Tragende Weibchen sind auch leicht zu erkennen. Einen deutlichen Geschlechtsdimorphismus der mit dem Farbmuster zusammenhängt gibt es nicht (Seidel 2016).

Nach der Geschlechtskontrolle wurden die Tiere sofort wieder an Ort und Stelle zurückgesetzt. Der gesamte Vorgang nahm

im optimalen Fall etwa eine halbe Minute pro Salamander in Anspruch. Wichtig bei der Untersuchung war, dass die Feuersalamander so wenig wie möglich gestört und angefasst wurden und die Datenerfassung schnell und einfach erfolgen konnte.

Die Körperlänge der Tiere wurde erst später anhand des Digitalfotos bestimmt: der Vergleich mit den Dimensionen der Waagschale ermöglichte es die Länge der Tiere zu bestimmen (Abb. 4).

2.3. Identifikation der einzelnen Individuen

Das in dieser Studie verwendete System ist in Eigenregie entstanden, durch intensive Beobachtung der Tiere und praktisches Ausprobieren. Die auf den Fotos festgehaltenen Farbmuster dienten als Grundlage um die Tiere zu identifizieren: die Anwesenheit von Punkten, Strichen, deren Länge, Lokalisation und Kontinuität wurde bei jedem Tier in Zahlen oder Codes verwandelt. In einer ersten Etappe wurden die Unterscheidungskriterien festgelegt. In der nachfolgenden Liste sind alle 20 verschiedenen Kriterien zur Identifikation der Individuen erklärt. In Klammern die gebrauchte Abkürzung für die Datenbank.

1. Kriterium [Pkt] betrifft den Nasenpunkt: ist in der Nasenregion ein Punkt, wird eine 1 eingetragen, wenn nicht eine 0. Spezielle Fälle: sehr kleine Punkte sind als „Mini" eingetragen, zwei Punkte als „2Pkte", unklare oder eine Mehrzahl winziger Punkte als „Brösel".

2. und 3. Kriterium [Verb L /Verb R]: Die Kopf-Rumpftrennlinie ist die Linie die den hinteren Rand der Parotiden verbindet. Wenn die seitlichen Kopfstreifen über diese Linie auf den Hals, respektiv Rücken verlängert sind wird eine „1" eingetragen, wenn nicht oder wenn bei dieser Fortsetzung die Breite die Länge übertrifft eine „0". Ein „kurz" wird vermerkt, wenn die Fortsetzung nicht mehr als 3 Breiten lang ist.

4. und 5. Kriterium [Str L / Str R]: Anzahl der Segmente oder Punkte auf dem Rücken auf der jeweiligen Seite, wobei als „Rücken" die Region zwischen der Kopf-Rumpftrennlinie und der Hüftlinie (=Verbindung der Bein-Mittellinien) gemeint ist. Es werden alle Varianten von Punkten oder Segmenten berücksichtigt, außer es sind Punkte die deutlich weniger als halb so groß wie die durchschnittliche Streifenbreite des Tieres sind. Die Verlängerungen von den Kopfstreifen (siehe Kriterien 2. und 3.) werden mitgezählt, außer sie sind als „kurz" eingetragen. Sind die Punkte oder Segmente von rechts auf links verbunden hat dies keinen Einfluss: die Flecken rechts und links werden separat gewertet und mitgezählt. Punkte und Segmente die über die Hüftlinie hinauslaufen werden mitgezählt.

6. und 7. Kriterium [L links / L rechts]: Anzahl der langen Segmente auf dem Rücken, wobei ein Segment welches 1/3 der Distanz Kopfrumpftrennlinie bis Hüftlinie ausmacht als „lang" gilt, und zählt. Da bis zu 3 solcher Segmente vorhanden sein können ergeben sich 4 Eintragsmöglichkeiten: 0,1, 2 oder 3. Ist der Strich sehr lange (Minimum 2/3 der genannten Distanz) oder gar durchgehend von Kopf bis Hüfte wird eine „4" eingetragen.

8. und 9. Kriterium [! links /! rechts]: Anzahl der Ausrufezeichen auf den Rückenstreifen. Jede Zeichnung die einem Ausrufezeichen ähnlich sieht; ein Punkt gefolgt von einem längeren Segment, wird berücksichtigt. Die Ausrufezeichen die „Kopf stehen" zählen auch.

10. Kriterium: [RLV]: **R**echts**L**inks**V**erbindung: sind die Rückenstreifen über die Mitte ein oder mehrere Male verbunden wird dies als 0, 1, 2, ... eingetragen. Kopf und Schwanz werden hier nicht mit in Betracht gezogen, nur der Rücken.

11. Kriterium [Laachm]: recht häufig befinden sich am Schwanzansatz zwei seitliche Punkte und dahinter ein Querstrich :). Erinnert diese Figur an ein „Smiley" wird dies mit einer „1" bewertet.

12. Kriterium [Binden]: zählt die Anzahl der Querbinden auf dem Schwanz, nur die Binden die die rechte und linke Schwanzseite verbinden werden gezählt. Im Fall wo zwei sukzessive Binden seitlich miteinander verbunden sind, zählt dies nur als eine Binde. Varianten von 0 bis 6 möglich.

13. und 14. Kriterium [Leere L / Leere R]: die Rückenlinien weisen oft schwarze Unterbrechungen auf, wo jegliche Punkte oder Segmente fehlen. Ist diese Unterbrechung

Tab. 2. Die 20 Unterscheidungs-Kriterien zur Identifikation der Individuen mit den beobachteten Varianten.

Kriterium	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Abkürzung	Pkt	VerbL	VerbR	Str L	Str R	L links	L rechts	! Links	! Rechts	RLV	Laachm	Binden	Leere L	Leere R	durchbrL	durchbrR	N links	N rechts	verb	ablauf str
Varianten	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2 Pkte	kurz	kurz	2	2	2	2	2	2	2		2	2	2	2	2				2
	brösel			3	3	3	3			3		3								3
	mini			4	4	4	4					4								
				5	5							5								
				6	6							6								

länger als 1/5 der Distanz Kopfrumpftrennlinie bis Hüftlinie wird sie gezählt und als „1" bewertet.

15. und 16. Kriterium [durchbr L / durchbr R]: wenn der Kopfstreifen nicht kontinuierlich verläuft, wird die Anzahl der Unterbrechungen zwischen Augapfel und Kopf-Rumpftrennlinie aufgeschrieben, also 0, 1, 2, ... Im Zweifelsfall, bei sehr dünnen Verbindungen steht eine „1".

17. und 18. Kriterium [N links / N rechts]: Verbindung Auge-Nase: die Kopfstreifen sind bei einigen Tieren verlängert bis zur Nasenspitze. Ist dies der Fall wird eine „1" eingetragen unter der Bedingung, dass der Streifen wenigstens mehr als die Hälfte der Distanz Augapfel-Nasenspitze lang ist.

19. Kriterium [verb]: Augen-Nase beiderseits verbunden: sind die eben aufgeführten Streifen vorne auf der Nase verbunden, wird auch dieses Kriterium positiv bewertet.

20. Kriterium [ablauf Str]: Ablaufende Streifen: weist ein Punkt oder Segment auf dem Rücken eine Fortsetzung die in mehr oder weniger rechtem Winkel in Richtung zum Bauch verläuft, wird dies als ablaufender Fleck eingetragen. Diese Fortsetzung soll aber wenigstens Länger als breit sein.

Tab. 2 zeigt welche Varianten von Kriterien möglich sind. Auf der Basis dieser Kriterien wurde eine Datenbank aufgebaut.

