



Universität Basel
Philosophisch-Naturwissenschaftliche Fakultät
Departement für Umweltwissenschaften
Institut für Natur, Landschaft, Umwelt

Vergleich zweier Feldmethoden zum Monitoring von Feuersalamander- Populationen: räumliche und zeitliche Replikationsmethoden

Bachelorarbeit von Chigusa Renate Keller
BSc Geowissenschaften
Frühjahrssemester 2016

Betreuung durch:
Prof. Dr. Peter Nagel (Universität Basel)
Dr. Benedikt Schmid (karch, Universität Zürich)
Dr. Stefanie von Fumetti (Universität Basel)

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis	4
Einleitung	5
Methoden I - Feldarbeit: Zählung von Salamanderlarven	6
Die Zählmethoden	7
Aufgenommene Parameter und Feldmaterial.....	6
Standorte.....	8
Vorgehen im Feld.....	10
Methoden II - Auswertung: Modellierung der Salamanderpopulation	11
Vorbereitung der Daten	11
Das R-Package <i>unmarked</i>	11
Die Modelle	12
Modellselektion	14
Diagrammdarstellung der Einflussvariablen	14
Vergleichsdiagramme Methode 1 und Methode 2	14
Resultate	15
Resultate aus der Feldarbeit.....	15
Beste Modelle.....	15
Abundanzmodelle.....	18
Occupancy-Modelle	21
Diskussion	23
Quellenverzeichnis	25
Danksagung	27
Anhang I	28
Digitalisierte Originaldaten in Excel	28
Anhang II	30
256 mögliche Kombinationen der Variablen.....	30

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ausrüstung für die Feldarbeit.....	7
Abbildung 2: Die 30 untersuchten Standorte mit ihren Kürzeln	8
Abbildung 3: Feuersalamanderlarven im Gewässer	10
Abbildung 4: Geschätzte Abundanzen mit dem Modell sasa239, dargestellt für jede Variable	19
Abbildung 5: Geschätzte Abundanzen, berechnet mit dem Modell lala237	19
Abbildung 6: Direkter Vergleich der geschätzten Abundanzen.....	20
Abbildung 7: Darstellung des Einflusses der Variable "Tag" auf die Occupancy	21
Abbildung 8: Direkter Vergleich der Vorkommenswahrscheinlichkeiten	22
Abbildung 9: Feuersalamander auf Laub	27

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Standorte, an denen Salamanderlarven untersucht wurden	9
Tabelle 2: Ausschnitt aus der Datentabelle in Excel	11
Tabelle 3: Variablen, welche als mögliche Einflussfaktoren für $p()$, $\lambda()$ und $\psi()$	13
Tabelle 5: Die besten Modelle nach AIC Model Selection.....	15
Tabelle 6: Die zehn besten Abundanzmodelle nach Modellselektion	16
Tabelle 7: Die zehn besten Occupancy-Modelle nach Modellselektion	17
Tabelle 8: Regressionsgeraden für die geschätzte Abundanz der Modelle sasa239 und lala237.	18
Tabelle 9: Regressionsgeraden für die Occupancy der Modelle asa102 und lele164.....	21

Einleitung

Die Biodiversität und ihr Verlust durch den Klimawandel und menschliche Aktivitäten sind von Ökologen, Biologen und anderen Wissenschaftlern viel erforschte Themen. Studien belegen den weltweiten Rückgang der Biodiversität (Butchart et al., 2010), Amphibien sind dabei eine der betroffenen Tiergruppen (Collins, 2010).

Um eine Art erhalten und fördern zu können, bedarf es guter Kenntnisse über ihre Lebensweise und Verbreitung. Wiederholtes Monitoring der Verbreitung und Populationsgrösse lässt Schwankungen in diesen Parametern und möglichen Handlungsbedarf erkennen. Damit solche Untersuchungen auf einer regelmässigen Basis wiederholt werden können, bedarf es geeigneter Methoden zur Erhebung solcher Daten. Diese sollen möglichst einfach anzuwenden und nicht zu kosten- und zeitintensiv sein.

Es existieren bereits viele Methoden, wie ökologische Vorkommens- und Zensusdaten über Amphibien gesammelt werden können. Eine davon ist die repeated count Methode (MacKenzie et al., 2002; Royle, 2004; Royle et al., 2006), mit welcher definierte Untersuchungsgebiete mehrere Male begangen werden und die vorgefundene Individuenzahl der Zielart für jede Begehung erfasst wird. Ist nicht die Abundanz, sondern nur die Präsenz oder Absenz einer Art von Interesse, kann ein occupancy sampling nach dem gleichen Schema gemacht werden (Fiske und Chandler, 2011). Viele Studien haben bereits mit diesen Methoden gearbeitet (Bailey et al, 2004; Schmidt und Pellet, 2005; Giugliano et al, 2012; Couturier et al., 2014; Bried et al., 2015). Jedoch ist der mehrmalige Besuch von Standorten zeitintensiv, besonders, wenn viele Standorte in einem grossen Gebiet untersucht werden. Eine Möglichkeit ist daher, die wiederholten Besuche durch räumliche Replikationen zu ersetzen, indem jeder Standort in mehrere Teil-Standorte unterteilt wird und diese nur ein einziges Mal besucht werden (Kendall und White, 2009; Guillera-Arroita, 2011). Jedoch ist unklar, wie gut diese beiden Methoden vergleichbar und substituierbar sind. Kendall und White (2009) und Guillera-Arroita (2011) simulieren verschiedene Szenarien mit räumlichen Replikationsdaten. Dabei vergleichen sie, ob bei der Auswahl der Untersuchungs-Teilgebiete dasselbe Teilgebiet mehrmals gewählt werden darf oder nicht. Jedoch ist mir keine Studie bekannt, welche ökologische Daten aus Sampling-Methoden mit räumlicher und zeitlicher Replikation vergleicht.

In dieser Arbeit sollen diese zwei Sampling-Methoden – mit zeitlicher sowie räumlicher Replikation – zur Zählung von Feuersalamanderlarven (*Salamandra salamandra*) angewendet und verglichen werden. Die zentrale Frage ist dabei, ob mit beiden Datensätzen vergleichbare Resultate in der Modellierung der Vorkommenswahrscheinlichkeit (= Site Occupancy oder Occurrence) und der Abundanz von Salamanderlarven erreicht werden.

Methoden I - Feldarbeit: Zählung von Salamanderlarven

Da ausgewachsene Feuersalamander im Feld oft schwierig zu finden sind, wurden für diese Arbeit die Larven von Feuersalamandern gezählt. Diese halten sich bevorzugt in nährstoffarmen, sauberen, kühlen und fischfreien Fließgewässern mit geringer Fließgeschwindigkeit auf (Zakrzewski, 1987; Baumgartner et al., 1999; Manenti et al., 2009; DGHT, 2016). Dadurch, dass sich die Salamanderlarven in einem klar abgegrenzten Bereich – dem Fließgewässer – aufhalten, sind diese viel einfacher aufzufinden als adulte Tiere. Zudem erhält die Untersuchung einen klaren Raumbezug, wohingegen bei erwachsenen Feuersalamandern nicht klar wäre, wo die Grenzen ihres Lebensraumes sind.

Die Zählungen fanden im Zeitraum vom 19. April 2016 bis 10. Juni 2016 statt. Die Salamanderlarven wurden nur visuell vom Ufer her bestimmt, aber nicht gefangen. Das Fangen war für die Datenerhebung nicht nötig, und wäre ohne Tierversuchsbewilligung und eine Fangbewilligung nach Natur- und Heimatschutzgesetz nicht erlaubt (Aussage Benedikt Schmidt). Daten wurden in 15 Bächen in der Region Basel-Land und Umgebung gesammelt. Pro Bach wurden jeweils ein oberer und unterer Bereich bearbeitet, woraus 30 Standorte resultierten. Diese liegen zum Teil wenige zehner Meter voneinander entfernt (Minimum ca. 40m), an einigen Standorten sind es mehrere hundert Meter (Maximum 765m Abstand). An jedem Standort wurden 25m lange Bachabschnitte vom Ufer her während 15 Minuten auf Feuer-salamanderlarven abgesucht und diese gezählt.

Begriffliche Hierarchie:

- Bach
 - Standort (ein Bach hat zwei Standorte, einen oberen und unteren Standort)
 - Abschnitt (an jedem Standort wurden drei 25m lange Abschnitte untersucht)

Aufgenommene Parameter und Feldmaterial

Mittels eines Feldprotokolls wurden bei jedem Besuch folgende Parameter aufgenommen:

- Datum
- Koordinaten des Bachabschnitts
- Durchschnittliche Bachbreite (auf 10 cm genau)
- Anzahl Pools
- Anzahl Feuersalamanderlarven
- Vorhandensein von Gammariden (1 = Präsenz, 0 = Absenz)
- Vorhandensein von Fischen (1 = Präsenz, 0 = Absenz)

Für die Feldarbeit wurde insbesondere folgendes Material benötigt:

- Feldprotokoll und Klemmbrett
- Stifte
- Stoppuhr oder Armbanduhr
- Massband (50m) mit Schnur zur Befestigung
- Zollstock
- Kamera
- Stirnlampe
- GPS Gerät Garmin etrex 10
- Wanderkarte Region Basel-Landschaft, Massstab 1:25'000



Abbildung 1: Ausrüstung für die Feldarbeit (eigene Aufnahmen)

Die Zählmethoden

Es wird davon ausgegangen, dass bei einer Zählung nicht immer alle vorhandenen Individuen gefunden werden (MacKenzie et al., 2002). Somit muss eine Null-Zählung nicht zwingend bedeuten, dass tatsächlich keine Salamanderlarven vorkommen. Es besteht die Möglichkeit, dass man sie einfach nicht gefunden hat. Dieser Umstand wird mit einer Antreffwahrscheinlichkeit p beschrieben. Um diese für jeden Standort ermitteln zu können, müssen wiederholte Zählungen durchgeführt werden. Dabei wurde überall sowohl mit zeitlichen Replikaten als auch mit räumlichen Replikaten gearbeitet, welche später miteinander verglichen wurden.

Zeitliche Replikation: Pro Standort wird derselbe Abschnitt dreimal nach Feuersalamanderlarven abgesucht. Die drei Zählungen sollen innert einer möglichst kurzen Zeitspanne erfolgen, idealerweise etwa drei Tage. Dies aus dem Grund, die Annahme einer geschlossenen Population in den späteren Analysen zu erfüllen. In einer geschlossenen Population gibt es definitionsgemäss keine Zu- und Abwanderungen (Smith und Smith, 2009, S. 240). Zudem wird für die hier angewendeten Analysemethoden auch angenommen, dass Geburten und Todesfälle ausgeschlossen sind.

Räumliche Replikation: Jeder Standort wird nur einmal besucht, jedoch werden drei nahe beieinanderliegende Abschnitte untersucht. Diese Abschnitte liegen jeweils nur wenige Meter voneinander entfernt.

An jedem Standort wurden Salamanderlarven nach beiden Methoden gezählt: Die Standorte wurden dreimal besucht und jeweils der gleiche Abschnitt während 15 Minuten nach Salamanderlarven abgesucht. An einem der drei Besuche wurden zusätzlich zwei weitere Abschnitte untersucht. An zehn Standorten wurden diese zusätzlichen Abschnitte beim ersten Besuch untersucht, an weiteren zehn Standorten beim zweiten Besuch und an nochmals zehn Standorten beim dritten Besuch (Tabelle 1).

Standorte

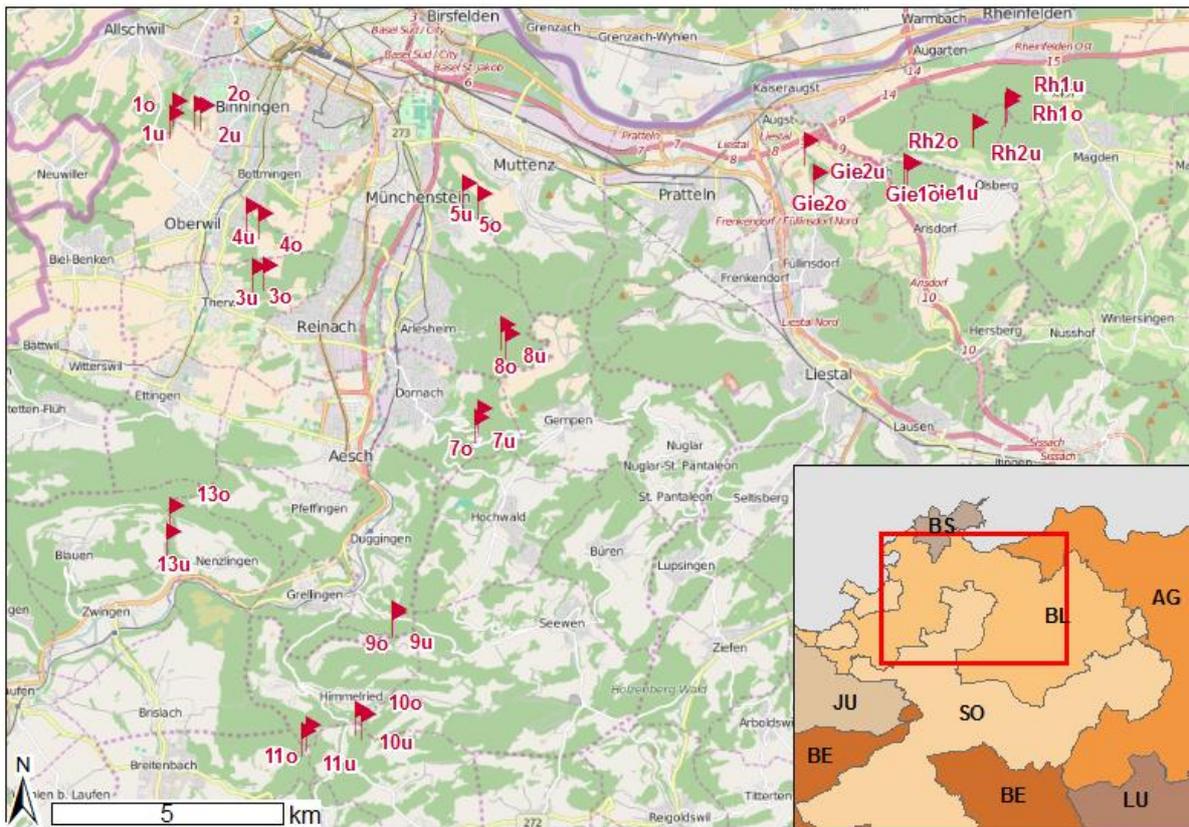


Abbildung 2: Die 30 untersuchten Standorte mit ihren Kürzeln. Für den Standortnamen und die Gemeinde, siehe Tabelle 2. (Hintergrundkarte: ArcGIS Online Basemap „Open Street Map“; Kantone: www.arcgis.com)

Bei den Standorten handelt es sich um 15 Bäche in der Region Basel-Land und Umgebung. Pro Bach wurde ein Standort im oberen Bereich und einer in einem unteren Bereich untersucht und man kommt somit auf 30 Standorte. Die zu untersuchenden Bäche wurden vorab von Dr. Benedikt Schmidt (Karch & Universität Zürich) vorgeschlagen. Die genauen Standorte an den Bächen wurden im Feld nach Zugänglichkeit des Ufers und „Salamanderfreundlichkeit“ (keine zu starke Strömung, möglichst wenig frequentiert von Menschen, liegen im Wald) ausgewählt. Sie liegen ausschliesslich im Wald und weisen keine künstliche Befestigung auf. Von den ursprünglich geplanten Bächen konnten vier nicht untersucht werden, teils weil sie sehr schlecht zugänglich waren, zum Teil weil sie nach starken Regenfällen über die Ufer getreten sind und die Detektion von Salamanderlarven unwahrscheinlich war. Tabelle 2 listet alle geplanten und untersuchten Standorte auf, mit Angabe des Kürzels, dem vergebenen Standortnamen und in welcher Gemeinde sie liegen. Durchgestrichene Standorte sind solche, die ursprünglich geplant waren, aber nicht untersucht wurden. Abbildung 2 beinhaltet alle untersuchten Standorte.