Abb. 5 zeigt am Beispiel des Salamanders ZQ26 welche Kriterien zu diesem Tier gehören. Wenn, wie im Auszug der Datenbank in Tab. 3, diese Werte in die unterste Zeile eingegeben werden, wurde mit Hilfe des Tabellenprogramms Excel die Übereinstimmung (in Prozent) von jedem Tier in der Liste mit den Daten errechnet. In diesem Fall erscheint der Wert 100% in der Reihe von ZQ26, es ist demnach mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit dasselbe Tier. Wenn keine hundertprozentige Übereinstimmung gegeben ist wird in zwei Etappen verfahren: ein Filter selektiert die Tiere mit hohem Prozentsatz und der Einsatz weiterer Filter, respektiv der Vergleich der Fotos der Tiere, führt zur Identifikation. Zweifelsfälle, die eher selten waren, konnten durch den Vergleich der Zehenfärbung der Tiere meist schnell geklärt werden.

Diese Methode ermöglicht es relativ einfach und schnell den Salamander zu identifizieren.

2.4. Berechnung der Populationsgröße

Auf den Vorschlag von Herrn Roland Proess hin, wird der Lincoln-Petersen-Index (Lincoln-Petersen 2019a, b) zur Berechnung der Populationsgröße eingesetzt. Diese Methode wird bei Amphibien-Populationen gebraucht (z. B. Hasen 2011). Die Voraussetzungen für die Anwendung der Formel sind, dass es sich um eine geschlossene Population handelt

Tab. 3. Auszug aus der Datenbank. Nach Eingabe der Kriterien eines Individuums in die untere Zeile errechnet das Programm die Wahrscheinlichkeit (in %) der Identitität dieses Tieres mit einem schon vorher erfassten Individum. Der Salamander ZQ26 (Fettdruck) entspricht zu 100% den Kriterien eines ‚schon bekannten' Tieres. Dies zeigt darauf hin, dass es sich um dasselbe Individuum handelt.

Name	% Übereinstimmung	Pkt	VerbL	VerbR	Str L	Str R	L links	L rechts	! Links	!Rechts	RLV	Laachm	Binden	Leere L	Leere R	durchbrL	durchbrR	N links	Nrechts	verbunden	ablauf str
ZP30	65%	1	0	0	3	4	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
ZP33	45%	0	1	kurz	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
ZP34	45%	1	kurz	kurz	4	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
ZP4	60%	0	1	0	4	3	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0
ZP6	80%	0	kurz	0	3	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
ZP9	35%	1	S	0	4	4	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
ZQ13	60%	1	0	0	3	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ZQ17	60%	0	kurz	kurz	3	3	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
ZQ18	55%	0	0	0	3	3	1	1	1	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0
ZQ2	55%	0	1	0	2	4	1	0	0	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
ZQ22	70%	0	0	0	3	4	1	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
ZQ25	55%	0	kurz	0	3	3	1	1	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
ZQ26	**100%**	**0**	**kurz**	**1**	**3**	**4**	**1**	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**2**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**1**	**0**	**2**
ZQ28	45%	1	0	0	1	4	4	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0
ZQ29	40%	mini	1	0	5	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
ZQ3	60%	mini	kurz	1	4	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ZQ30	40%	0	0	0	4	3	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	1	0	0	0	0
ZQ31	60%	0	kurz	kurz	4	2	0	2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
ZQ32	55%	0	1	0	1	3	4	1	0	0	1	0	2	0	0	0	0	1	1	1	0
ZQ36	60%	0	0	kurz	2	4	1	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	1	0	0	0
ZQ38	45%	0	1	0	4	6	1	0	0	1	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
ZQ39	55%	1	1	1	6	4	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ZQ41	35%	0	1	0	4	2	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0
ZQ42	55%	0	0	kurz	4	3	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
ZQ43	60%	0	0	0	3	3	1	1	1	1	0	0	2	0	0	0	0	1	1	1	0
ZQ44	50%	0	0	kurz	4	3	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Eingabe neues Tier		0	kurz	1	3	4	1	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	1	0	2

(Ab- und Zuwanderungen, Geburten und Todesfälle werden vernachlässigt damit dies zutrifft), die Markierung permanent ist (was beim Farbmuster des Feuersalamanders prinzipiell zutrifft) und die Wahrscheinlichkeit eingefangen zu werden dieselbe bei markierten und nicht markierten Tieren ist.

Die eingesetzte Formel lautet: $N = (n \cdot M)/m$ wobei N die geschätzte Populationsgröße ist, M die Zahl der anfänglich markierten Tiere, n die Gesamtzahl der Stichprobe und m die Zahl der markierten Individuen in der Stichprobe. Da hier 135 verschiedene Beobachtungstage zu bewerten sind, konnte die Formel nicht für jeden einzelnen Fangakt angewendet werden. Es wurde eine vereinfachte Methode gebraucht: die erste Hälfte der 903 Salamander (452 Individuen) wird als markiert angesehen, die zweite als Stichprobe (451 Individuen). Die Zahl der markierten, d.h. identifizierten Tiere in der Stichprobe, erlaubt dann die Berechnung der gesamten Population.



Abb. 4. Der Vergleich der Dimensionen der Waagschale mit denen der Mittellinie des Salamanders ermöglicht eine tiergerechte Längenmessung. Foto: G. Willems 29.01.2019.

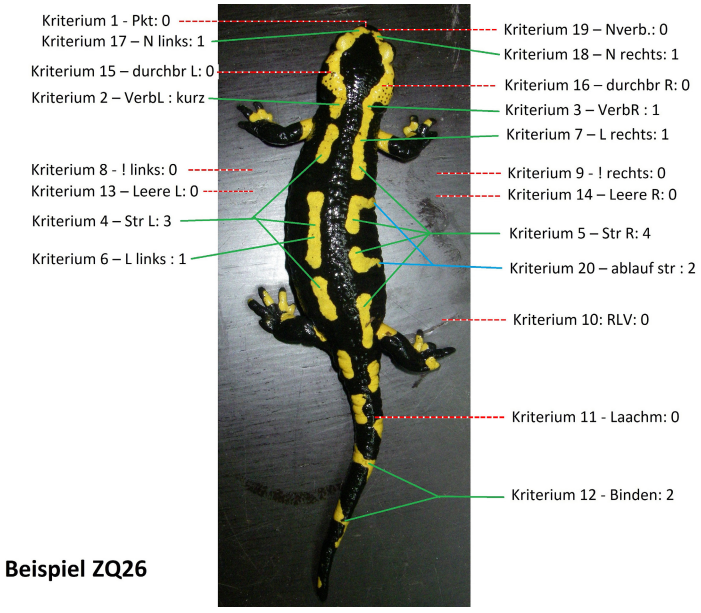


Abb. 5. Salamander ZQ26 mit den entsprechenden 20 Kriterien. Foto: G. Willems, 23.11.2017.

3. Ergebnisse

3.1. Größe der beobachteten Population

Insgesamt wurden 1355 Fotos von Feuersalamandern im Zeitraum von April 2008 bis Dezember 2018 erstellt. Davon konnten 486 Fotos einzelnen Individuen zugeordnet werden. 832 Fotos waren doppelte Aufnahmen eines Tiers (61,4%) und 37 Fotos zeigten Tiere, die tot aufgefunden wurden.

Zu den tot aufgefundenen Feuersalamandern kann bemerkt werden, dass alle durch PKW überfahren wurden, außer einem Tier, welches von einem Wildtier getötet wurde. Die 37 toten Individuen stellen 7,6% der Gesamtzahl dar.