Die Spezialität des Standorts „Dornach unten“ ist, dass die obere Begrenzung des obersten Abschnitts ein Wasserfall ist. Dieser stellt ein Hindernis dar für die Aufwärtswanderung der Larven. Aus diesem Grund „stauen“ sich diese wohl unterhalb des Wasserfalls. Zwischen dem obersten Abschnitt und den zwei unteren Abschnitten dieses Standortes gibt es einen sehr grossen Unterschied in der Individuenzahl (9 bzw. 27 in den unteren Abschnitten, 115 im obersten Abschnitt). Bei diesem Standort gab es heftige Regenfälle zwischen dem 2. und 3. Besuch, weshalb viele Salamander vermutlich weggespült wurden, denn beim dritten Besuch wurde nur noch eine Larve im untersten Abschnitt

gefunden. Somit ist hier die Annahme der geschlossenen Population nicht erfüllt. Aus Interesse, was mit ihnen passiert ist, sind eine Woche nach den Regenfällen nochmal alle drei Abschnitte untersucht worden. Es waren wieder mehr Salamander präsent (2, 25 und 18) – nicht so viele wie vor dem Regen, aber deutlich mehr als direkt nach dem Regen. **Der Standort „Dornach unten“ (7u) wurde wegen dieser grossen Abweichungen in der Individuenzahl aus den Daten gestrichen und nicht in die weiteren Analysen miteinbezogen.**

Tabelle 1: Standorte, an denen Salamanderlarven untersucht wurden sowie das Schema für die Datenaufnahme im Feld. Durchgestrichene Standorte waren ursprünglich geplant, konnten aber nicht untersucht werden. Als Orientierung sind die Gemeinden genannt, in denen sich der Standort befindet.

Nr.	Standortname	Gemeinde	1. Besuch	2. Besuch	3. Besuch
1o	Dorenbach oben	Allschwil	3 x 25m	1 x 25m	1 x 25m
1u	Dorenbach unten	Allschwil	3 x 25m	1 x 25m	1 x 25m
2o	Weierbach oben	Binningen	3 x 25m	1 x 25m	1 x 25m
2u	Weierbach unten	Binningen	3 x 25m	1 x 25m	1 x 25m
3o	Froloo oben	Therwil	3 x 25m	1 x 25m	1 x 25m
3u	Froloo unten	Therwil	3 x 25m	1 x 25m	1 x 25m
4o	Neusatz oben	Oberwil	3 x 25m	1 x 25m	1 x 25m
4u	Neusatz unten	Oberwil	3 x 25m	1 x 25m	1 x 25m
5o	Asprain oben	Muttenz	3 x 25m	1 x 25m	1 x 25m
5u	Asprain unten	Muttenz	3 x 25m	1 x 25m	1 x 25m
6o	Lolibach oben	Dornach			
6u	Lolibach unten	Dornach			
7o	Dornach oben	Dornach	1 x 25m	3 x 25m	1 x 25m
7u	Dornach unten	Dornach	1 x 25m	3 x 25m	1 x 25m
8o	Ermitage oben	Arlesheim	1 x 25m	3 x 25m	1 x 25m
8u	Ermitage unten	Arlesheim	1 x 25m	3 x 25m	1 x 25m
9o	Seebach oben	Grellingen	1 x 25m	3 x 25m	1 x 25m
9u	Seebach unten	Grellingen	1 x 25m	3 x 25m	1 x 25m
10o	Chastelbach oben	Himmelried	1 x 25m	3 x 25m	1 x 25m
10u	Chastelbach unten	Himmelried	1 x 25m	3 x 25m	1 x 25m
11o	Ibach oben	Himmelried	1 x 25 m	1 x 25m	3 x 25m
11u	Ibach unten	Himmelried	1 x 25 m	1 x 25m	3 x 25m
12o	Schällbächli oben	Brislach			
12u	Schällbächli unten	Brislach			
13o	Nenzlingen oben	Nenzlingen	1 x 25 m	1 x 25m	3 x 25m
13u	Nenzlingen unten	Nenzlingen	1 x 25 m	1 x 25m	3 x 25m
14o	Chlus oben	Blauen			
14u	Chlus unten	Blauen			
15o	Ettingen oben	Ettingen			
15u	Ettingen unten	Ettingen			
Rh1o	Rheinfelden 1 oben	Rheinfelden	1 x 25 m	1 x 25m	3 x 25m
Rh1u	Rheinfelden 1 unten	Rheinfelden	1 x 25 m	1 x 25m	3 x 25m
Rh2o	Rheinfelden 2 oben	Olsberg	1 x 25 m	1 x 25m	3 x 25m
Rh2u	Rheinfelden 2 unten	Olsberg	1 x 25 m	1 x 25m	3 x 25m
Gie1o	Giebenach 1 oben	Arisdorf	1 x 25 m	1 x 25m	3 x 25m
Gie1u	Giebenach 1 unten	Arisdorf	1 x 25 m	1 x 25m	3 x 25m
Gie2o	Giebenach 2 oben	Giebenach	1 x 25 m	1 x 25m	3 x 25m
Gie2u	Giebenach 2 unten	Giebenach	1 x 25 m	1 x 25m	3 x 25m

Vorgehen im Feld

Die Feldarbeit konnte nur an Tagen durchgeführt werden, an denen es nicht oder nur sehr wenig regnete. Bei Regen gibt es zu viele Turbulenzen, welche die Sicht ins Wasser und auf den Bachgrund behindern. Auch wird durch die Turbulenzen Sediment aufgewirbelt, welche das Wasser trüben. Da die Feuersalamanderlarven ohnehin schon gut getarnt und oft versteckt in den Bächen sitzen, ist es bei Regen beinahe unmöglich, diese im Wasser zu finden. Auch an Tagen nach starken Regenfällen ist es schwieriger, Salamanderlarven zu finden. Zum Einen werden diese durch starke Strömung weggespült (Baumgartner et al., 1999), zum Anderen kann der Wasserpegel in den Bächen immer noch deutlich höher sein als der Normalstand und zu viele Turbulenzen und Trübung erzeugen.

An geeigneten Zähltagen wurde jeweils wie folgt vorgegangen: Als Erstes wurde der Abschnitt bestimmt, indem an einem zugänglichen Stück eines Baches 25m abgemessen wurden. Am untersten Punkt des Abschnitts wurden die GPS-Koordinaten erfasst. Dann wurde der Abschnitt während 15 Minuten nach Salamanderlarven abgesucht. Dabei arbeitete man sich immer von unten nach oben, damit mögliche Störungen wie aufgewirbeltes und weggespültes Substrat den Sucherfolg nicht beeinträchtigen konnten. Gelegentlich wurden Steine umgedreht, um die Präsenz von Gammariden zu prüfen. Gleichzeitig wurde die Anzahl Pools notiert und nach Fischen Ausschau gehalten. Zuletzt wurde die durchschnittliche Bachbreite geschätzt. Dazu wurde die Breite der schmalsten und breitesten Stelle sowie eine bis zwei weitere Stellen mit einem Zollstock gemessen. Die durchschnittliche Breite wurde dann aus diesen Messungen anteilmässig geschätzt.

Nach Feuersalamanderlarven wurde vom Ufer her gesucht, ohne in den Bach zu treten. Dies zum Einen, um die Tiere nicht zu erschrecken, und zum Anderen um kein Substrat aufzuwirbeln. Die Larven sitzen teils gut sichtbar auf dem Substrat, teils versteckt zwischen Steinen oder unter Laub. Um auch die versteckten Larven zu finden, wurden mit einem Zweig vorsichtig das Laub und die Steine angehoben.

Die Entscheidung, ob man eine Stelle als Pool definiert oder nicht, ist im Feld oft nicht eindeutig und auch vom Betrachter abhängig. Um die Vergleichbarkeit dieses Parameters möglichst zu gewährleisten, wurden alle Pool-Zählungen von derselben Person durchgeführt, auch wenn weitere Personen bei der Salamander-Zählung mitgeholfen haben. Trotzdem wird es noch Schwankungen in der Zählweise der Pools geben, da sich die subjektive Definition des Pools erst mit der Übung während der Feldarbeit gefestigt hat. Als Pool gilt nach selbst festgelegten Kriterien, wenn der grösste Durchmesser einer poolähnlichen Stelle mindestens einem Drittel der Bachbreite entspricht und die Fließgeschwindigkeit sehr langsam ist.



Abbildung 3: Feuersalamanderlarven im Gewässer (eigene Aufnahmen)

Methoden II - Auswertung: Modellierung der Salamanderpopulation

Vorbereitung der Daten

Alle während der Feldarbeit erfassten Daten wurden in Excel digitalisiert. Dabei ist jedem Standort eine Zeile zugeordnet, welche alle Daten zu diesem Standort beinhaltet. Der Parameter „Position“ gibt an, ob es sich um den oberen oder unteren Standort eines Baches handelt. Der 1. April 2016 wurde als Tag 1 definiert. Anhand des Besuchsdatums wurde so jeder Zählung ein „Tag“-Wert zugeordnet.

Tabelle 2: Ausschnitt aus der Datentabelle in Excel. Für Abbildung der kompletten Daten, siehe Anhang 1.

Nr.	Bachname	Position	Datum 1	Tag 1	x Koordinaten 1.1	y Koordinaten 1.1	Breite 1.1	Pools 1.1	Gammarus 1.1	Fisch 1.1	Larven 1.1
1-o	Dorenbach oben	oben	19.04.2016	19	608183	264644	2.5	3	0	1	0
1-u	Dorenbach unten	unten	19.04.2016	19	608260	264881	2.6	1	1	0	0
2-o	Weiherbach oben	oben	19.04.2016	19	608861	264786	1.6	5	0	0	0
2-u	Weiherbach unten	unten	20.04.2016	20	608720	264838	3	5	0	0	0
3-o	Froloo oben	oben	08.05.2016	38	610204	261315	0.5	9	1	0	0
3-u	Froloo unten	unten	08.05.2016	38	609967	261295	0.8	10	1	0	0
4-o	Neusatz oben	oben	20.04.2016	20	610119	262449	1	8	0	0	0
4-u	Neusatz unten	unten	20.04.2016	20	609850	262616	1	1	1	0	0
5-o	Asprain oben	oben	03.05.2016	33	614836	262871	0.8	6	0	0	8
5-u	Asprain unten	unten	22.04.2016	22	614508	263121	1	9	1	0	17
7-o	Dornach oben	oben	11.05.2016	41	614788	258018	1.6	12	0	0	21

Diese Daten wurden auch im .csv Format abgespeichert, damit sie ins Statistikprogramm R eingelesen werden konnten. Für die grafische Darstellung im ArcGIS (Version 10.3) wurden die erfassten Koordinaten mit der interaktiven Karte auf map.geo.admin.ch verifiziert und wo nötig korrigiert.

In R wurden die Parameter „Breite“, „Pools“, „Gammarus“, „Larven“, „Position“ und „Tag“ als Variablen definiert. Dazu wurde jeweils anhand der Originaldaten der Mittelwert jedes Parameters aus den drei Besuchen, beziehungsweise der drei Abschnitte gebildet. Es gab dann je Standort und Parameter einen Durchschnittswert für die räumliche Replikationsmethode und einen Mittelwert aus den zeitlichen Replikationsdaten. Diese Durchschnittsvariablen wurden z-transformiert, sodass der Mittelwert jeder Variable (über alle Standorte hinweg) 0 betrug und die Standardabweichung 1 war. Dieser Schritt ist wichtig, um die spätere Darstellung der Variablen in mehrdimensionalen Modellen zu vereinfachen und übersichtlicher zu machen. Die Variable „Fisch“ (1 für Präsenz, 0 für Absenz) wurde nicht verwendet, da während der gesamten Felderhebung nur ein einziger Fisch gesichtet wurde.

Das R-Package *unmarked*

Mit dem R-Package *unmarked* (Fiske und Chandler, 2011; R Core Team, 2016) können Daten über Tierpopulationen ausgewertet werden, welche mit diversen Feldmethoden gesammelt wurden: site occupancy sampling, repeated counts, distance sampling, removal sampling, double observer sampling (Fiske und Chandler, 2011). All diesen Methoden ist gemein, dass Individuen nicht markiert, sondern nur gezählt werden oder ihre Detektion/Nicht-Detektion erfasst wird (daher der Name „*unmarked*“), sowie einen räumlichen Bezug erhalten.

Die für diese Arbeit angewendete Feldmethode entspricht den „repeated counts“ (Royle, 2004). Es wurden folgende Annahmen getroffen:

- *Geschlossene Population*: Während der Zeit, in welcher die Zählungen durchgeführt werden (z.B. drei Besuche innerhalb von drei Tagen) bleibt die Population gleich. Es gibt keine Geburten, Todesfälle und keine Zu- und Abwanderung von Individuen.

- Es gibt unterschiedliche Variablen, welche die *Abundanz* bzw. die *Vorkommenswahrscheinlichkeit* der Salamanderlarven beeinflussen. Zum Beispiel das Vorhandensein von Nahrungsquellen und Frassfeinden.
- Es gibt Variablen, welche die *Antreffwahrscheinlichkeit* (detection probability) beeinflussen. Damit ist die Wahrscheinlichkeit gemeint, dass die Zielindividuen vom Forscher gefunden werden, wenn sie in einem untersuchten Gebiet tatsächlich vorkommen.

Nach der oben erwähnten Vorbereitung der Daten wurden data frames in R erstellt. Ein data frame ist eine Art Tabelle, die im Gedächtnis von R für die laufende Session erstellt wird. Mit der Funktion *unmarkedFramePCount* wird ein data frame für die Abundanzmodelle erstellt. Die Funktion *unmarkedFrameOccu* erstellt ein solches data frame für die Occupancy-Modelle (Vorkommenswahrscheinlichkeit). Die erstellten data frames enthalten die Anzahl Larven, die an jedem Standort gezählt wurden, sowie die z-transformierten Werte der Variablen „Breite“, „Pools“, „Gammarus“, „Position“ und „Tag“. Es wurden jeweils separate data frames erstellt mit den räumlichen Replikationsdaten und den zeitlichen Replikationsdaten.

Die Modelle

Für den Methodenvergleich wurden die geschätzte Abundanz und die Vorkommenswahrscheinlichkeit der Salamanderlarven modelliert, jeweils mit den Daten aus der zeitlichen Replikation und der räumlichen Replikation. Mithilfe einer AIC-basierten Methode (**A**kaike's **I**nformation **C**riterion) in *unmarked* wurde das jeweils beste Modell ermittelt. Somit ergaben sich vier Modelle, mit denen weiter gearbeitet wurde: Das beste Modell für...

- ... die Abundanzschätzung mit Daten der räumlichen Replikation (sasa)
- ... die Abundanzschätzung mit Daten der zeitlichen Replikation (lala)
- ... die Vorkommenswahrscheinlichkeit mit Daten der räumlichen Replikation (asa)
- ... die Vorkommenswahrscheinlichkeit mit Daten der zeitlichen Replikation (lele)

In *unmarked* wird die Abundanz mit der Funktion *pcount* und die Vorkommenswahrscheinlichkeit mit der Funktion *occu* modelliert. Ein solches Modell setzt sich zusammen aus dem **Modellnamen**, der **Funktion** (*pcount* oder *occu*), Variablen, welche die Antreffwahrscheinlichkeit beeinflussen (**v_i**), Variablen, welche die Abundanz bzw. die Vorkommenswahrscheinlichkeit beeinflussen (**w_i**) und einem **data frame**, von welchem das Programm die Daten bezieht. Das Modell kann sich aus beliebig vielen Variablen zusammensetzen. Die Syntax in R sieht wie folgt aus:

```
Modellname1 = pcount(~ v1 + v2, ~ w1 + w2 + w3, data=dataframename)
```

```
Modellname2 = occu(~ v1 + v2, ~ w1 + w2 + w3, data=dataframename)
```

Im weiteren Verlauf dieser Arbeit wird aber eine andere, übersichtlichere Schreibweise der Modelle verwendet. Jede Variablen-Kombination ist nummeriert (Anhang II listet alle möglichen Kombinationen auf). Die verschiedenen Modelle (sasa, lala, asa, lele) enthalten immer diese Nummerierung im Modellnamen (z.B. sasa200). Modelle mit der gleichen Nummer haben somit dieselbe Variablen-Kombination. $\lambda ()$ beinhaltet die Variablen, welche die Abundanz modellieren. In $\psi ()$ sind die erklärenden Variablen für die Vorkommenswahrscheinlichkeit (= Site Occupancy oder Occurrence) zu finden und $p ()$ beschreibt die Antreffwahrscheinlichkeit. Die Modelle setzen sich zusammen aus $p ()$ im ersten Teil und entweder $\lambda ()$ oder $\psi ()$ im zweiten Teil. Dieselbe Variable darf

gleichzeitig im ersten und zweiten Teil verwendet werden (Kéry, 2008). Eine 1 bedeutet, dass keine erklärende Variable für diesen Teil gewählt wurde und dieser Teil somit konstant ist.

Tabelle 4 liefert eine Übersicht, welche Variablen als mögliche Einflussfaktoren für die Antreffwahrscheinlichkeit $p()$, Abundanz $\lambda()$ und Vorkommenswahrscheinlichkeit $\psi()$ betrachtet wurden.

Tabelle 3: Variablen, welche als mögliche Einflussfaktoren für die Antreffwahrscheinlichkeit, Abundanz und Vorkommenswahrscheinlichkeit gewählt wurden.

Variablen für Antreffwahrscheinlichkeit $p()$	Variablen für Abundanz / Occupancy $\lambda/\psi()$
Tag	Tag
Breite	Breite
Pool	Pool
	Gammarus
	Position

Die Variable „Tag“ könnte eine Bedeutung haben für $p()$, denn die Fähigkeit einer Person, Salamanderlarven zu entdecken, könnte sich mit jedem Untersuchungstag verbessern. Die gleiche Variable könnte aber auch die Vorkommenswahrscheinlichkeit und Abundanz der Salamanderlarven selbst beeinflussen. Je später im Frühjahr die Untersuchung durchgeführt wird, desto mehr Salamanderlarven werden schon erwachsen sein und das Fließgewässer verlassen haben. Andererseits sind aber anfangs der Saison noch nicht so viele Feuersalamander geboren worden. Daher ist die grösste Dichte an Larven in der Mitte der Saison zu erwarten.

Je breiter ein Bach ist, desto mehr Pools kann er beherbergen, worin sich Salamanderlarven gerne aufhalten. Ein breiterer Bach kann aber auch eine grössere Wassermenge und höhere Fließgeschwindigkeit bedeuten, welche sich negativ auf die „Salamanderfreundlichkeit“ des Baches auswirken können. Für die Daten sammelnde Person ist es einfacher, einen schmalen Bach zu überschauen. Schnell fließendes Wasser kann zudem zu viele Turbulenzen auslösen, welche die Visibilität beeinträchtigt. Somit wird die Antreffwahrscheinlichkeit in schmaleren Bächen vermutlich besser sein als in breiteren.

Salamanderlarven halten sich bevorzugt in Pools eines Fließgewässers auf (Baumgartner et al., 1999; Manenti et al., 2009; Schmidt et al., 2015). Zudem sind Pools eine gute Orientierung für den Forscher, wo nach Salamanderlarven gesucht werden soll. Je mehr Pools ein Abschnitt aufweist, desto höher sollten demnach $p()$ und $\lambda/\psi()$ sein.

Gammariden bilden zusammen mit anderen kleinen Bachbewohnern die Nahrung für Feuersalamanderlarven (Nery und Schmeta, 2016). Somit könnte ihre Präsenz das Vorkommen von Salamanderlarven positiv beeinflussen.

Tendenziell sind Bäche im Oberlauf kleiner, führen weniger Wasser und sind weniger durch menschliche Einflüsse gestört. Oft sind kleine Quellbäche als Erholungsraum zu wenig interessant, und sind daher weniger gut erreichbar über Wanderwege etc. Weiter unten im Bachverlauf nimmt die Fließgeschwindigkeit und die Breite zu. Auch der Nutzungsdruck durch Menschen ist oft grösser. Deshalb könnten Standorte mit der Positionsausprägung „oben“ salamanderfreundlichere Eigenschaften aufweisen und in einer höheren Abundanz und Occupancy resultieren. Die Standorte

oben und unten des gleichen Baches sind jeweils nicht unabhängig voneinander. Diese Tatsache wurde aber in den Modellen nicht berücksichtigt, da das Package *unmarked* diese Option nicht anbietet.

Modellselektion

Bei null bis drei möglichen Variablen für die Antreffwahrscheinlichkeit und null bis fünf Variablen für Abundanz, beziehungsweise Occupancy (Tabelle 4), ergeben sich 256 ($=2^3 \cdot 2^5$) mögliche Kombinationen und somit ebenso viele Modelle. Der Anhang II liefert eine Übersicht über die 256 unterschiedlichen Variablen-Kombinationen.

Mit den Funktionen *fitList* und *modSel* kann in *unmarked* eine AIC-basierte Modellselektion gemacht werden. Danach werden die 256 Modelle geordnet wiedergegeben nach der Güte ihrer Fähigkeit, die Daten zu beschreiben.

Diagrammdarstellung der Einflussvariablen

Nachdem die besten Modelle ermittelt waren, wurden zuerst mit der Funktion *summary* () die Eigenschaften wie zum Beispiel der y-Achsenabschnitt und die Steigungen der erklärenden Variablen in den besten Modellen sichtbar gemacht. Je Modell kann eine Regressionsgerade für die Antreffwahrscheinlichkeit sowie die geschätzte Abundanz oder Vorkommenswahrscheinlichkeit konstruiert werden. Die Antreffwahrscheinlichkeit wurde hier aber nicht weiter untersucht.

Mittels der *predict*-Funktion in *unmarked* wurde die geschätzte Abundanz und Vorkommenswahrscheinlichkeit mit den besten Modellen ermittelt. Danach wurde mit der *plot*-Funktion der Einfluss der einzelnen Variablen auf die geschätzte Abundanz und die Vorkommenswahrscheinlichkeit grafisch dargestellt. Die betrachtete Variable ist jeweils auf der x-Achse aufgetragen, und auf der y-Achse findet man entweder die Abundanz bei *pcount*-Modellen oder die Vorkommenswahrscheinlichkeit bei *occu*-Modellen. Sofern ein Modell mehrere erklärende Variablen enthielt, wird jeweils eine dargestellt und alle anderen Variablen des Modells wurden für die Darstellung mit null gleichgesetzt. Dies ist möglich, da alle Variablen zuvor standardisiert wurden. Somit entspricht der Wert null dem Mittelwert der standardisierten Variablen. So wird ein mehrdimensionales Modell durch eine Schnittlinie übersichtlich dargestellt. Beispielsweise würden dann für

$$\text{Modell1} = p(\text{Tag}) \lambda(\text{Breite, Pool})$$

zwei Plots erstellt werden. Ein Plot enthielte die Variable „Breite“ in der x-Achse und der Variable „Pool“ würde der Wert null zugewiesen. Ein zweiter Plot würde die Variable „Pool“ auf der x-Achse darstellen und die Variable „Breite“ auf den Mittelwert setzen. In beiden Diagrammen wäre die geschätzte Abundanz auf der y-Achse aufgetragen.

Vergleichsdiagramme Methode 1 und Methode 2

Zur Beantwortung der zentralen Frage, ob die beiden Datenerhebungsmethoden (räumliche und zeitliche Replikationen) vergleichbare Resultate liefern, wurden zwei weitere Diagramme mittels der *plot*-Funktion erstellt. In einem Diagramm wurden die geschätzten Abundanzen sowie die Vorkommenswahrscheinlichkeiten aus den Daten beider Methoden mittels einer linearen Regression einander gegenübergestellt. Die Steigung der Regression und der Korrelationskoeffizient R^2 liefern die Stärke des Zusammenhangs. Ist die Steigung nahe 1, so ergeben beide Methoden im Schnitt die gleichen Schätzwerte.

Resultate

Resultate aus der Feldarbeit

Mit der zeitlichen Replikation wurden zwischen 0 und 83 Larven pro Besuch und Standort gezählt. An elf von 29 Standorten wurde nie eine Salamanderlarve gesichtet (38%), an 18 Standorten wurden mindestens bei einem Besuch Salamanderlarven gesichtet (62%). Die Summe aller gezählten Salamanderlarven aus sämtlichen Standorten und Besuchen beträgt 832, die durchschnittliche Larvenzahl pro Besuch ist 9.6. Berechnet man die durchschnittliche Larvenzahl pro Standort und daraus die Summe der Larvenzahl aller Standorte, erhält man 277.3 Larven.

Die räumliche Replikationsmethode ergab 0 bis 90 gezählte Larven pro Abschnitt. An zehn der 29 Standorte wurden keine Salamanderlarven gefunden (34%), an 19 Standorten wurde mindestens in einem Abschnitt eine Larve gefunden (66%). Total wurden 641 Salamanderlarven mit dieser Methode gezählt. Die durchschnittlich gezählte Anzahl Salamanderlarven pro Abschnitt beträgt 7.4. Die Summe der durchschnittlich pro Standort gezählten Larven ist mit der räumlichen Replikationsmethode 213.7.

Beste Modelle

Die jeweils besten Modelle für die Modellierung der Abundanz und Occupancy gemäss Modellselektion sind in der Tabelle 5 zusammengefasst. Die Abundanzmodelle wurden mit einer Poisson-Verteilung gerechnet.

Tabelle 5: Die besten Modelle nach AIC Model Selection.

Abundanz	
Zeitl. Repl.	sasa239 = p (Tag, Breite, Pool) λ (Tag, Pool, Position)
Räuml. Repl.	lala237 = p (Tag, Breite, Pool) λ (Tag, Breite, Position)
Occupancy	
Zeitl. Repl.	asa102 = p (Pool) ψ (Tag)
Räuml. Repl.	lele164 = p (Tag, Pool) ψ (Tag)

Die Abundanz-Modelle stimmen nicht komplett überein, enthalten aber ähnliche Variablen. Demnach scheinen die Variablen „Tag“, „Breite“ und „Pool“ in beiden Datensätzen eine wichtige Rolle für die Antreffwahrscheinlichkeit p () zu spielen. Für die Abundanz λ () scheinen die Variablen „Tag“ und „Position“ in beiden Modellen wichtig zu sein. Die beiden Modelle unterscheiden sich in den Variablen „Pool“ und „Breite“ für λ ().

Die Occupancy-Modelle *asa* und *lele* stimmen für die zeitlichen und räumlichen Replikationsdaten fast überein. Die Antreffwahrscheinlichkeit p () wird in *asa102* durch die Anzahl Pools beschrieben, in *lele164* zusätzlich durch den Untersuchungstag. Die Vorkommenswahrscheinlichkeit ψ () wird in beiden Modellen am besten durch den Untersuchungstag beschrieben.

Betrachtet man die zehn besten Modelle für die Abundanzmodellierung (Tabelle 6), gibt es vier Modellnummern, die sowohl bei den *sasa*- als auch *lala*-Modellen unter die besten zehn gekommen sind: 239, 242, 244 und 245.

Für die Antreffwahrscheinlichkeit p () sind in allen *sasa*-Modellen die Breite des Baches sowie die Anzahl Pools als Einflussvariablen definiert. Summiert man die AIC Gewichte der Modelle zusammen, welche die Variable „Breite“ im ersten Teil enthalten, kommt man auf ein summiertes Akaike-Gewicht

von 86.6%. Derselbe Wert gilt auch für die Anzahl Pools als Einflussvariable für die Antreffwahrscheinlichkeit. Die Summierung der AIC-Gewichte für die Variable „Tag“ im ersten Teil der Modelle ergibt noch 75.2%. Die besten vier Modelle enthalten aber alle drei Variablen für die Antreffwahrscheinlichkeit. Mit den räumlichen Replikationsdaten erhält man Modelle (lala), die ausnahmslos den Tag, die Breite und die Anzahl Pools für $p(\cdot)$ enthalten.

Tabelle 6: Die zehn besten Abundanzmodelle nach Modellselektion. Die Variablen in $p(\cdot)$ sind Einflussvariablen für die Antreffwahrscheinlichkeit. Hinter λ folgen die Einflussvariablen für die geschätzte Abundanz. Delta AIC gibt die Differenz des AIC Wertes des Modells zum AIC Wert des besten Modell wieder. Das Akaike-Gewicht (AIC wt) gibt die Wahrscheinlichkeit an, dass dieses Modell das beste Modell ist bei den gegebenen Daten und Modellen (Wagenmakers und Farrell, 2004).