Nicht eingeschlossen sind bei dieser Zählung die 41 Beobachtungen von Feuersalamanderlarven, weil diese aufgrund der ungenauen Zeichnung nicht identifizierbar sind.

Zur Berechnung der Gesamtpopulation nach der Lincoln-Petersen-Methode mussten die doppelt oder mehrfach beobachteten Tiere bei den 451 letzten Beobachtungen aus der Tabelle herausgefiltert werden: es waren 332 Salamander. Die Formel ergibt demnach:

Zahl der anfänglich markierten Tiere: M = 452.

Gesamtzahl der Tiere in der Stichprobe: n = 451.

Markierte Individuen in der Stichprobe: m = 332.

$N = (n \cdot M) / m = (451 \cdot 452) / 332 = 614$ Feuersalamander.

Auf Grund der vorhandenen Beobachtungen ergibt sich also für die Größe der Gesamtpopulation, ein Schätzwert von 614 Salamandern.

3.2. Morphometrische Daten und Zusammensetzung der Population nach Geschlecht und Gewicht

Die Altersstruktur einer Population ist ein wichtiger Faktor für den Fortbestand der Population. Demnach wurde eine Einteilung in Jungtiere, männliche und weibliche Tiere und (deutlich) tragende Weibchen vorgenommen. 171 von den insgesamt 486 Salamander konnten keiner der genannten Kategorien zugeordnet werden. Die restlichen 315 Tiere sind 157 ausgewachsene Tiere und 158 Jungtiere, die letzteren besser bezeichnet als Inadulte.

Die 157 adulten Salamander teilen sich auf in 79 Männchen (50,3% der Adulten) und 78 Weibchen (49,7%). Bei den Weibchen sind 54 von 78 Tieren deutlich sichtbar tragend, das sind 69,2% aller Weibchen. Da junge Weibchen aber schwer als Weibchen zu erkennen sind, ist dieses Resultat aber wenig aussagekräftig.

Feuersalamander werden in dieser Studie als Jungtiere bezeichnet, wenn ihre Kopflänge die Hälfte der Rumpflänge übertrifft. Dies trifft zu bei Tieren mit einem Gewicht bis zu sieben Gramm und etwa zehn Zentimeter Körperlänge. Nach Seifert (1991), können Feuersalamander ab einem Körpergewicht von etwa zehn Gramm sicher einem Geschlecht zugeordnet werden. Geiler (1974) situiert die Geschlechtsreife bei Tieren von 10 cm Gesamtlänge und einem Alter von drei, höchstens 4 Jahren. Auch wenn die Definition vom Jungtier etwas unklar ist, weisen die Zahlen aus Arsdorf auf eine gesunde Populationsstruktur hin: 159 Feuersalamander sind als Jungtiere eingestuft, das ist mit 32,7% der beobachteten Tiere ein sehr hoher Anteil. Dies ist umso mehr bemerkenswert, weil Thiesmeier (2004), davon ausgeht „dass in vielen Populationen der Anteil der Juvenilen wahrscheinlich relativ gering ist". Genaue Untersuchungen zu den Prozentsätzen von Jungtieren in einer Population hat der Verfasser noch nicht gefunden.

Innerhalb dieser juvenilen Gruppe wurden im Herbst 2018 20 frisch metamorphosierte Tiere (die also 2018 geboren wurden) gezählt und auch fotografiert (auch wenn das Farbmuster dieser Tiere oft noch undeutlich und verschwommen ist), das sind 4,1% der Population.

Die Bestimmung des Gewichtes wurde bei 347 Tieren vorgenommen. Insgesamt sind aber 662 Gewichtseinträge vorhanden, da viele Tiere mehrmals gewogen wurden. Das leichteste Tier (DG4), frisch metamorphosiert, wog 0,9 g. Das schwerste ist ein sehr bemerkenswertes Tier: das unter der Bezeichnung G1 geführte tragende Weibchen, wies ein Körpergewicht von 51,2 g auf (Abb. 6), bei einer Gesamtlänge von 20,6 cm. Feuersalamander deren Gesamtlänge 20cm überschreitet sind selten (Thiesmeier 2004).

Das mittlere Gewicht aller gewogenen Tiere betrug 12,5 g (n=347). Dies ist deutlich weniger als in anderen Studien, lässt sich aber durch den hohen Anteil an Juvenilen erklären. Die männlichen Salamander wogen im Durchschnitt 14,7 g (n=79), das Maximalgewicht für ein Männchen betrug 26,0 g, wobei ein junger Salamander von 5,5g schon deutlich als männlich erkannt werden konnte. Die Weibchen brachten es auf ein mittleres Gewicht von 24,8 g (n=55). Da jüngere und leichtere Weibchen als solche nicht klar identifiziert werden können, gilt dieser Wert nur für ältere Weibchen. Wie oben erwähnt, betrug das Maximalgewicht bei Weibchen

Tab. 4. Gewichtszunahme der Salamander CY1 und ZZB8.

Datum	Gewicht (g)
Gewichtszumahme CY1	
20.06.18	7,0
29.08.18	10,5
04.09.18	12,0
05.09.18	12,5
19.10.18	11,1
31.10.18	12,3
01.11.18	15,5
Gewichtszunahme ZZB8	
29.04.18	5,5
28.05.18	7,8
07.06.18	8,2
04.07.18	9,4
05.09.18	11,1

51,2 g. Das Maximalgewicht eines Jungtieres, welches in 2018 geboren wurde, betrug 1,9 g.

Eine Besonderheit war das Auffinden von Salamandern in einem Kanalschacht beim Waschbrunnen in Zone N. Es handelt sich dabei um ein viereckiges, etwa ein Meter tiefes Loch das durch einen Kanaldeckel geschlossen ist. Die Salamander können hineinkriechen, kommen dann aber nicht mehr heraus. Vier Feuersalamander konnten insgesamt aus diesem Schacht befreit werden. Eines der Tiere, CY1, war stark abgemagert. Später wurde das Tier noch sechsmal gefangen und gewogen: seine Gewichtszunahme ist spektakulär (Tab. 4): vom 20. Juni bis zum 1. November 2018 erhöhte sich sein Gewicht von 7,0 g auf 15,5 g. Innerhalb von etwa 4,5 Monaten hat sich sein Eigengewicht demnach mehr als verdoppelt.

Ein anderes, normal aufgewachsenes Jungtier ZZB8 schaffte es ebenfalls sein Körpergewicht zu verdoppeln: am 29. April 2018 zeigt die Waage bei ihm 5,5 g an, am 5. September 2018 waren es 11,1 g (Tab. 4).

Körperlänge der Feuersalamander: bei 71 Tieren konnte die Gesamtkörperlänge bestimmt werden. Das Weibchen mit der größten Körperlänge ist G1 mit 20,6 cm, das längste Männchen bringt es auf 16,3cm. Die in 2018 metamorphosierten Jungtiere hatten Körperlängen von 4,8 bis 6,3 cm.

Die Graphik in Abb. 7 zeigt das Verhältnis von Gewicht zu Gesamtkörperlänge von den 71 oben erwähnten Salamandern. (Die Werte von deutlich tragenden Weibchen wurden nicht eingetragen.)

3.3. Beschreibung des Fundortes und Versteckmöglichkeiten im Beobachtungsgebiet

Bei insgesamt 367 Feuersalamandern wurde der Fundort dokumentiert. Die geografische Verteilung der Tiere, dargestellt in Tab. 5, lässt klar erkennen, dass in den Zonen am jeweiligen Ende des Beobachtungsgebietes (Zonen M und F) die meisten Tiere (66%) gefunden wurden. Der Grund dafür ist sehr wahrscheinlich dieser: in Zone M dienen mehrere Löcher an der Basis einer Gartenmauer als optimaler Tagesunterschlupf (Abb. 2) und in Zone F ist ebenfalls das Tagesversteck ausschlaggebend; hier ist es ein natürlicher Schieferfelsen mit vielen fast horizontalen Spalten, der die Tiere beherbergt.