Modell	Delta AIC	AIC wt
Zeitliche Replikationsmethode		
Sasa239 = $p(\text{Tag, Breite, Pool}) \lambda(\text{Tag, Pool, Position})$	0.00	0.25
Sasa242 = $p(\text{Tag, Breite, Pool}) \lambda(\text{Tag, Breite, Pool, Position})$	0.35	0.21
Sasa244 = $p(\text{Tag, Breite, Pool}) \lambda(\text{Tag, Pool, Gammarus, Position})$	1.08	0.15
Sasa245 = $p(\text{Tag, Breite, Pool}) \lambda(\text{Tag, Breite, Pool, Gammarus, Position})$	1.49	0.12
Sasa223 = $p(\text{Breite, Pool}) \lambda(\text{Pool, Position})$	4.55	0.026
Sasa224 = $p(\text{Breite, Pool}) \lambda(\text{Pool, Gammarus, Position})$	4.69	0.024
Sasa219 = $p(\text{Breite, Pool}) \lambda(\text{Breite, Pool, Position})$	4.85	0.022
Sasa254 = $p(\text{Tag, Breite, Pool}) \lambda(\text{Pool, Position})$	4.92	0.022
Sasa208 = $p(\text{Breite, Pool}) \lambda(\text{Tag, Pool, Position})$	4.97	0.021
Sasa211 = $p(\text{Breite, Pool}) \lambda(\text{Tag, Breite, Pool, Position})$	5.01	0.021
Räumliche Replikationsmethode		
Lala237 = $p(\text{Tag, Breite, Pool}) \lambda(\text{Tag, Breite, Position})$	0.00	0.35
Lala239 = $p(\text{Tag, Breite, Pool}) \lambda(\text{Tag, Pool, Position})$	1.25	0.19
Lala242 = $p(\text{Tag, Breite, Pool}) \lambda(\text{Tag, Breite, Pool, Position})$	1.50	0.17
Lala243 = $p(\text{Tag, Breite, Pool}) \lambda(\text{Tag, Breite, Gammarus, Position})$	1.97	0.13
Lala244 = $p(\text{Tag, Breite, Pool}) \lambda(\text{Tag, Pool, Gammarus, Position})$	3.24	0.07
Lala245 = $p(\text{Tag, Breite, Pool}) \lambda(\text{Tag, Breite, Pool, Gammarus, Position})$	3.46	0.062
Lala234 = $p(\text{Tag, Breite, Pool}) \lambda(\text{Tag, Position})$	6.24	0.016
Lala240 = $p(\text{Tag, Breite, Pool}) \lambda(\text{Tag, Gammarus, Position})$	8.06	0.0063
Lala231 = $p(\text{Tag, Breite, Pool}) \lambda(\text{Tag, Breite})$	11.08	0.0014
Lala232 = $p(\text{Tag, Breite, Pool}) \lambda(\text{Tag, Pool})$	12.42	0.00071

Als Einflussvariablen für die Abundanz sind in allen zehn sasa-Modellen die Anzahl Pools und die Position enthalten (summiertes AIC-Gewicht: 86.6%). Das Summierte AIC-Gewicht der Variable „Tag“ ergibt 77.2%, die Breite kommt auf ein AIC-Gewicht von 37.3% und die Variable „Gammarus“ nur noch auf 29.4%. Betrachtet man das Resultat der Modellselektion für die lala-Modelle, findet man die Variable „Tag“ in allen zehn besten Modellen (summiertes AIC-Gewicht: 99.64%). Ein fast genauso hohes summiertes AIC-Gewicht erreicht die Variable „Position“ mit 99.43%. Auch die Bachbreite und die Präsenz von Gammariden sind relativ stark vertreten mit 71.34% und 56.23%. Die am wenigsten vertretene Variable in den lala-Modellen ist die Anzahl Pools mit einem summierten AIC-Gewicht von 49.27%.

Das Akaike-Gewicht der jeweils besten Modelle ist mit 25% für das beste sasa-Modell, beziehungsweise 35% für das lala-Modell nicht sehr hoch. Die relativ niedrigen AIC-Gewichte der

einzelnen Modelle zeigen, dass eine gewisse Unsicherheit besteht bei der Wahl des besten Modells. Jedoch enthalten alle besseren Modelle die Variablen „Tag“ und „Position“.

Tabelle 7: Die zehn besten Occupancy-Modelle nach Modellselektion. Die Variablen in $p(\cdot)$ sind Einflussvariablen für die Antreffwahrscheinlichkeit. Hinter ψ folgen die Einflussvariablen für die Vorkommenswahrscheinlichkeit (Occupancy). Delta AIC ist die Differenz des AIC-Wertes zum besten Modell. Ein Akaike-Gewicht von z.B. 0.07 bedeutet, dass dieses Modell mit 7% Wahrscheinlichkeit das beste Modell ist bei den gegebenen Daten und Modellen (Wagenmakers und Farrell, 2004).

Modell	Delta AIC	AIC wt
Zeitliche Replikationsmethode		
Asa102 = $p(\text{Pool}) \psi(\text{Tag})$	0.00	0.071
Asa164 = $p(\text{Tag, Pool}) \psi(\text{Tag})$	0.13	0.067
Asa195 = $p(\text{Breite, Pool}) \psi(\text{Tag})$	1.33	0.037
Asa107 = $p(\text{Pool}) \psi(\text{Tag, Breite})$	1.37	0.036
Asa108 = $p(\text{Pool}) \psi(\text{Tag, Pool})$	1.55	0.033
Asa169 = $p(\text{Tag, Pool}) \psi(\text{Tag, Breite})$	1.60	0.032
Asa170 = $p(\text{Tag, Pool}) \psi(\text{Tag, Pool})$	1.64	0.031
Asa226 = $p(\text{Tag, Breite, Pool}) \psi(\text{Tag})$	1.71	0.030
Asa109 = $p(\text{Pool}) \psi(\text{Tag, Gammarus})$	1.94	0.027
Asa110 = $p(\text{Pool}) \psi(\text{Tag, Position})$	2.00	0.026
Räumliche Replikationsmethode		
Lele164 = $p(\text{Tag, Pool}) \psi(\text{Tag})$	0.00	0.13
Lele171 = $p(\text{Tag, Pool}) \psi(\text{Tag, Gammarus})$	1.65	0.058
Lele172 = $p(\text{Tag, Pool}) \psi(\text{Tag, Position})$	1.66	0.058
Lele169 = $p(\text{Tag, Pool}) \psi(\text{Tag, Breite})$	1.66	0.058
Lele170 = $p(\text{Tag, Pool}) \psi(\text{Tag, Pool})$	1.78	0.054
Lele226 = $p(\text{Tag, Breite, Pool}) \psi(\text{Tag})$	2.00	0.049
Lele102 = $p(\text{Pool}) \psi(\text{Tag})$	2.76	0.033
Lele175 = $p(\text{Tag, Pool}) \psi(\text{Tag, Breite, Position})$	3.20	0.027
Lele176 = $p(\text{Tag, Pool}) \psi(\text{Tag, Pool, Gammarus})$	3.37	0.025
Lele178 = $p(\text{Tag, Pool}) \psi(\text{Tag, Gammarus, Position})$	3.44	0.024

Fünf der besten zehn Variablenkombinationen in den asa-Modellen sind auch in den besten zehn lele-Modellen enthalten: 102, 164, 169, 170 und 226 (Tabelle7). Jedoch weisen sie alle ein relativ tiefes AIC-Gewicht auf mit 7,1% für das beste asa-Modell und 13% für das beste lele-Modell. Dies deutet darauf hin, dass auch das beste aus diesen 256 möglichen Modellen kein sehr gutes Modell ist zur Vorhersage der Vorkommenswahrscheinlichkeit. Die AIC-Gewichte der schlechter rangierten Modelle liegen alle im einstelligen Prozentbereich.

Die Anzahl Pools ist in sämtlichen asa-Modellen (summiertes AIC-Gewicht: 39%) und lele-Modellen (summiertes AIC-Gewicht: 51.6%) als Einflussvariable für die Antreffwahrscheinlichkeit $p(\cdot)$ enthalten. Die Variable „Tag“ ist in 9 von 10 lele-Modellen mit den räumlichen Replikationsmethoden enthalten (summiertes AIC-Gewicht: 48.3%), scheint aber mit 4 Vorkommen in den asa-Modellen weniger wichtig zu sein (summiertes AIC-Gewicht: 15.7%).

Alle Modelle aus Tabelle 7 enthalten die Variable „Tag“ als Einflussgröße für die Vorkommenswahrscheinlichkeit. In den asa-Modellen ist der Tag auch viermal die einzige Variable.

Abundanzmodelle

Aus der Regressionsgerade für die geschätzte Abundanz (Tabelle 8) kann man sehen, welche Variablen den stärksten Einfluss auf die Abundanz haben. Je höher der Wert der Steigung ist (positiv oder negativ), desto stärker ist der Einfluss der Variablen auf die Abundanz. Bei einer Steigung von 0 gibt es keinen Einfluss.

Tabelle 8: Regressionsgeraden für die geschätzte Abundanz der Modelle sasa239 und lala237 sowie Standardfehler (SE) der Steigungen.

sasa239 (zeitliche Replikation)	
Modell	ρ (Tag, Breite, Pool) λ (Tag, Pool, Position)
Regressionsgerade	Abundanz = 0.282*Tag + 0.996*Pool - 0.677*Position unten + 2.738
SE Tag	0.111
SE Pool	0.123
SE Position unten	0.118
SE Intercept	0.101
lala237 (räumliche Replikation)	
Modell	ρ (Tag, Breite, Pool) λ (Tag, Breite, Position)
Regressionsgerade	Abundanz = 0.761*Tag + 0.268*Breite - 0.337*Position unten + 4.327
SE Tag	0.0794
SE Breite	0.0632
SE Position unten	0.0966
SE Intercept	0.0883

Im Modell sasa239 hat besonders die Anzahl Pools (0.996, SE 0.123) einen grossen Einfluss auf die Abundanz. Die negative Steigung der Position unten bedeutet, dass es am unteren Standort eines Baches weniger Salamanderlarven gibt als am oberen Standort des gleichen Baches. Der Tag ist von weniger grosser Bedeutung mit einer Steigung von 0.282 (SE 0.111).

Das Modell lala182 hat die Variable Tag als stärkste Variable (0.761, SE 0.0794). Die zweite Variable Breite (0.268, SE 0.0632) beeinflusst die Abundanz weniger stark. Auch hier hat der untere Standort eines Baches weniger Salamanderlarven als der obere Standort.

Es fällt auf, dass der Tag einen viel stärkeren Einfluss auf die Abundanz hat im Modell mit den räumlich replizierten Daten (lala237). Dies hängt wohl mit der Methode selbst zusammen, da die Daten pro Standort jeweils am selben Tag gesammelt werden. Somit hat dieser Tag einen entscheidenderen Einfluss auf das Ergebnis, als wenn die Daten an verschiedenen Tagen gesammelt werden. Generell sind die beiden Modelle kaum vergleichbar, sowohl in der Rangfolge der Variablen als auch ihrer Stärke.

Abbildung 4 visualisiert die Zahlen aus Tabelle 8 für das Modell sasa239. Die Variable Tag, welche mit 0.282 eine relativ niedrige Steigung aufweist, hat auch ein grosses 95%-Konfidenzintervall und es herrscht eine Unsicherheit, wie gut das Modell die Wirklichkeit abbildet. Das Modell ist gut im Bereich mit wenigen Pools, das Konfidenzintervall wird aber mit steigender Poolzahl grösser. Die allgemeine Aussage der drei Diagramme ist, dass die geschätzte Abundanz der Feuersalamanderlarven höher ist, je später die Untersuchung gemacht wurde, je mehr Pools es gibt und wenn es sich um einen oberen Standort handelt.

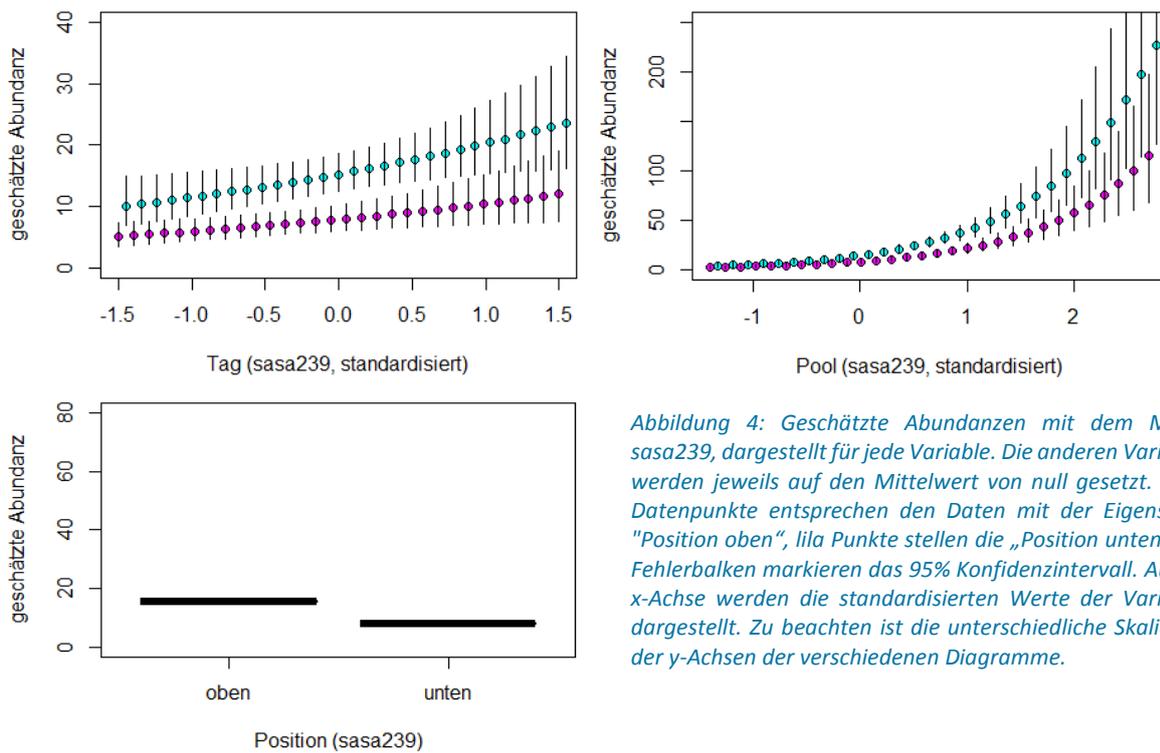


Abbildung 4: Geschätzte Abundanzen mit dem Modell sasa239, dargestellt für jede Variable. Die anderen Variablen werden jeweils auf den Mittelwert von null gesetzt. Blaue Datenpunkte entsprechen den Daten mit der Eigenschaft "Position oben", lila Punkte stellen die „Position unten“ dar. Fehlerbalken markieren das 95% Konfidenzintervall. Auf der x-Achse werden die standardisierten Werte der Variablen dargestellt. Zu beachten ist die unterschiedliche Skalierung der y-Achsen der verschiedenen Diagramme.

Die Variablen Tag und Breite aus dem Modell lala237 haben beide einen positiven Zusammenhang mit der geschätzten Abundanz (Abbildung 5). Jedoch sind die Konfidenzintervalle der Variablen „Tag“ und „Breite“ relativ gross, besonders im oberen Bereich. Generell kann gesagt werden, dass auch beim Modell lala237 die geschätzte Abundanz höher ist, je später in der Saison die Salamander gesucht werden, je mehr Pools es hat und wenn es sich um einen oberen Standort handelt.