Während der gesamten Erkundungen hat der Autor die einzelnen Salamander stets in derselben oder in der Nachbarzone wiedergefunden. Da die Länge einer Zone rund 100 Meter beträgt, kann man daraus schließen, dass von den 367 Feuersalamandern kein Tier mehr als 200 Meter von seinem ersten Fundort entfernt wiedergefunden wurde. Manche Salamander befanden sich jeden Abend an fast exakt derselben Stelle,

Tab. 5. Die fünf Zonen, respektiv Übergangs- oder Doppelzonen (z.B. N/M), mit der Anzahl der Feuersalamanderfunde und den jeweiligen Prozentsätzen.

Zone	M	N/M	N	N/H	H	H/E	E	E/F	F	speziell	total
Anzahl der Tiere	118	14	48	0	8	3	37	13	125	1	367
Prozent	32%	4%	13%	0%	2%	1%	10%	4%	34%	0%	100%



Abb. 6. Das Feuersalamanderweibchen G1 auf der Waage. Foto: G. Willems 23.09.2018.

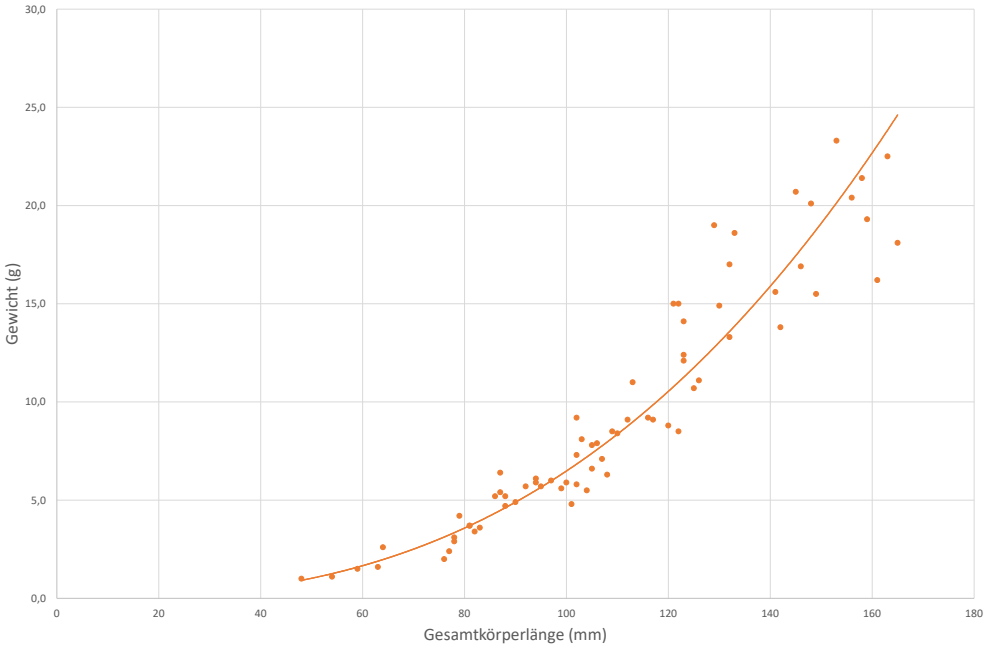


Abb. 7. Körpergewicht (g) der Feuersalamander im Verhältnis zur Gesamtkörperlänge (mm) (N=71). Tragende Weibchen sind nicht berücksichtigt.

oft mit nur einigen Dezimetern Distanz. Bei ungünstigen Wetterbedingungen (z. B. Temperaturen nahe dem Gefrierpunkt) war es nicht zu übersehen, dass die Feuersalamander sich in unmittelbarer Nähe zum Eingang ihres Tagesverstecks aufhielten.

Feuersalamander werden oft als Beispiel für ein Tier mit hoher Standorttreue zitiert (Thiesmeier 2004). Die Größe des Aktionsradius („home range“) wird momentan diskutiert (Schulte 2007). Auch wenn die vorangehenden Daten auf lokal

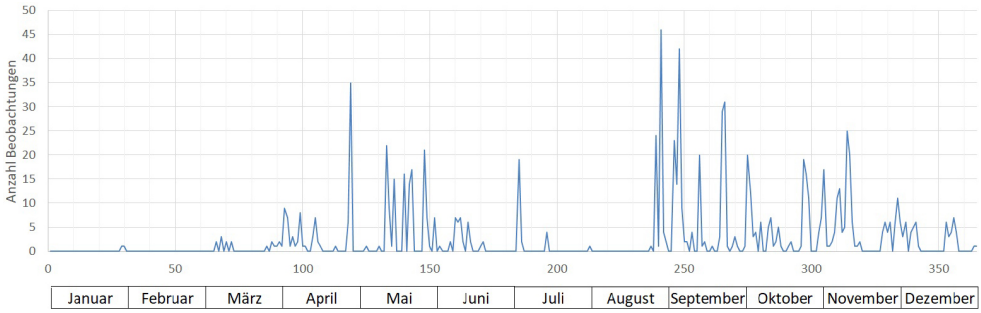


Abb. 8. Anzahl der Feuersalamanderbeobachtungen im Jahr 2018 in Arsdorf.



Abb. 9. Dieses Feuersalamander-Jungtier (ZZ3) hat am Übergang vom Rumpf zum Schwanz einen grauweißen Belag auf der Oberseite. Foto: G. Willems, 02.10.2017.

begrenzte Lebensräume schließen lassen, sind Schlussfolgerungen was die Mobilität dieser Amphibien angeht mit Vorsicht zu genießen, da nur ein sehr beschränkter Raum abgesucht wurde, da mehr als die Hälfte der Tiere nicht wiedergefunden wurde und da andere Faktoren wie Alter, Geschlecht und Jahreszeit das Bewegungsverhalten beeinflussen können.

3.4. Beobachtungen im Jahr 2018 und insgesamt (2008-2018)

Die Graphik in Abb. 8 zeigt die Aktivität der Feuersalamander im Verlauf des Jahres 2018. An 135 von 344 Tagen (39,2%) wurden Feuersalamander gefunden.

Insgesamt wurden in demselben Jahr 903 Salamander fotografiert. Der Durchschnittwert bei den erfolgreichen Beobachtungstagen liegt bei 6,8 Tieren pro Tag. Am 29. August 2018 wurden die meisten Feuersalamander gefunden: 46 Individuen an einem Abend.

Die nachfolgenden Daten von Fang und Wiederfang beziehen sich nicht nur auf das Jahr 2018, sondern hier wurden sämtliche Beobachtungen mit einbezogen, also von 2008 bis 2018. Tab. 6 zeigt die Wiederfangquote. Zwischen den Individuen gibt es starke Unterschiede was die Wiederfangquote angeht: 279 von den 486 identifizierten Salamandern, das sind 57%, wurden nur einmal beobachtet, während andererseits ein Tier 23-mal fotografiert wurde. Die Zahl der Tiere die mehr als zehnmal gesehen wurden, beträgt 13 Stück. Bei diesen 13 Salamandern sind elf Männchen, ein Weibchen und ein juveniles Tier.

Zwei Zufallsbeobachtungen fanden am Tag statt. Am 31.5. sowie am 2.6.2018 wurden zwei, respektiv ein Tier am helllichten Tag beobachtet (7.00 Uhr und 7.30 Uhr). Dabei handelte es sich ausschließlich um Jungtiere. Wahrscheinlich waren heftige, andauernde Gewitterregen verantwortlich für ihr Erscheinen.

Tab. 6. Wiederfangquote von 486 Feuersalamandern.

Zahl der Wiederfänge	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17	23
Anzahl betroffener Tiere	279	91	48	25	22	12	7	12	7	7	2	2	1	4	1	1	1	1

3.5. Weitere Beobachtungen

3.5.1. Gesundheitszustand der Population

Die beobachteten Salamander schienen alle in guter Verfassung zu sein: es wurden keine abgemagerten, lethargischen, schwachen oder verletzten Tiere bemerkt, abgesehen von den folgenden Beschreibungen.

Ein Jungtier, ZZ3, hatte am 2. Oktober 2017 am Übergang vom Rumpf zum Schwanz einen grauweißen Belag auf der Oberseite (Abb. 9). Als das Tier am 24. Oktober 2018 fotografiert wurde, war dieser verschwunden. Zwei Fälle von Enukleationen wurden festgestellt: jeweils das rechte Auge der Salamander ES6 und ZP26 fehlt (Abb. 10). Ein Tier (CF5) hatte einen eingekürzten Schwanz (Abb. 11): diese Anomalie ist nicht selten bei Salamandern, und ist wahrscheinlich auf eine Verletzung in der Larvalphase zurückzuführen (Seidel 2016). Zudem wurde am 15. Juni 2018 eine Larve im Waschbrunnen entdeckt, deren Schwanz anormal kurz war (Abb. 12).

Da keine anormalen Hautveränderungen (außer derjenigen die oben erwähnt wurde) und keine Sterbefälle durch schlechten Gesundheitszustand zu verzeichnen sind, deutet nichts auf eine Bsal-Infektion hin. Trotzdem wurde vom Autor vorsichtshalber von drei Individuen eine Haut-Tupferprobe genommen und im Berliner Labor Exomed auf die Präsenz vun Bsal untersucht. Das Resultat war negativ.

Eine zeitlich klar begrenzte Paarungszeit kennt der Feuersalamander nicht (Thiesmeier 2004). Zwei Beobachtungen von Paarungen sind vermerkt: am 21. Oktober 2017 und am 25. Oktober 2018. Letztere war eher ein Paarungsspiel, da das untere Tier die Vorderbeine des oberen nicht umschlungen hatte, wie bei einer echten Paarung. Eine Spermatophorenabgabe wurde bei keinem dieser Paarungversuche gesehen.

3.5.2. Zusammenleben mit anderen Arten

Thiesmeier (2004), listet Beobachtungen auf, bei denen Feuersalamander syntop mit anderen Tieren gefunden wurden, solche Beobachtungen sind häufig. Bei dieser Studie wurden folgende Tiere in oder am Eingang zu den Salamandertagesverstecken beobachtet: häufig: Bergmolch (*Ichthyosaura alpestris* (Laurenti, 1768)) und Erdkröte (*Bufo bufo* (Linnaeus, 1758)), gelegentlich: Waldmaus (*Apodemus sylvaticus* (Linnaeus, 1758)) und Fadenmolch (*Lissotriton helveticus (*Razoumowsky, 1789)). Auch Zusammentreffen dieser Arten außerhalb der Schutzhöhle wurden regelmäßig in Arsdorf beobachtet.

3.5.3. Beobachtete Veränderungen im Farbmuster der Feuersalamander

Da Salamander aller Altersstufen beobachtet wurden, konnten Änderungen des Farbmusters, vor allem bei Jungtieren, festgestellt werden. Beim Vergleich der chronologisch aufeinanderfolgenden Bilder eines selben Tieres konnte festgestellt werden, welche Art von Veränderungen im Zeichnungsmuster stattgefunden haben. Die Abb. 16 bis 18 zeigen diese Veränderungen bei 3 Jungtieren. Eine Nahaufnahme (Abb. 19) zeigt eine Depigmentarisierung im vorderen Rückenbereich beim Salamander DN40. Die Veränderungen werden in der Diskussion kommentiert.

3.5.4. Fährte / Trittsiegel des Feuersalamanders

Im Schlamm im Becken des Waschbrunnens wurde eine Fährte eines Salamanders entdeckt. Da der Autor eine solche in der Literatur noch nicht gefunden hat, ist sie im Anhang abgebildet (Abb. 13) und erklärt.

3.5.5. Farbvarianten

Abb. 14 zeigt die beobachteten Farbvarianten in der Population.

4. Diskussion

Dem Autor ist keine Studie bekannt, in der eine Feuersalamander-Population tagtäglich ein ganzes Jahr lang beobachtet wurde.

Die in Abb. 8 dargestellte Aktivität der Salamander ist im Frühjahr und Herbst deutlich höher als im Winter und Hochsommer. Die lange Trockenphase im Spätsommer 2018 hat die Aktivität eingeschränkt, während der milde Winteranfang Beobachtungen bis zum Ende des Jahres zugelassen hat. Im Dezember 2017 (nicht dargestellt in der Abb. 8) wurde kein einziges Tier gesehen, im Dezember 2018 waren es 56. Dies zeigt, dass der Feuersalamander ganzjährig aktiv ist, jedoch sein Versteck nur bei günstigen Wetterbedingungen verlässt. Umgekehrt kommt es vor, dass die Salamander an einem Tag massenhaft aus ihren Verstecken auftauchen und am Tag danach, trotz absolut gleichbleibenden Wetterbedingungen, nur noch sehr wenige Tiere präsent sind. Nur bei viel Niederschlag nach langen Trockenperioden kann man sich darauf verlassen, dass die Tiere in hoher Zahl erscheinen.

Weil das Beobachtungsgebiet sich auf die Straße und die Seitenstreifen beschränkt hat, muss man bedenken, dass Tiere die abseits der Straße lebten, aber sich nie auf den Asphalt begaben, nicht erfasst wurden. Die Präsenz der Salamander auf der Straße hängt einerseits von natürlichen Faktoren wie Dunkelheit, Feuchtigkeit, Temperatur, Wind, Hunger oder Paarungstrieb der Tiere usw... ab, es gibt aber auch eine Reihe menschlicher Faktoren die Einfluss haben: Mäharbeiten entlang der Straße, Beleuchtung der Straße, Präsenz von Menschen die nachts ihre Hunde ausführen, fahrende PKW, Ausbringen von Streusalz, usw.. all diese Faktoren könnten die vorliegenden Resultate auch beeinflusst haben. Die Manipulation der Feuersalamander durch mich selbst hatte auch einen Einfluss: verschiedene Tiere die mehrmals von mir gefangen wurden, zeigten ein stärkeres Flucht- oder Abwehrverhalten. Ein ähnliches Verhalten wurde sonst nur ab und zu bei Jungtieren beobachtet. Nach Börder (2011) scheinen Feuersalamander Straßen weniger zur Nahrungssuche aufzusuchen, eher wegen der leichteren Fortbewegung ohne hindernde Vegetation.