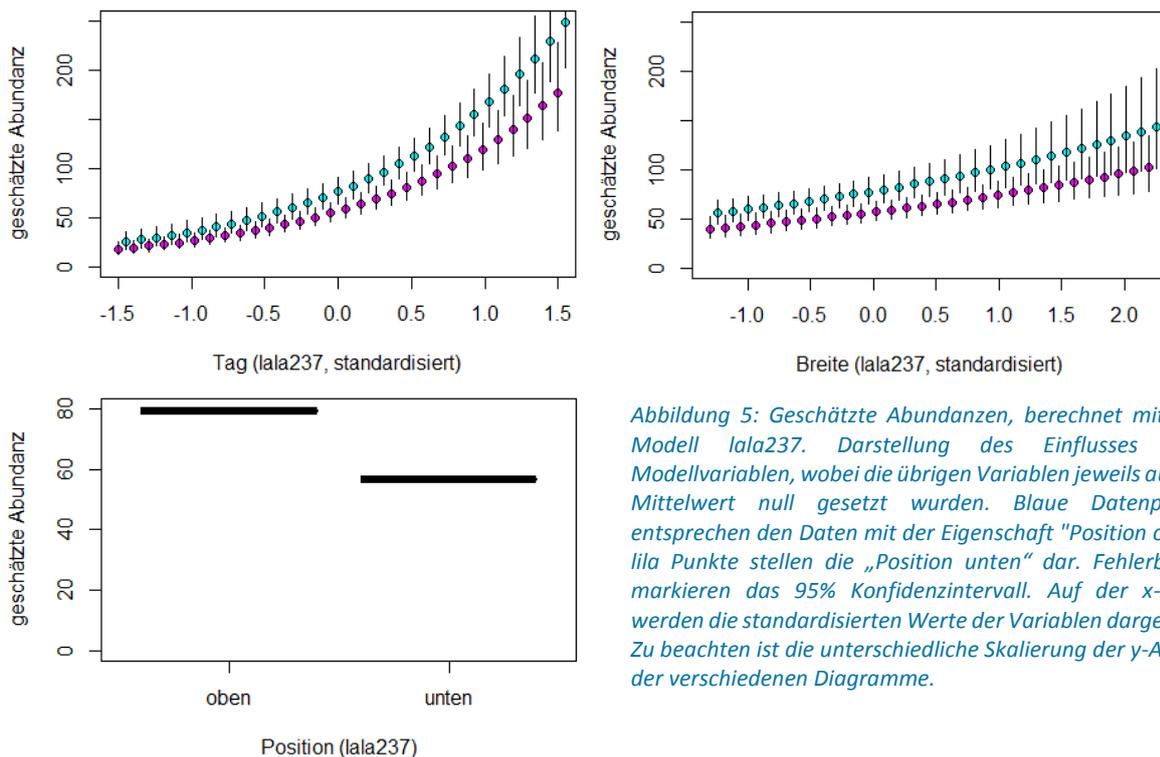


Abbildung 5: Geschätzte Abundanzen, berechnet mit dem Modell lala237. Darstellung des Einflusses jeder Modellvariablen, wobei die übrigen Variablen jeweils auf den Mittelwert null gesetzt wurden. Blaue Datenpunkte entsprechen den Daten mit der Eigenschaft "Position oben", lila Punkte stellen die „Position unten“ dar. Fehlerbalken markieren das 95% Konfidenzintervall. Auf der x-Achse werden die standardisierten Werte der Variablen dargestellt. Zu beachten ist die unterschiedliche Skalierung der y-Achsen der verschiedenen Diagramme.

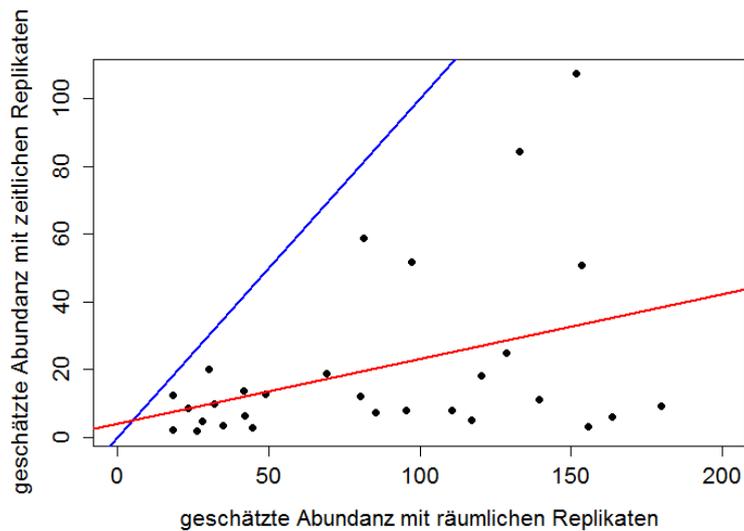


Abbildung 6: Direkter Vergleich der geschätzten Abundanzen mit der räumlichen und zeitlichen Replikationsmethode anhand einer linearen Regression. Die blaue Linie stellt die 1:1 Linie dar, in roter Farbe ist die Trendlinie (lineare Regression) dargestellt.

Abbildung 6 zeigt den direkten Vergleich der beiden Methoden mit räumlicher und zeitlicher Replikation. Mittels der *predict*-Funktion in *unmarked* wurden die geschätzten Abundanzen für jeden untersuchten Standort ermittelt. Jeder Punkt stellt einen der 29 Standorte dar. Auf der y-Achse ist die geschätzte Abundanz mit dem besten Modell für die zeitliche Replikation (sasa239) dargestellt, auf der x-Achse wird die mit dem besten lala-Modell ermittelte Abundanz aufgetragen. Die Gleichung der Regression lautet

$$y = 0.1917 * x + 3.8823.$$

Mit der räumlichen Replikationsmethode werden also viel mehr Individuen gefunden als mit der zeitlichen Replikation. Die Abweichung von der blauen 1:1 Linie ist gross. Die Korrelation der beiden Modelle liefert einen adjusted R²-Wert von 0.1143. Der Zusammenhang ist also nur sehr schwach. Die Signifikanz liegt mit 0.04083 unter dem Schwellenwert von 0.05.

Occupancy-Modelle

Die Modellselektion ergab für die zeitliche und räumliche Replikationsmethode ähnliche beste Modelle. Als einzige Einflussvariable für die Vorkommenswahrscheinlichkeit ist der Tag definiert. Der Zusammenhang ist sehr stark, mit einer Steigung von 2.90 (SE 1.084) beziehungsweise 2.91 (SE 1.063) (Tabelle 9).

Tabelle 9: Regressionsgeraden für die Vorkommenswahrscheinlichkeit der Modelle asa102 und lele164 sowie Standardfehler (SE) der Variable „Tag“.

asa102 (zeitliche Replikation)	
Modell	p (Pool) ψ (Tag)
Regressionsgerade	Occupancy = 2.90*Tag + 1.46
SE Tag	1.084
lele164 (räumliche Replikation)	
Modell	p (Tag, Pool) ψ (Tag)
Regressionsgerade	Occupancy = 2.91*Tag + 1.88
SE Tag	1.063

Die grafische Darstellung der Einflussvariablen auf die Vorkommenswahrscheinlichkeit in den Modellen asa102 und lele164 (Abbildung 7) bestätigt nochmal die Ähnlichkeit der beiden Modelle. Sowohl Steigung als auch die Konfidenzintervalle liegen in einem ähnlichen Bereich.

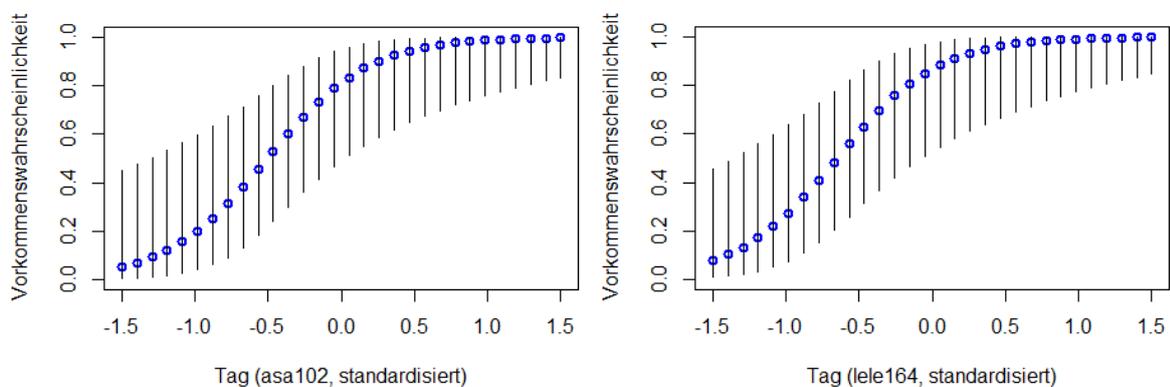


Abbildung 7: Darstellung des Einflusses der Variable "Tag" auf die Vorkommenswahrscheinlichkeit in Modellen asa102 (links) und lele164 (rechts). Fehlerbalken markieren das 95% Konfidenzintervall. Die x-Achse stellt standardisierte Werte der Variablen dar.

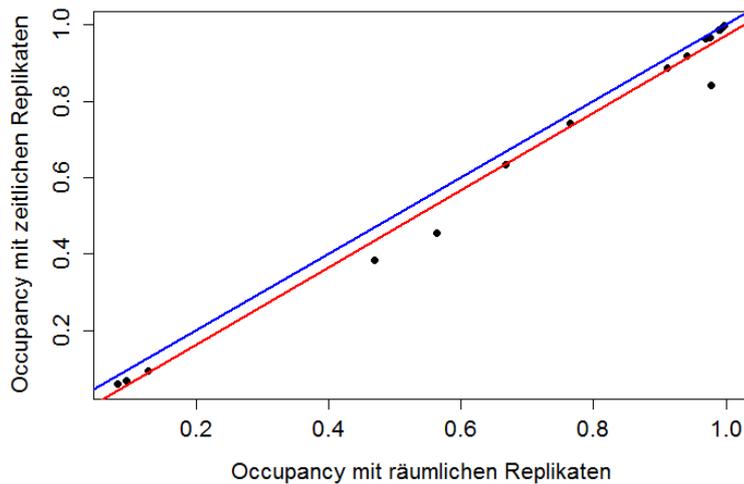


Abbildung 8: Direkter Vergleich der Vorkommenswahrscheinlichkeiten mit der räumlichen und zeitlichen Replikationsmethode anhand einer linearen Regression. In blau ist die 1:1 Linie dargestellt, in rot die Trendlinie.

Abbildung 8 vergleicht die Modelle asa102 und lele164 miteinander. Jeder Punkt stellt einen der 29 Standorte dar. Da viele Punkte sich um den Wert 0.99 herum befinden, sind diese in Abbildung 8 nicht als einzelne Punkte erkennbar. Auf der y-Achse ist die Vorkommenswahrscheinlichkeit nach dem besten Modell der zeitlichen Replikation (asa102) aufgetragen, die x-Achse stellt die mit dem besten Modell der räumlichen Replikationsmethode (lele164) modellierte Vorkommenswahrscheinlichkeit dar. Die Regression (rote Linie) hat die Gleichung

$$y = 1.0142 \cdot x - 0.0426.$$

Die Abweichung von der blauen 1:1 Linie ist sehr gering. Die Korrelation der beiden Modelle zeigt einen korrigierten R²-Wert von 0.9883 an. Die beiden Modelle haben also einen ausgesprochen starken Zusammenhang und liefern fast identische Resultate. Das Signifikanzniveau liegt bei <2.2e-16.

Diskussion

Alle Einflussvariablen, welche in den besten Modellen enthalten sind, haben einen positiven Einfluss auf die geschätzte Abundanz, beziehungsweise Vorkommenswahrscheinlichkeit. Die Positionsausprägung „unten“ weist als einzige einen negativen Zusammenhang mit der Abundanz auf, hat also weniger Salamanderlarven als Standorte im oberen Bachverlauf. Die Stärke des Zusammenhanges ist vor allem sehr gross für die Variable „Tag“ in den Modellen asa102 und lele164. In den Modellen für die geschätzte Abundanz (sasa239 und lala237) scheinen besonders der Untersuchungstag und die Position wichtige Einflussfaktoren zu sein, da sie in den meisten der besten zehn Modell nach Modellselektion vertreten sind.

Die grossen Konfidenzintervalle und die generell schwachen AIC-Gewichte der Modelle zeigen aber, dass die gewählten Variablen noch nicht alle bedeutenden Einflussfaktoren zur Modellierung der Abundanz und Vorkommenswahrscheinlichkeit der Feuersalamanderlarven abdecken. Es wäre denkbar, dass beispielsweise die Fliessgeschwindigkeit des Wassers, Niederschlagsmengen der vorhergehenden Tage, die Präsenz weiterer Beutetiere nebst Gammariden, die Distanz der Standorte zu Strassen oder die Flächengrösse des Waldes weitere Einflussgrössen sind. Die Qualität der Modelle war aber in dieser Arbeit nicht im Fokus, der Vergleich der Sampling-Methoden konnte auch mit den hier verwendeten Modellen gemacht werden.

Der Vergleich der zeitintensiveren, zeitlich replizierten Sampling-Methode mit der räumlich replizierten Sampling-Methode für Feuersalamanderlarven führt zu unterschiedlichen Ergebnissen (Abbildungen 6 und 8). Geht es um eine Abundanzschätzung, sind die beiden Methoden nicht vergleichbar. Dies liess schon die Modellselektion vermuten, als zwei sehr unterschiedliche beste Modelle gefunden wurden. Auch die Korrelation der beiden Modelle bestätigt die geringe Vergleichbarkeit mit einem R^2 von 0.1143. Wie Abbildung 6 zeigt, wird mit den Daten der räumlichen Replikationsmethode eine viel höhere Abundanz modelliert. Möglicherweise hängt dies mit der Art der Methoden selbst zusammen. In der räumlichen Replikationsmethode wird nämlich die Annahme einer geschlossenen Population vermutlich nicht erfüllt. Da die räumlichen Replikate (Abschnitte) die zeitlichen Replikate (wiederholte Besuche) simulieren und ersetzen sollen, müssen alle drei Abschnitte die gleiche Populationsgrösse aufweisen, um die Annahme einer geschlossenen Population zu erfüllen. Dies ist aber vermutlich nicht der Fall.

Die beiden Sampling-Methoden liefern hingegen fast identische Ergebnisse, wenn die Vorkommenswahrscheinlichkeit modelliert wird. Nach der Modellselektion erhält man sehr ähnliche Modelle mit den Daten aus der räumlichen und der zeitlichen Replikation. In beiden Modellen ist der Untersuchungstag die einzige Einflussvariable für die Vorkommenswahrscheinlichkeit. Die Modelle unterscheiden sich in einer zusätzlichen Variable für die Antreffwahrscheinlichkeit im Modell lele164 („Tag“), das Modell asa102 enthält nur die Variable „Pool“ für die Antreffwahrscheinlichkeit. Die aus den beiden Modellen asa102 und lele164 ermittelten Vorkommenswahrscheinlichkeiten unterscheiden sich nur geringfügig. Bei deren Gegenüberstellung mittels einer linearen Regression (Abbildung 8) liegt die Regressionskurve nur knapp neben der 1:1-Kurve. Die Korrelation ergab dann auch ein R^2 von 0.9883. Die Methode mit der räumlichen Replikation der Salamanderlarvenzählungen ist demnach vergleichbar mit der zeitlichen Replikationsmethode, wenn es um die Modellierung der Vorkommenswahrscheinlichkeit geht.

Die beiden Standorte am gleichen Bach – einer oben, der andere unten – sind strenggenommen nicht unabhängig voneinander. Je näher sie beieinander liegen, desto ähnlicher sind sie sich in der Wasserdynamik, den abiotischen Faktoren des Wassers (pH, Temperatur, Nährstoffe, etc.) und ihrer

Umgebung. Auch werden Wanderungen und Verdriftungen von einem Standort in den anderen wahrscheinlicher. Dieser Umstand der Abhängigkeit ist in den Modellen nicht berücksichtigt, da in *unmarked* diese Möglichkeit nicht besteht.

Die Variable „Tag“ wurde ursprünglich gewählt mit dem Hintergedanken, den Entwicklungszyklus der Larven abbilden zu können. Anfangs der Feldperiode im April sind die Salamanderlarven noch klein und es werden noch neue Larven geboren. Gegen Ende der Feldperiode im Juni wurde erwartet, dass einige Larven bereits so weit entwickelt sind, dass sie das Fließgewässer verlassen oder aber bereits verstorben sind oder verdriftet wurden. Somit würde die Larvenzahl gegen Ende der Feldperiode sinken. Die Variable „Tag“ bildet jedoch in gewisser Masse eher meine geografische Bewegung im Untersuchungsgebiet während der Datenaufnahme ab als die zeitliche Entwicklung der Salamanderzahlen. Während der Feldarbeit wurden nämlich zuerst die Bäche in Stadtnähe untersucht, von welchen im Vorherein bekannt war (laut Aussagen von Benedikt Schmidt, Karch), dass sie wahrscheinlich keine oder nur wenige Salamander beherbergen.

Auch heftige Regenfälle hatten eine Abnahme in der Larvenzahl zur Folge. Wenn zwischen den wiederholten Besuchen an einem Standort ein solches Regenereignis eintritt, stellt dies eine Verletzung der Annahme einer geschlossenen Population dar. MacKenzie et al. (2002) schlägt bei einer solchen Annahmenverletzung vor, nur die Daten zwischen dem ersten und letzten Vorfinden des Zielorganismus zu verwenden. Leider ist diese Empfehlung hier nicht anwendbar, da sie sich auf Untersuchungen der Vorkommenswahrscheinlichkeit und nicht der Abundanz bezieht. Auch wäre dies schwierig umzusetzen bei nur drei wiederholten Zählungen sowie bei Zählungen in unterschiedlichen Abschnitten. Die unterschiedlichen Larvenzahlen aufgrund von Niederschlagsereignissen werden aber in der zeitlich replizierten Sampling-Methode besser ausgeglichen, da Zählungen von unterschiedlichen Tagen miteinfließen (z.B. von vor dem Regenereignis oder mehrere Tage danach). Daher könnte hier die zeitliche Replikationsmethode in korrekteren Abundanzschätzungen resultieren.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die mit der räumlichen und zeitlichen Replikationsmethode erhobenen Daten fast identische Resultate lieferten bei der Modellierung der Vorkommenswahrscheinlichkeit. Somit kann hier die zeitsparendere Sampling-Methode mit räumlichen Replikationen bevorzugt werden, ohne das Resultat zu verfälschen. Hingegen sind die Sampling-Methoden nicht substituierend einsetzbar für die Abundanzmodellierung. Dies hängt möglicherweise mit den Sampling-Methoden selbst zusammen, da vermutlich die Annahme einer geschlossenen Population in der räumlichen Replikationsmethode nicht erfüllt sein dürfte. Daher wird vermutet, dass die Sampling-Methode mit den zeitlichen Replikaten (wiederholte Besuche eines Abschnitts) die korrekteren Abundanzschätzungen liefert. Die niedrigen AIC Gewichte und die grossen Standardabweichungen in den Modellen lässt vermuten, dass die gewählten Einflussvariablen nicht die einzigen und wichtigsten Variablen sind.

In weiterführenden Schritten wäre es interessant zu erfahren, ob und wie die Unterschiede bei der Abundanzmodellierung verringert werden können. Dazu können Anpassungen in der Planung und Durchführung der Feldarbeit nötig sein, um beispielsweise der Verletzung der Annahme über die geschlossene Population besser vorzubeugen. Möglicherweise können auch Änderungen in den Annahmen oder den statistischen Auswertungsmethoden helfen.

Quellenverzeichnis

- Bailey, Larissa L; Simons, Theodore R.; Pollock, Kenneth H (2004). Estimating site occupancy and species detection probability parameters for terrestrial salamanders. *Ecological Applications*, 14 (3), S. 692-702.
- Baumgartner, N.; Waringer, A.; Waringer, J. (1999). Hydraulic microdistribution patterns of larval fire salamanders (*Salamandra salamandra salamandra*) in the Weidlingbach near Vienna, Austria. *Freshwater Biology*, 41, S. 31-41.
- Bried, Jason T.; Dillon, Amanda M.; Hager, Barbara J.; Patten, Michael A.; Luttbeg, Barney (2015). Criteria to infer local species residency in standardized adult dragonfly surveys. *Freshwater Science*, 34 (3), S. 1105-1113.
- Collins, James P. (2010). Amphibian decline and extinction: What we know and what we need to learn. *Diseases of Aquatic Organisms*, 92, S. 93-99.
- Couturier, Thibaut; Besnard, Aurélien; Bertolero, Albert; Bosc, Valérie; Astruc, Guillaume; Cheylan, Marc (2014). Factors determining the abundance and occurrence of Hermann's tortoise *Testudo hermanni* in France and Spain: Fire regime and landscape changes as the main drivers. *Biological Conservation*, 170, S. 177-187.
- Deutsche Gesellschaft für Herpetologie und Terrarienkunde e. V. (DGHT) (Hrsg.), (2016). Lurch des Jahres 2016: Feuersalamander. URL: http://www.dght.de/index.php?option=com_content&view=article&id=746&Itemid=296 [Stand: 08. August 2016]
- Fiske, Ian R.; Chandler, Richard B. (2011). unmarked: An R Package for Fitting Hierarchical Models of Wildlife Occurrence and Abundance. *Journal of Statistical Software*, 43 (10), S. 1-23.
- Giugliano, Luigi ; Hardersen, Sönke ; Santini, Giacomo (2012). Odonata communities in retrodunal ponds: a comparison of sampling methods. *International Journal of Odonatology*, 15 (1), S. 13-23, DOI: 10.1080/13887890.2012.660403.
- karch (Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz). URL: www.karch.ch [Stand: August 2016].
- Kéry, Marc (2008). Estimating abundance from bird counts: Binomial mixture models uncover complex covariate relationships. *The Auk*, 125 (2), S. 336-345.
- Manenti, Raoul; Ficetola, Gentile Francesco; De Bernardi, Fiorenza (2009). Water, stream morphology and landscape: complex habitat determinants for the fire salamander *Salamandra salamandra*. *Amphibia-Reptilia*, 30, S. 7-15.
- Nery, Thayse; Schmera, Denes (2016). The effects of top-down and bottom-up controls on macroinvertebrate assemblages in headwater streams. *Hydrobiologia*, 763 (1), S. 173-181.
- R Core Team (2016). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>.
- Royle, J. Andrew (2004). N-mixture models for estimating population size from spatially replicated counts. *Biometrics*, 60 (1), S. 108-115.

- Royle, J. Andrew; Dorazio, Robert M. (2006). Hierarchical models of animal abundance and occurrence. *Journal of Agricultural, Biological and Environmental Statistics*, 11 (3), S. 249-263.
- Schmidt, Benedikt R.; Pellet, Jérôme (2005). Relative importance of population processes and habitat characteristics in determining site occupancy of two anurans. *Journal of Wildlife Management*, 69 (3), S. 884-893.
- Schmidt, Benedikt R.; Zumbach, Silvia (2005). Rote Liste der gefährdeten Amphibien der Schweiz. Hrsg. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, und Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz, Bern. BUWAL-Reihe: Vollzug Umwelt.
- Schmidt, Benedikt R.; Gschwend, Gabriela; Bachmann, Joerg A.; Dermond, Philip (2015). Use of removal sampling to estimate abundance of larval salamanders (*Salamandra salamandra*) in streams. *Amphibia-Reptilia*, 36 (1), S. 87-92.
- Smith, Thomas M.; Smith, Robert L. (2009): Ökologie. 6. Auflage. München: Pearson Studium.
- Wagenmakers, Eric-Jan; Farrell, Simon (2004). AIC model selection using Akaike weights. *Psychonomic Bulletin & Review*, 11 (1), S. 192-196.
- Williams, Byron K.; Nichols, James D.; Conroy, Michael J. (2002). Analysis and Management of Animal Populations. 1. Auflage. San Diego: Academic Press.
- Zakrzewski, M. (1987). Effect of definite temperature ranges on development, metamorphosis and procreation of the spotted salamander larvae, *Salamandra salamandra* (L.). *Acta Biologica Cracoviensia Series Zoologia*, 29, S. 77-83.

Internetquellen

ArcGIS Shapefile Cantons of Switzerland with Population Data 2012 URL: www.arcgis.com/home/item.html?id=a5067fb3b0b74b188d7b650fa5c64b39 [Stand 01.08.2016]

Abbildungen

Alle in dieser Arbeit verwendeten Grafiken und Fotos wurden selbst erstellt.

Danksagung

Mein grösster Dank geht an Dr. Benedikt Schmidt, ohne den es diese Arbeit nicht gegeben hätte. Von der Idee bis zur Vollendung stand er mir jederzeit mit Rat und Tat zur Seite. Sogar aus dem Urlaub hat er noch meine E-Mails beantwortet. Dr. Stefanie von Fumetti danke ich dafür, dass sie mit ihrer unkomplizierten Art stets für Fragen zur Verfügung stand, und mich auch im administrativen Teil der Arbeit unterstützt hat. Auch danke ich ihr und dem NLU für die Materialleihen für die Feldarbeit. Ein grosser Dank geht an meine Freunde, die mich bei der Feldarbeit unterstützt haben. Es macht einfach viel mehr Spass, sich zu zweit durch das Gestrüpp zu kämpfen. Danke Panos, Bettina, Janine, Etienne und Oliver!



Abbildung 9: Feuersalamander auf Laub (eigene Aufnahme)

Anhang I

Digitalisierte Originaldaten in Excel

Originaldaten der drei Besuche (zeitliche Replikation)

Nr.	Bachname	Position	Datum 1	Tag 1	x Koordinaten 1.1	y Koordinaten 1.1	Breite 1.1	Pools 1.1	Gammarus 1.1	Fisch 1.1	Larven 1.1
1-o	Dorenbach oben	oben	19.04.2016	19	608183	264644	2.5	3	0	1	0
1-u	Dorenbach unten	unten	19.04.2016	19	608260	264881	2.6	1	1	0	0
2-o	Weierbach oben	oben	19.04.2016	19	608861	264786	1.6	5	0	0	0
2-u	Weierbach unten	unten	20.04.2016	20	608720	264838	3	5	0	0	0
3-o	Froloo oben	oben	08.05.2016	38	610204	261315	0.5	9	1	0	0
3-u	Froloo unten	unten	08.05.2016	38	609967	261295	0.8	10	1	0	0
4-o	Neusatz oben	oben	20.04.2016	20	610119	262449	1	8	0	0	0
4-u	Neusatz unten	unten	20.04.2016	20	609850	262616	1	1	1	0	0
5-o	Asprain oben	oben	03.05.2016	33	614836	262871	0.8	6	0	0	8
5-u	Asprain unten	unten	22.04.2016	22	614508	263121	1	9	1	0	17
7-o	Dornach oben	oben	11.05.2016	41	614788	258018	1.6	12	0	0	21
7-u	Dornach unten	unten	11.05.2016	41	614830	258203	0.9	11	0	0	9
8-o	Ermitage oben	oben	04.05.2016	34	615446	259824	1.2	3	0	0	0
8-u	Ermitage unten	unten	04.05.2016	34	615354	260040	0.8	13	0	0	0
9-o	Seebach oben	oben	20.05.2016	50	612998	253787	2.6	13	0	0	9
9-u	Seebach unten	unten	18.05.2016	48	613008	253841	1.9	17	0	0	6
10-o	Chastelbach oben	oben	25.05.2016	55	612317	251566	1.7	14	0	0	8
10-u	Chastelbach unten	unten	25.05.2016	55	612207	251648	1.6	7	0	0	3
11-o	lback oben	oben	25.05.2016	55	611124	251344	0.5	14	0	0	37
11-u	lback unten	unten	25.05.2016	55	611042	251188	0.9	9	0	0	18
13-o	Nenzlingen oben	oben	05.05.2016	35	608177	256080	1.2	6	0	0	40
13-u	Nenzlingen unten	unten	05.05.2016	35	608129	255517	2	21	0	0	69
Rh1-o	Rheinfelden 1 oben	oben	31.05.2016	61	626225	264886	0.8	6	0	0	3
Rh1-u	Rheinfelden 1 unten	unten	31.05.2016	61	626249	264978	0.9	6	0	0	0
Rh2-o	Rheinfelden 2 oben	oben	31.05.2016	61	625535	264420	1.1	7	1	0	2
Rh2-u	Rheinfelden 2 unten	unten	01.06.2016	62	625511	264434	1.1	7	1	0	0
Gie1-o	Giebenach 1 oben	oben	31.05.2016	61	624113	263539	0.9	1	0	0	3
Gie1-u	Giebenach 1 unten	unten	31.05.2016	61	624046	263565	0.7	8	0	0	6
Gie2-o	Giebenach 2 oben	oben	01.06.2016	62	622092	263345	1	7	0	0	6
Gie2-u	Giebenach 2 unten	unten	09.06.2016	70	621888	264042	1.3	1	0	0	0