4.1. Identifikation der Feuersalamander

Zum benutzten Identifikationssystem ist zu bemerken, dass Feuersalamander im Prinzip leicht identifiziert werden können, wenn man ihr Farbmuster auf Fotos vergleicht, da jedes Tier eine individuelle Zeichnung hat. Bei einer großen Anzahl ist jedoch ein Hilfsmittel nötig, um den Überblick zu behalten. Es gibt verschiedene Methoden im Angebot z. B. „Amphident", ein Computerprogramm welches die Fotos der Salamander verarbeiten kann um sie zu vergleichen. Dieses Programm ist jedoch sehr teuer. Das Identifikationssystem „Mandermatcher" (Speybroeck und Steenhoudt 2017) welches seit 2017 angeboten wird, kann kostenfrei heruntergeladen und benutzt werden und ermöglicht das Erschaffen einer kompletten Datenbank für Feuersalamanderstudien. Bei „Mandermatcher" basiert die Unterscheidung der Tiere auf 44 verschiedenen Kriterien. Leider habe ich dieses Programm erst entdeckt als meine Arbeit so gut wie abgeschlossen war. Für die Zukunft kann dieses Hilfsmittel jedoch nützlich sein, da zu jedem Tier und jeder Beobachtung eine ganze Reihe Daten erfasst werden können (Wetterdaten, Fundort, Körperlänge und Gewicht, ...). Ob das in dieser Studie vom Autor benutzte System für Feldherpetologen von Nutzen ist, müsste in der Praxis geprüft werden.

4.2. Interpretation der Gewichtsdaten und methodische Einschränkungen

Zuerst müssen verschiedene Faktoren die das Gewicht und das Wiegen betreffen, kurz erläutert werden: Beim Wiegen der Tiere gibt es Faktoren, die das Resultat verfälschen können. Während man auf einen waagerechten Stand der Waage achten muss, herabhängende Schwänze von Salamandern nicht übersehen darf und auch groben Schmutz vom Körper der Tiere entfernen muss, gibt es ein Problem das schwieriger zu lösen ist: sehr oft regnet es bei einer erfolg-



Abb. 10. Zwei Fälle von Enukleationen: jeweils das rechte Auge der Salamander ES6 (Abb. links) und ZP26 (Abb. rechts) fehlt. Foto: G. Willems, 24.10.2018 und 22.09.2018.



Abb. 11. Feuersalamander mit eingekürztem Schwanz und einer mutilierten linken Hinterpfote. Foto: G. Willems, 30.08.2018.



Abb. 12. Im Waschbrunnen entdeckte Feuersalamanderlarve mit eingekürztem Schwanz. Foto: G. Willems, 15.06.2018.

reichen Salamandersuche. Wie stark Regenfall das Abwiegen verfälscht, wurde in einem kleinen Experiment untersucht, bei dem der Gewichtsunterschied zwischen einem tropfnassem und einem trockenen Salamander gemessen wurde. Zwei erwachsene Tiere (FP 5 und FP6) wurden zuerst trocken und dann tropfnass gewogen. Das Resultat ergab ein Zusatzgewicht von maximal 4,6% bei dem erwachsenen nassen Weibchen und maximal 3,7% beim Männchen. Es ist demnach davon aus zu gehen, dass die Körpernässe das Gewicht bis zu etwa 5% verfälschen kann. Der Regen hat demnach einen Einfluss beim Abwiegen. Andauernde Trockenheit hingegen, lässt die Tiere eventuell austrocknen und leichter werden.

Beim Auswerten muss berücksichtigt werden, dass das Gewicht der Salamander saisonbedingt schwankt: sowohl während dem Winter oder einem trockenen Hochsommer nehmen sie kaum Nahrung zu sich und können nicht an Gewicht zunehmen. Bedeutende Gewichtszunahmen sind auch möglich: ein Tier wurde vom Verfasser beobachtet während es eine übergroße Beute zu verschlingen versuchte.



Abb. 13. Fährte eines Feuersalamanders im feuchten Schlamm des Waschbrunnens mit der Interpretation der Spuren. Foto: G. Willems, 05.12.2018.

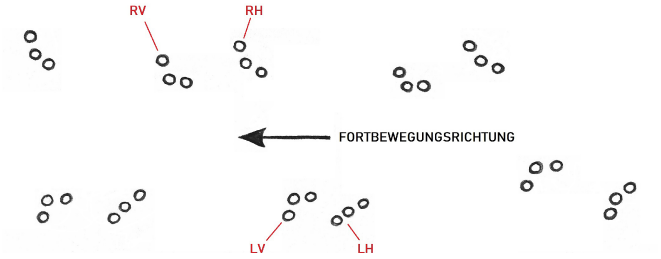




Abb. 14. Sechs verschiedene Feuersalamander die im Beobachtungsgebiet gefunden wurden mit ihren unterschiedlichen Zeichnungsmustern. Fotos: G. Willems 2018.

Auch die Längenmessung kann verfälscht sein: eingekürzte oder Stummelschwänze täuschen kürzere Tiere vor, zudem ist ein qualitativ gutes Foto nötig um mit der beschriebenen Technik genaue Längenmessungen durchzuführen.

Sind Länge und Gewicht der Tiere bekannt, können diese beiden Varianten in Verbindung gebracht werden: Das Verhältnis von Gewicht zu Körperlänge in der Abb. 7 ergibt eine klare Kurvenlinie. Bei den jungen Tieren bis zu einem Gewicht von etwa zehn Gramm, respektiv 120 mm Länge, sind die Werte gebündelt entlang einer Linie. In dieser Phase ist ein ausgeprägtes Längenwachstum vorhanden, die Gewichtszunahme hingegen bleibt moderat. Bei den größeren und längeren Tieren verteilen sich die Werte immer mehr fächerförmig und das Längenwachstum verlangsamt sich, während das Gewicht stärker ansteigt.

Da die Werte der Länge und des Gewichts der Jungtiere nah beieinander liegen, stellt sich die Frage, ob es möglich ist diese Daten zu nutzen um eine grobe Altersbestimmung daraus abzuleiten. Laut Thiesmeier (2004) kann man bei adulten Feuersalamandern aus den Werten Länge und Gewicht keine Rückschlüsse auf das Alter der Tiere ziehen. Dies, weil bei einer Untersuchung von Seifert (1991) bei adulten Tieren über eine Zeitspanne von 7 Jahren keine nennenswerten Unterschiede in Punkto Gewicht und Körperlänge zu verzeichnen waren. Eine andere Ansicht findet sich bei Seidel (2016), der notiert, dass Feuersalamander ein Leben lang wachsen. Um diesen Widerspruch zu klären kann man sich das mittlere Gewicht von zwei deutlich trächtigen Weibchen aus der vorliegenden Studie ansehen: das adulte Weibchen ES5 wog 21,3g, das adulte Weibchen G1 44,1g. Gäbe es bei adulten Tieren kein Wachstum, stünde das Endgewicht dieser Salamanderweibchen in einem Verhältnis von mehr als 1:2, was sehr erstaunlich wäre. Der Autor nimmt deshalb eher an, dass Feuersalamander im Prinzip kontinuierlich wachsen. Ob man mit den Werten Gewicht und Länge eine Altersbestimmung vornehmen kann, hängt davon ab ob diese beiden Werte immer in demselben Verhältnis zueinanderstehen. Eine Verifikation davon wurde gemacht indem in derselben Graphik Gewicht und Körperlänge von Feuersalamandern aus drei verschiedenen Populationen eingetragen wurden. Das Resultat ist in Abb. 15 dargestellt: die orangefarbenen Punkte und Linien stammen aus einer Studie aus Dresden von Geiler (1974), der 445 Salamander gewogen und vermessen hat, die blauen (von mir geschätzten) Daten von Seifert (1991), aus Ostthüringen, die grauen Punkte und Linie stellen die 46 Luxemburger Salamander dar. Trotz der groben Vorgehensweise (es wurden nur Werte der jeweiligen Mittellinie der Quellengraphiken eingetragen, nicht die kompletten Daten) ist die Übereinstimmung der Kurven erstaunlich hoch. Dies deutet auf ein ähnliches Verhältnis zwischen der Gewichts- und Längenzunahme in verschiedenen Feuersalamander-Populationen hin. Bei Schlüpmann (2008), ergeben die Daten jedoch eine lineare Längen-Gewichtsrelation, allerdings wurden hier nur wenige Tiere vermessen. Um das Verhältnis von Länge zu Gewicht genau zu kennen, müssten zusätzliche Daten aus verschiedenen Populationen vorliegen und verglichen werden.

Es ist aber auch interessant, in der hier untersuchten Population das Gewichts-Längenverhältnis bei einzelnen bekannten heranwachsenden Individuen über die nächsten Jahre zu verfolgen. Falls das Verhältnis konstant ist, würde es, für die Zukunft, wenigstens bei Jungtieren bis zehn Gramm Gewicht, eine grobe Altersschätzung mittels Länge und Gewicht ermöglichen.

4.3. Änderungen im Zeichnungsmuster des Feuersalamanders

Das individuelle Zeichnungsmuster dient zur Identifikation der Salamander. Dies setzt voraus, dass die Färbung der Tiere sich nicht ändert. Laut Rimpp (2007) verändert sich das Zeichnungsmuster bis zu maximal 1,5 bis 2 Jahren nach der Metamorphose.

Der Autor hat beim Ausarbeiten des Identifikationssystems viel Zeit mit intensivem Beobachten des Farbmusters verbracht. In der Literatur sind Beobachtungen zur Veränderung der Salamanderzeichnung nicht sehr häufig, abgesehen von etlichen Studien über Farbänderungen der Larven und spä-

teren Salamander in verschieden farbigen Lebensräumen. Beukema (2011), analysiert die Veränderungen in Häufigkeit und Form der Flecke bei *Salamandra corsica* Savi, 1838 in Bezug auf die Körperlänge, beschreibt die Art der Formänderungen aber nicht.

Bei den Arsdorfer Feuersalamandern wurden verschiedene Veränderungen, vor allem bei nicht adulten Tieren festgestellt. Häufige kleinere Veränderungen gab es in der Nasen- und Schwanzregion. Veränderungen an den Extremitäten, dem Kopf (außer Nase) und dem seitlichen Rücken waren eher selten. Eine sehr häufige, fast konstante Veränderung betrifft die Rücken-Mittellinie. Im Bereich der doppelten Dorsaldrüsenreihe verschwinden beim wachsenden Feuersalamander die gelben Pigmente, so dass die Gelbfärbung der rechten und linken Körperseite getrennt wird. Die Abb.en 16, 17 und 18 zeigen die eben erwähnten Veränderungen bei drei Jungtieren, die in einer Zeitspanne von achteinhalb bis elf Monaten entstanden sind. Abb. 19 zeigt das Verschwinden der gelben Pigmentierung beim Salamander DN40 im vorderen Rückenbereich.

Ähnliche Beobachtungen macht Balogová (2014), die beschreibt, dass bei einzelnen Individuen Flecke schrumpfen oder getrennt werden. Die Fotos im Anhang ihrer Studie zeigen auch hauptsächlich Veränderungen im Bereich der Mittellinie. Dasselbe gilt für drei Bilder bei Thiesmeier (2004: 23), wo die Entwicklung des Zeichnungsmusters eines zwei, acht und 15 Monate alten Tieren abgebildet ist; die Hauptveränderungen betreffen Nase, Rückenmittellinie und Schwanz.

Um diese Veränderung zusätzlich zu dokumentieren, wurde bei 273 Fotos dieser Studie untersucht, bei welchen Tieren die Querverbindung über der Rückenlinie präsent ist. Der Schwanz wurde hierbei nicht berücksichtigt. Bei den adulten Tieren gibt es eine oder mehrere solcher Querverbindungen bei sieben von 208 Individuen, also 3,4%. Bei den Jungtieren fand der Autor bei 52 von 65 Tieren eine oder zwei solcher Verbindungen also 80,0%. Alles deutet also darauf hin, dass die gelbe Pigmentierung im Bereich der Dorsaldrüsenreihen mit dem Wachstum bei den meisten der Salamander verschwindet. Dies ergibt eine Konsequenz für das angewandte Identifikationssystem: das Kriterium „RLV", die Rechtslinksverbindungen, ändert sich bei vielen Salamandern im Laufe ihrer Entwicklung. Da alle anderen 19 Kriterien keinen Bezug auf diese Veränderung haben, bleibt das System für alle Altersklassen anwendbar. Weitere Optimierungen des Systems erlauben vielleicht eine Identifikation des Feuersalamanders von der metamorphosierten Larve bis zum adulten Tier.

4.4. Überlegungen zur Zukunft des Feuersalamanders

Die vorliegende Bestandsaufnahme einer, dem Anschein nach, gesunden Feuersalamander-Population von beachtlicher Größe, mit genügend Jungtieren und reichlich Tagesverstecken kann zu Optimismus verleiten. Doch neben den latenten Gefahren wie Zerstörung oder Verschmutzung der Ablaichbäche, Verschwinden der Unterschlupfmöglichkeiten, sowie der Gefahr durch den Straßenverkehr, ist die Situation der Feuersalamander in Luxemburg vor allem gekennzeichnet durch die Bedrohung durch den parasitären Pilz *Batrachochytrium salamandrivorans*, der sich in den Niederlanden, Belgien und seit kurzem in der deutschen Nordeifel lokal verbreitet hat und dort gravierende Bestandsrückgänge beim Feuersalamander (von mehr als 90%) mit sich bringt (Dalbeck et al. 2018). In der Südeifel, die östlich von Luxemburg liegt, sind bislang keine Bsal-positiven Fälle gefunden worden, jedoch konnte an einigen Fundorten, wo in den 1990er Jahren Feuersalamander festgestellt wurden, weder Larven noch adulte Tiere gefunden werden (Dalbeck et al. 2018). Es ist demnach wahrscheinlich nur eine Frage der Zeit bis der Chytridpilz Luxemburg erreicht, und es bleibt abzuwarten wie verheerend die „Salamanderpest" sich auswirkt.

Danksagung

Mein Dank richtet sich in erster Linie an meiner Familie, die ein Jahr lang mein allabendliches Verschwinden erdulden musste und die ich auch in den etlichen Stunden bei der Verarbeitung der Daten vernachlässigt habe. Meine Töchter Anya