Datum 2	Tag 2	Breite 2.1	Pools 2.1	Gammarus 2.1	Fisch 2.1	Larven 2.1	Datum 3	Tag 3	Breite 3.1	Pools 3.1	Gammarus 3.1	Fisch 3.1	Larven 3.1
20.04.2016	20	2.5	2	0	0	0	21.04.2016	21	1.6	3	0	0	0
20.04.2016	20	2.6	4	0	0	0	21.04.2016	21	2.5	3	0	0	0
20.04.2016	20	1.6	5	0	0	0	21.04.2016	21	1.4	3	0	0	0
21.04.2016	21	3	5	0	0	0	22.04.2016	22	1.2	5	0	0	0
10.05.2016	40	0.5	9	1	0	0	11.05.2016	41	0.5	5	1	0	0
10.05.2016	40	0.8	10	1	0	0	11.05.2016	41	0.8	8	1	0	0
21.04.2016	21	0.8	7	0	0	0	22.04.2016	22	0.6	6	0	0	0
21.04.2016	21	1	5	1	0	0	22.04.2016	22	0.8	5	1	0	0
04.05.2016	34	0.8	4	1	0	4	04.05.2016	34	0.8	4	0	0	2
23.04.2016	23	1	11	1	0	27	24.04.2016	24	1	15	1	0	36
11.05.2016	41	1.6	12	0	0	14	16.05.2016	46	1.6	3	0	0	0
11.05.2016	41	0.9	11	0	0	9	16.05.2016	46	1.6	3	0	0	1
06.05.2016	36	1.2	10	0	0	0	06.05.2016	36	1.2	10	0	0	0
06.05.2016	36	0.8	13	0	0	0	06.05.2016	36	0.8	13	0	0	0
21.05.2016	51	2.6	13	0	0	7	21.05.2016	51	2.6	13	0	0	7
18.05.2016	48	1.9	16	0	0	4	20.05.2016	50	1.9	18	0	0	5
25.05.2016	55	1.7	14	0	0	7	27.05.2016	57	1.7	17	1	0	24
25.05.2016	55	1.6	7	0	0	4	27.05.2016	57	1.6	6	0	0	5
27.05.2016	57	0.5	13	0	0	52	27.05.2016	57	0.5	11	0	0	56
27.05.2016	57	0.9	9	1	0	24	27.05.2016	57	0.9	9	1	0	13
06.05.2016	36	1.2	12	0	0	64	07.06.2016	68	1.2	12	0	0	48
06.05.2016	36	2	21	0	0	83	07.06.2016	68	2	18	0	0	77
01.06.2015	62	0.8	8	0	0	3	01.06.2016	62	0.8	8	0	0	3
01.06.2016	62	0.9	7	0	0	1	01.06.2016	62	0.9	7	0	0	1
01.06.2016	62	1.1	4	1	0	1	01.06.2016	62	1.1	4	1	0	1
01.06.2016	62	1.1	9	1	0	2	01.06.2016	62	1.1	4	1	0	1
09.06.2016	70	0.9	2	0	0	0	09.06.2016	70	0.9	2	0	0	0
09.06.2016	70	0.7	2	0	0	0	09.06.2016	70	0.7	2	0	0	0
09.06.2016	70	1	2	0	0	0	09.06.2016	70	1	2	0	0	0
09.06.2016	70	1.3	1	0	0	0	10.06.2016	71	1.3	3	1	0	0

Originaldaten der Abschnitte 2 und 3 (räumliche Replikaton)

Nr.	Bachname	Position	Datum AS2	Tag_AS2	x_Abschn2	y_Abschn2	Breite_AS2	Pool_AS2	Gammarus_AS2	Fisch_AS2	Larven_AS2
1-o	Dorenbach oben	oben	19.04.2016	19	608173	264589	2.3	2	0	0	0
1-u	Dorenbach unten	unten	19.04.2016	19	608245	264844	2.2	1	1 (nur einer)	0	0
2-o	Weiherrbach oben	oben	19.04.2016	19	608893	264788	1.6	5	0	0	0
2-u	Weiherrbach unten	unten	20.04.2016	20	608745	264836	3.5	5	0	0	0
3-o	Froloo oben	oben	08.05.2016	38	610222	261318	0.7	13	1	0	0
3-u	Froloo unten	unten	08.05.2016	38	609992	261297	0.6	12	1	0	0
4-o	Neusatz oben	oben	20.04.2016	20	610106	262459	1.1	9	0	0	0
4-u	Neusatz unten	unten	20.04.2016	20	609872	262611	1.6	4	1	0	0
5-o	Asprain oben	oben	03.05.2016	33	614855	262860	0.9	17	0	0	47
5-u	Asprain unten	unten	22.04.2016	22	614490	263125	1.1	7	1	0	61
7-o	Dornach oben	oben	11.05.2016	41	614828	257997	1.4	10	0	0	4
7-u	Dornach unten	unten	11.05.2016	41	614883	258231	1.2	19	0	0	27
8-o	Ermitage oben	oben	06.05.2016	36	615426	259839	1.1	3	0	0	0
8-u	Ermitage unten	unten	06.05.2016	36	615341	260015	0.9	9	0	0	0
9-o	Seebach oben	oben	21.05.2016	51	612998	253761	2	4	0	0	2
9-u	Seebach unten	unten	18.05.2016	48	613013	253866	1.9	13	0	0	1
10-o	Chastelbach oben	oben	25.05.2016	55	612332	251547	1.9	11	1	0	6
10-u	Chastelbach unten	unten	25.05.2016	55	612189	251636	1.2	7	0	0	0
11-o	Ibach oben	oben	27.05.2016	57	611151	251392	0.6	9	0	0	12
11-u	Ibach unten	unten	27.05.2016	57	611053	251208	1.3	11	1	0	18
13-o	Nenzlingen oben	oben	07.06.2016	68	608187	256014	1.3	19	0	0	0
13-u	Nenzlingen unten	unten	07.06.2016	68	608155	255519	2.8	19	0	0	32
Rh1-o	Rheinfelden 1 oben	oben	01.06.2016	62	626242	264925	0.6	6	0	0	0
Rh1-u	Rheinfelden 1 unten	unten	01.06.2016	62	626254	264962	0.9	9	0	0	1
Rh2-o	Rheinfelden 2 oben	oben	01.06.2016	62	625546	264408	0.9	6	1	0	0
Rh2-u	Rheinfelden 2 unten	unten	01.06.2016	62	625458	264480	1.4	4	1	0	0
Gie1-o	Giebenach 1 oben	oben	09.06.2016	70	624169	263522	0.7	6	0	0	0
Gie1-u	Giebenach 1 unten	unten	09.06.2016	70	624070	263555	1	4	0	0	0
Gie2-o	Giebenach 2 oben	oben	09.06.2016	70	622114	263334	1.1	5	0	0	0
Gie2-u	Giebenach 2 unten	unten	09.06.2016	70	621910	264012	1.3	0	0	0	0

Nr.	Bachname	Position	Datum AS3	Tag_AS3	x_Abschn3	y_Abschn3	Breite_AS3	Pool_AS3	Gammarus_AS3	Fisch_AS3	Larven_AS3
1-o	Dorenbach oben	oben	19.04.2016	19	608165	264573	1.6	2	0	0	0
1-u	Dorenbach unten	unten	19.04.2016	19	608225	264830	2	2	0	0	0
2-o	Weiherrbach oben	oben	19.04.2016	19	608904	264770	1.6	3	0	0	0
2-u	Weiherrbach unten	unten	20.04.2016	20	608753	264817	4	4	0	0	0
3-o	Froloo oben	oben	08.05.2016	38	610240	261330	0.4	10	1	0	0
3-u	Froloo unten	unten	08.05.2016	38	610014	261303	0.8	11	1	0	0
4-o	Neusatz oben	oben	20.04.2016	20	610068	262480	1	3	0	0	0
4-u	Neusatz unten	unten	20.04.2016	20	609919	262584	1.2	7	1	0	0
5-o	Asprain oben	oben	03.05.2016	33	614790	262919	1.6	7	1	0	8
5-u	Asprain unten	unten	22.04.2016	22	614583	263100	1	6	1	0	12
7-o	Dornach oben	oben	11.05.2016	41	614845	257977	1.5	17	0	0	22
7-u	Dornach unten	unten	11.05.2016	41	614889	258239	1.3	19	0	0	115
8-o	Ermitage oben	oben	06.05.2016	36	615476	259794	1.4	9	0	0	1
8-u	Ermitage unten	unten	06.05.2016	36	615390	260122	0.9	10	0	0	0
9-o	Seebach oben	oben	21.05.2016	51	612993	253737	2.8	13	0	0	1
9-u	Seebach unten	unten	18.05.2016	48	613000	253818	2.2	19	0	0	5
10-o	Chastelbach oben	oben	25.05.2016	55	612349	251520	1.3	13	1	0	12
10-u	Chastelbach unten	unten	25.05.2016	55	612232	251636	1.3	12	0	0	4
11-o	Ibach oben	oben	27.05.2016	57	611122	251320	1	24	0	0	90
11-u	Ibach unten	unten	27.05.2016	57	611073	251225	1	12	0	0	20
13-o	Nenzlingen oben	oben	07.06.2016	68	608184	255989	1.5	18	0	0	2
13-u	Nenzlingen unten	unten	07.06.2016	68	608178	255527	3	19	1	0	19
Rh1-o	Rheinfelden 1 oben	oben	01.06.2016	62	626204	264851	0.6	3	0	0	0
Rh1-u	Rheinfelden 1 unten	unten	01.06.2016	62	626243	264937	1	9	0	0	2
Rh2-o	Rheinfelden 2 oben	oben	01.06.2016	62	625557	264390	1.1	2	1	0	0
Rh2-u	Rheinfelden 2 unten	unten	01.06.2016	62	625451	264400	1.3	9	1	0	2
Gie1-o	Giebenach 1 oben	oben	09.06.2016	70	624193	263500	1	10	0	0	1
Gie1-u	Giebenach 1 unten	unten	09.06.2016	70	623929	263634	0.9	1	0	0	0
Gie2-o	Giebenach 2 oben	oben	09.06.2016	70	622135	263322	1.1	2	0	0	0
Gie2-u	Giebenach 2 unten	unten	09.06.2016	70	621929	263987	1.2	0	0	0	0

Anhang II

256 mögliche Kombinationen der Variablen

Jede Kombination der Variablen ist nummeriert. Die verschiedenen Modelle (sasa, lala, asa, lele) enthalten immer diese Nummerierung im Modellnamen (z.B. sasa200). Modelle mit der gleichen Nummer haben somit dieselbe Variablen-Kombination. $\lambda ()$ beinhaltet die Variablen, welche die Abundanz modellieren. In $\psi ()$ sind die erklärenden Variablen für die Vorkommenswahrscheinlichkeit (= Site Occupancy oder Occurrence) zu finden und $p ()$ beschreibt die Antreffwahrscheinlichkeit. Die Modelle setzen sich zusammen aus $p ()$ im ersten Teil und entweder $\lambda ()$ oder $\psi ()$ im zweiten Teil. Deswegen wird hier der zweite Teil als $\lambda / \psi ()$ dargestellt. Eine 1 bedeutet, dass keine erklärende Variable für diesen Teil gewählt wurde und dieser Teil somit konstant ist.

- 1 = $p (1) \lambda / \psi (1)$
- 2 = $p (\text{Tag}) \lambda / \psi (1)$
- 3 = $p (\text{Breite}) \lambda / \psi (1)$
- 4 = $p (\text{Pool}) \lambda / \psi (1)$
- 5 = $p (\text{Tag, Breite}) \lambda / \psi (1)$
- 6 = $p (\text{Tag, Pool}) \lambda / \psi (1)$
- 7 = $p (\text{Breite, Pool}) \lambda / \psi (1)$
- 8 = $p (\text{Tag, Breite, Pool}) \lambda / \psi (1)$
- 9 = $p (1) \lambda / \psi (\text{Tag})$
- 10 = $p (1) \lambda / \psi (\text{Breite})$
- 11 = $p (1) \lambda / \psi (\text{Pool})$
- 12 = $p (1) \lambda / \psi (\text{Gammarus})$
- 13 = $p (1) \lambda / \psi (\text{Position})$
- 14 = $p (1) \lambda / \psi (\text{Tag, Breite})$
- 15 = $p (1) \lambda / \psi (\text{Tag, Pool})$
- 16 = $p (1) \lambda / \psi (\text{Tag, Gammarus})$
- 17 = $p (1) \lambda / \psi (\text{Tag, Position})$
- 18 = $p (1) \lambda / \psi (\text{Tag, Breite, Pool})$
- 19 = $p (1) \lambda / \psi (\text{Tag, Breite, Gammarus})$
- 20 = $p (1) \lambda / \psi (\text{Tag, Breite, Position})$
- 21 = $p (1) \lambda / \psi (\text{Tag, Pool, Gammarus})$
- 22 = $p (1) \lambda / \psi (\text{Tag, Pool, Position})$
- 23 = $p (1) \lambda / \psi (\text{Tag, Gammarus, Position})$
- 24 = $p (1) \lambda / \psi (\text{Tag, Breite, Pool, Gammarus})$
- 25 = $p (1) \lambda / \psi (\text{Tag, Breite, Pool, Position})$
- 26 = $p (1) \lambda / \psi (\text{Tag, Breite, Gammarus, Position})$
- 27 = $p (1) \lambda / \psi (\text{Tag, Pool, Gammarus, Position})$
- 28 = $p (1) \lambda / \psi (\text{Tag, Breite, Pool, Gammarus, Position})$
- 29 = $p (1) \lambda / \psi (\text{Breite, Pool})$
- 30 = $p (1) \lambda / \psi (\text{Breite, Gammarus})$
- 31 = $p (1) \lambda / \psi (\text{Breite, Position})$
- 32 = $p (1) \lambda / \psi (\text{Breite, Pool, Gammarus})$
- 33 = $p (1) \lambda / \psi (\text{Breite, Pool, Position})$
- 34 = $p (1) \lambda / \psi (\text{Breite, Gammarus, Position})$
- 35 = $p (1) \lambda / \psi (\text{Breite, Pool, Gammarus, Position})$