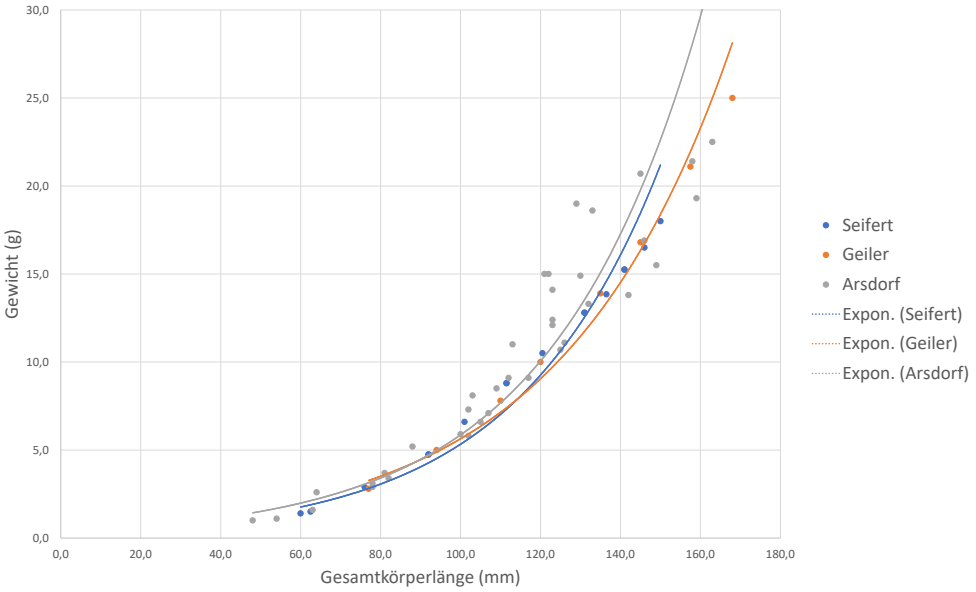


Abb. 15. Graphik mit dem Körpergewicht (g) der Feuersalamander im Verhältnis zur Gesamtkörperlänge (mm). Die Daten stammen aus drei verschiedenen Populationen: die orangefarbenen Punkte und Linien stammen aus einer Studie von Geiler (1974; N= 445) aus Dresden, die blauen (geschätzten) Daten von Seifert (1991; N=70), aus Ostthüringen, die grauen Punkte und Linie stellen die Daten der 46 Luxemburger Salamander dar.



Abb. 16. Änderungen am gelben Zeichnungsmuster bei dem jungen Feuersalamander ZQ2. Fotos: G. Willems, 01.09.2017 und 22.05.2018.



Abb. 17. Änderungen am gelben Zeichnungsmuster bei dem jungen Feuersalamander ZZ13. Fotos: G. Willems, 02.10.2017 und 08.11.2018.

und Rhona Willems haben mir bei meinem Projekt geholfen und wertvolles Bild- und Filmmaterial geschaffen. Simone Schneider hat mich ermutigt diese Arbeit zu verfassen und mich dabei unterstützt, auch Ihr meinen herzlichen Dank. Bei Roland Proess, Claude Meisch und Paul Diederich bedanke ich mich für die Korrekturarbeit.



ZZK4 am 24/10/17 und am 23/09/18

Abb. 18. Änderungen am gelben Zeichnungsmuster bei dem jungen Feuersalamander ZZK4. Fotos: G. Willems, 24.10.2017 und 23.09.2018.



Abb. 19. Vorderer Rückenbereich des Feuersalamander DN40. Der rote Pfeil zeigt eine Zone der Depigmentarisierung. Foto: G. Willems, 05.09.2018.

Literatur

AmphIdent. Mustererkennung zur automatischen Foto-Identifizierung von Amphibien. www.amphident.de [Gesichtet am 30. Januar 2019]

Anonymus, 2016. Changes in dorsal spot pattern in adult *Salamandra salamandra* (Linnaeus, 1758). *Herpetozoa* 28 (3-4): 167-171.

Anonymus, 2017. Chytridiomycose *Batrachochytrium salamandrivorans*, Bsal - Plan d'action – Belgique. http://environnement.wallonie.be/enquete-publique-salamandre/ [gesichtet am 20. Januar 2019].

Balogová, M., 2014. Changes in dorsal spot pattern in adult *Salamandra salamandra. Herpetozoa* 28: 167-171

Beukema, W., 2011. Ontogenetic pattern change in amphibians: the case of *Salamandra corsica*. Acta Herpetologica 6 (2): 169-174.

Börder, M., A. Karlsson, U. Sinsch, 2011. Bestandsdichte, Arealnutzung und Gefährdung einer Feuersalamander-Population (*Salamandra salamandra*) im Stadtgebiet von Koblenz (Rheinland-Pfalz). *Zeitschrift für Feldherpetologie* 18: 99–116.

Dalbeck, L. et al., 2018. Die Salamanderpest und ihr Erreger *Batrachochytrium salamandrivorans (Bsal)*: aktueller Stand in Deutschland. *Zeitschrift für Feldherpetologie* 25: 1–22,

Geiler, H., 1974. Morphometrische Untersuchungen an einer Feuersalamander-Teilpopulation in einem Unterarten-Mischareal (*Salamandra salamandra salamandra* L.und *S. sal. terrestris* Lacépède, 1788). *Hercynia* 11: 272-280.

Hasen, D., 2011. Bestandsuntersuchung von Gelbbauchunken-Populationen im Talkessel Schwyz-Ingenbohl mittels Fang-Wiederfang-Methode. Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW, Wädenswil, 159 S. (Unveröffentlicht).

Labus, N., M. Cvijanovic & T. Vukov, 2013. Sexual size and shape dimorphism in *Salamandra salamandra* (Amphibia, Caudata, Salamandridae) from the central Balkans. *Archives of Biological Sciences*: 65 (3): 969-975.

Lincoln-Petersen, 2019a. https://en.wikipedia.org/wiki/Lincoln_index [gesichtet am 30 Januar 2019].

Lincoln-Petersen, 2019b. Présentation de l'indice de Lincoln-Petersen http://vminfotron-dev.mpl.ird.fr:8080/bandia2_2/infos/011.htm [gesichtet am 30. Januar 2019].

Martel, A. et al., 2014. Recent introduction of a chytrid fungus endangers Western Palearctic salamanders. *Science* 346 (6209): 630-631.

Proess, R., 2016. Verbreitungsatlas der Amphibien des Großherzogtums Luxemburg. *Ferrantia* 75: 23-28.

Proess, R., 2016. Untersuchung zum Vorkommen des Feuersalamanders in Luxemburg im Auf-

trag des MNHL, Naturhistorisches Museum Luxemburg. Unveröffentlicht.

Proess R., 2017. Untersuchung zum Vorkommen des Feuersalamanders im Norden Luxemburgs im Auftrag des MNHL, Naturhistorisches Museum Luxemburg. Unveröffentlicht.

Rimpp, K., 2007. Feuersalamander, *Salamandra salamandra* (Linnaeus, 1758). In: H. Laufer, K. Fritz & P. Sowig (Hrsg): Amphibien und Reptilien Baden-Württembergs: 171-190. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.

Schlüpmann, M., 2008. Der Feuersalamander (*Salamandra salamandra*) im Hagener Raum – Verbreitung, Bestand, Ökologie und Beobachtungen zur Biologie. *Natur und Heimat* 1: 109-120.

Schulte, U., D. Küsters & S. Steinfartz, 2006. A PIT tag-based analysis of annual movement patterns of adult fire salamanders (*Salamandra salamandra*) in a Middle European habitat. *Amphibia-Reptilia* 28 (4): 532-536.

Seidel, U. & P. Gerhart, 2016. Die Gattung *Salamandra*: Geschichte, Biologie, Systematik, Zucht. *Frankfurter Beiträge zur Naturkunde* 63: 1-543, Verlag Chimaira.

Seifert, D. 1991. Untersuchungen an einer ostthüringischen Population des Feuersalamanders (*Salamandra salamandra*). *Artenschutzreport*, Heft 1: 1-16.

Speybroeck, J. & K. Steenhoudt, 2017. A pattern-based tool for long-term, large-sample capture-mark-recapture studies of fire salamanders *Salamandra* species (Amphibia: Urodela: Salamandridae). *Acta Herpetologica* 12 (1): 55-63.

Thiesmeier B., 2004. Der Feuersalamander. *Zeitschrift für Feldherpetologie, Suppl.* 4: 1-192. Laurenti-Verlag.

Wagner et al., 2017. Zur Verbreitung des Gebänderten Feuersalamanders (*Salamandra salamandra terrestris* Lacépède, 1788) im Naturpark Südeifel sowie im rheinland-pfälzischen Teil des Naturparks Nordeifel. *Dendrocopos* 44: 7-20.