36 = $\rho(1) \lambda / \psi$ (Pool, Gammarus)
 37 = $\rho(1) \lambda / \psi$ (Pool, Position)
 38 = $\rho(1) \lambda / \psi$ (Pool, Gammarus, Position)
 39 = $\rho(1) \lambda / \psi$ (Gammarus, Position)
 40 = $\rho(\text{Tag}) \lambda / \psi$ (Tag)
 41 = $\rho(\text{Tag}) \lambda / \psi$ (Breite)
 42 = $\rho(\text{Tag}) \lambda / \psi$ (Pool)
 43 = $\rho(\text{Tag}) \lambda / \psi$ (Gammarus)
 44 = $\rho(\text{Tag}) \lambda / \psi$ (Position)
 45 = $\rho(\text{Tag}) \lambda / \psi$ (Tag, Breite)
 46 = $\rho(\text{Tag}) \lambda / \psi$ (Tag, Pool)
 47 = $\rho(\text{Tag}) \lambda / \psi$ (Tag, Gammarus)
 48 = $\rho(\text{Tag}) \lambda / \psi$ (Tag, Position)
 49 = $\rho(\text{Tag}) \lambda / \psi$ (Tag, Breite, Pool)
 50 = $\rho(\text{Tag}) \lambda / \psi$ (Tag, Breite, Gammarus)
 51 = $\rho(\text{Tag}) \lambda / \psi$ (Tag, Breite, Position)
 52 = $\rho(\text{Tag}) \lambda / \psi$ (Tag, Pool, Gammarus)
 53 = $\rho(\text{Tag}) \lambda / \psi$ (Tag, Pool, Position)
 54 = $\rho(\text{Tag}) \lambda / \psi$ (Tag, Gammarus, Position)
 55 = $\rho(\text{Tag}) \lambda / \psi$ (Tag, Breite, Pool, Gammarus)
 56 = $\rho(\text{Tag}) \lambda / \psi$ (Tag, Breite, Pool, Position)
 57 = $\rho(\text{Tag}) \lambda / \psi$ (Tag, Breite, Gammarus, Position)
 58 = $\rho(\text{Tag}) \lambda / \psi$ (Tag, Pool, Gammarus, Position)
 59 = $\rho(\text{Tag}) \lambda / \psi$ (Tag, Breite, Pool, Gammarus, Position)
 60 = $\rho(\text{Tag}) \lambda / \psi$ (Breite, Pool)
 61 = $\rho(\text{Tag}) \lambda / \psi$ (Breite, Gammarus)
 62 = $\rho(\text{Tag}) \lambda / \psi$ (Breite, Position)
 63 = $\rho(\text{Tag}) \lambda / \psi$ (Breite, Pool, Gammarus)
 64 = $\rho(\text{Tag}) \lambda / \psi$ (Breite, Pool, Position)
 65 = $\rho(\text{Tag}) \lambda / \psi$ (Breite, Gammarus, Position)
 66 = $\rho(\text{Tag}) \lambda / \psi$ (Breite, Pool, Gammarus, Position)
 67 = $\rho(\text{Tag}) \lambda / \psi$ (Pool, Gammarus)
 68 = $\rho(\text{Tag}) \lambda / \psi$ (Pool, Position)
 69 = $\rho(\text{Tag}) \lambda / \psi$ (Pool, Gammarus, Position)
 70 = $\rho(\text{Tag}) \lambda / \psi$ (Gammarus, Position)
 71 = $\rho(\text{Breite}) \lambda / \psi$ (Tag)
 72 = $\rho(\text{Breite}) \lambda / \psi$ (Breite)
 73 = $\rho(\text{Breite}) \lambda / \psi$ (Pool)
 74 = $\rho(\text{Breite}) \lambda / \psi$ (Gammarus)
 75 = $\rho(\text{Breite}) \lambda / \psi$ (Position)
 76 = $\rho(\text{Breite}) \lambda / \psi$ (Tag, Breite)
 77 = $\rho(\text{Breite}) \lambda / \psi$ (Tag, Pool)
 78 = $\rho(\text{Breite}) \lambda / \psi$ (Tag, Gammarus)
 79 = $\rho(\text{Breite}) \lambda / \psi$ (Tag, Position)
 80 = $\rho(\text{Breite}) \lambda / \psi$ (Tag, Breite, Pool)
 81 = $\rho(\text{Breite}) \lambda / \psi$ (Tag, Breite, Gammarus)

82 = ρ (Breite) λ / ψ (Tag, Breite, Position)
 83 = ρ (Breite) λ / ψ (Tag, Pool, Gammarus)
 84 = ρ (Breite) λ / ψ (Tag, Pool, Position)
 85 = ρ (Breite) λ / ψ (Tag, Gammarus, Position)
 86 = ρ (Breite) λ / ψ (Tag, Breite, Pool, Gammarus)
 87 = ρ (Breite) λ / ψ (Tag, Breite, Pool, Position)
 88 = ρ (Breite) λ / ψ (Tag, Breite, Gammarus, Position)
 89 = ρ (Breite) λ / ψ (Tag, Pool, Gammarus, Position)
 90 = ρ (Breite) λ / ψ (Tag, Breite, Pool, Gammarus, Position)
 91 = ρ (Breite) λ / ψ (Breite, Pool)
 92 = ρ (Breite) λ / ψ (Breite, Gammarus)
 93 = ρ (Breite) λ / ψ (Breite, Position)
 94 = ρ (Breite) λ / ψ (Breite, Pool, Gammarus)
 95 = ρ (Breite) λ / ψ (Breite, Pool, Position)
 96 = ρ (Breite) λ / ψ (Breite, Gammarus, Position)
 97 = ρ (Breite) λ / ψ (Breite, Pool, Gammarus, Position)
 98 = ρ (Breite) λ / ψ (Pool, Gammarus)
 99 = ρ (Breite) λ / ψ (Pool, Position)
 100 = ρ (Breite) λ / ψ (Pool, Gammarus, Position)
 101 = ρ (Breite) λ / ψ (Gammarus, Position)
 102 = ρ (Pool) λ / ψ (Tag)
 103 = ρ (Pool) λ / ψ (Breite)
 104 = ρ (Pool) λ / ψ (Pool)
 105 = ρ (Pool) λ / ψ (Gammarus)
 106 = ρ (Pool) λ / ψ (Position)
 107 = ρ (Pool) λ / ψ (Tag, Breite)
 108 = ρ (Pool) λ / ψ (Tag, Pool)
 109 = ρ (Pool) λ / ψ (Tag, Gammarus)
 110 = ρ (Pool) λ / ψ (Tag, Position)
 111 = ρ (Pool) λ / ψ (Tag, Breite, Pool)
 112 = ρ (Pool) λ / ψ (Tag, Breite, Gammarus)
 113 = ρ (Pool) λ / ψ (Tag, Breite, Position)
 114 = ρ (Pool) λ / ψ (Tag, Pool, Gammarus)
 115 = ρ (Pool) λ / ψ (Tag, Pool, Position)
 116 = ρ (Pool) λ / ψ (Tag, Gammarus, Position)
 117 = ρ (Pool) λ / ψ (Tag, Breite, Pool, Gammarus)
 118 = ρ (Pool) λ / ψ (Tag, Breite, Pool, Position)
 119 = ρ (Pool) λ / ψ (Tag, Breite, Gammarus, Position)
 120 = ρ (Pool) λ / ψ (Tag, Pool, Gammarus, Position)
 121 = ρ (Pool) λ / ψ (Tag, Breite, Pool, Gammarus, Position)
 122 = ρ (Pool) λ / ψ (Breite, Pool)
 123 = ρ (Pool) λ / ψ (Breite, Gammarus)
 124 = ρ (Pool) λ / ψ (Breite, Position)
 125 = ρ (Pool) λ / ψ (Breite, Pool, Gammarus)
 126 = ρ (Pool) λ / ψ (Breite, Pool, Position)
 127 = ρ (Pool) λ / ψ (Breite, Gammarus, Position)

128 = ρ (Pool) λ / ψ (Breite, Pool, Gammarus, Position)
 129 = ρ (Pool) λ / ψ (Pool, Gammarus)
 130 = ρ (Pool) λ / ψ (Pool, Position)
 131 = ρ (Pool) λ / ψ (Pool, Gammarus, Position)
 132 = ρ (Pool) λ / ψ (Gammarus, Position)
 133 = ρ (Tag, Breite) λ / ψ (Tag)
 134 = ρ (Tag, Breite) λ / ψ (Breite)
 135 = ρ (Tag, Breite) λ / ψ (Pool)
 136 = ρ (Tag, Breite) λ / ψ (Gammarus)
 137 = ρ (Tag, Breite) λ / ψ (Position)
 138 = ρ (Tag, Breite) λ / ψ (Tag, Breite)
 139 = ρ (Tag, Breite) λ / ψ (Tag, Pool)
 140 = ρ (Tag, Breite) λ / ψ (Tag, Gammarus)
 141 = ρ (Tag, Breite) λ / ψ (Tag, Position)
 142 = ρ (Tag, Breite) λ / ψ (Tag, Breite, Pool)
 143 = ρ (Tag, Breite) λ / ψ (Tag, Breite, Gammarus)
 144 = ρ (Tag, Breite) λ / ψ (Tag, Breite, Position)
 145 = ρ (Tag, Breite) λ / ψ (Tag, Pool, Gammarus)
 146 = ρ (Tag, Breite) λ / ψ (Tag, Pool, Position)
 147 = ρ (Tag, Breite) λ / ψ (Tag, Gammarus, Position)
 148 = ρ (Tag, Breite) λ / ψ (Tag, Breite, Pool, Gammarus)
 149 = ρ (Tag, Breite) λ / ψ (Tag, Breite, Pool, Position)
 150 = ρ (Tag, Breite) λ / ψ (Tag, Breite, Gammarus, Position)
 151 = ρ (Tag, Breite) λ / ψ (Tag, Pool, Gammarus, Position)
 152 = ρ (Tag, Breite) λ / ψ (Tag, Breite, Pool, Gammarus, Position)
 153 = ρ (Tag, Breite) λ / ψ (Breite, Pool)
 154 = ρ (Tag, Breite) λ / ψ (Breite, Gammarus)
 155 = ρ (Tag, Breite) λ / ψ (Breite, Position)
 156 = ρ (Tag, Breite) λ / ψ (Breite, Pool, Gammarus)
 157 = ρ (Tag, Breite) λ / ψ (Breite, Pool, Position)
 158 = ρ (Tag, Breite) λ / ψ (Breite, Gammarus, Position)
 159 = ρ (Tag, Breite) λ / ψ (Breite, Pool, Gammarus, Position)
 160 = ρ (Tag, Breite) λ / ψ (Pool, Gammarus)
 161 = ρ (Tag, Breite) λ / ψ (Pool, Position)
 162 = ρ (Tag, Breite) λ / ψ (Pool, Gammarus, Position)
 163 = ρ (Tag, Breite) λ / ψ (Gammarus, Position)
 164 = ρ (Tag, Pool) λ / ψ (Tag)
 165 = ρ (Tag, Pool) λ / ψ (Breite)
 166 = ρ (Tag, Pool) λ / ψ (Pool)
 167 = ρ (Tag, Pool) λ / ψ (Gammarus)
 168 = ρ (Tag, Pool) λ / ψ (Position)
 169 = ρ (Tag, Pool) λ / ψ (Tag, Breite)
 170 = ρ (Tag, Pool) λ / ψ (Tag, Pool)
 171 = ρ (Tag, Pool) λ / ψ (Tag, Gammarus)
 172 = ρ (Tag, Pool) λ / ψ (Tag, Position)
 173 = ρ (Tag, Pool) λ / ψ (Tag, Breite, Pool)

174 = ρ (Tag, Pool) λ / ψ (Tag, Breite, Gammarus)
 175 = ρ (Tag, Pool) λ / ψ (Tag, Breite, Position)
 176 = ρ (Tag, Pool) λ / ψ (Tag, Pool, Gammarus)
 177 = ρ (Tag, Pool) λ / ψ (Tag, Pool, Position)
 178 = ρ (Tag, Pool) λ / ψ (Tag, Gammarus, Position)
 179 = ρ (Tag, Pool) λ / ψ (Tag, Breite, Pool, Gammarus)
 180 = ρ (Tag, Pool) λ / ψ (Tag, Breite, Pool, Position)
 181 = ρ (Tag, Pool) λ / ψ (Tag, Breite, Gammarus, Position)
 182 = ρ (Tag, Pool) λ / ψ (Tag, Pool, Gammarus, Position)
 183 = ρ (Tag, Pool) λ / ψ (Tag, Breite, Pool, Gammarus, Position)
 184 = ρ (Tag, Pool) λ / ψ (Breite, Pool)
 185 = ρ (Tag, Pool) λ / ψ (Breite, Gammarus)
 186 = ρ (Tag, Pool) λ / ψ (Breite, Position)
 187 = ρ (Tag, Pool) λ / ψ (Breite, Pool, Gammarus)
 188 = ρ (Tag, Pool) λ / ψ (Breite, Pool, Position)
 189 = ρ (Tag, Pool) λ / ψ (Breite, Gammarus, Position)
 190 = ρ (Tag, Pool) λ / ψ (Breite, Pool, Gammarus, Position)
 191 = ρ (Tag, Pool) λ / ψ (Pool, Gammarus)
 192 = ρ (Tag, Pool) λ / ψ (Pool, Position)
 193 = ρ (Tag, Pool) λ / ψ (Pool, Gammarus, Position)
 194 = ρ (Tag, Pool) λ / ψ (Gammarus, Position)
 195 = ρ (Breite, Pool) λ / ψ (Tag)
 196 = ρ (Breite, Pool) λ / ψ (Breite)
 197 = ρ (Breite, Pool) λ / ψ (Pool)
 198 = ρ (Breite, Pool) λ / ψ (Gammarus)
 199 = ρ (Breite, Pool) λ / ψ (Position)
 200 = ρ (Breite, Pool) λ / ψ (Tag, Breite)
 201 = ρ (Breite, Pool) λ / ψ (Tag, Pool)
 202 = ρ (Breite, Pool) λ / ψ (Tag, Gammarus)
 203 = ρ (Breite, Pool) λ / ψ (Tag, Position)
 204 = ρ (Breite, Pool) λ / ψ (Tag, Breite, Pool)
 205 = ρ (Breite, Pool) λ / ψ (Tag, Breite, Gammarus)
 206 = ρ (Breite, Pool) λ / ψ (Tag, Breite, Position)
 207 = ρ (Breite, Pool) λ / ψ (Tag, Pool, Gammarus)
 208 = ρ (Breite, Pool) λ / ψ (Tag, Pool, Position)
 209 = ρ (Breite, Pool) λ / ψ (Tag, Gammarus, Position)
 210 = ρ (Breite, Pool) λ / ψ (Tag, Breite, Pool, Gammarus)
 211 = ρ (Breite, Pool) λ / ψ (Tag, Breite, Pool, Position)
 212 = ρ (Breite, Pool) λ / ψ (Tag, Breite, Gammarus, Position)
 213 = ρ (Breite, Pool) λ / ψ (Tag, Pool, Gammarus, Position)
 214 = ρ (Breite, Pool) λ / ψ (Tag, Breite, Pool, Gammarus, Position)
 215 = ρ (Breite, Pool) λ / ψ (Breite, Pool)
 216 = ρ (Breite, Pool) λ / ψ (Breite, Gammarus)
 217 = ρ (Breite, Pool) λ / ψ (Breite, Position)
 218 = ρ (Breite, Pool) λ / ψ (Breite, Pool, Gammarus)
 219 = ρ (Breite, Pool) λ / ψ (Breite, Pool, Position)

220 = ρ (Breite, Pool) λ / ψ (Breite, Gammarus, Position)
 221 = ρ (Breite, Pool) λ / ψ (Breite, Pool, Gammarus, Position)
 222 = ρ (Breite, Pool) λ / ψ (Pool, Gammarus)
 223 = ρ (Breite, Pool) λ / ψ (Pool, Position)
 224 = ρ (Breite, Pool) λ / ψ (Pool, Gammarus, Position)
 225 = ρ (Breite, Pool) λ / ψ (Gammarus, Position)
 226 = ρ (Tag, Breite, Pool) λ / ψ (Tag)
 227 = ρ (Tag, Breite, Pool) λ / ψ (Breite)
 228 = ρ (Tag, Breite, Pool) λ / ψ (Pool)
 229 = ρ (Tag, Breite, Pool) λ / ψ (Gammarus)
 230 = ρ (Tag, Breite, Pool) λ / ψ (Position)
 231 = ρ (Tag, Breite, Pool) λ / ψ (Tag, Breite)
 232 = ρ (Tag, Breite, Pool) λ / ψ (Tag, Pool)
 233 = ρ (Tag, Breite, Pool) λ / ψ (Tag, Gammarus)
 234 = ρ (Tag, Breite, Pool) λ / ψ (Tag, Position)
 235 = ρ (Tag, Breite, Pool) λ / ψ (Tag, Breite, Pool)
 236 = ρ (Tag, Breite, Pool) λ / ψ (Tag, Breite, Gammarus)
 237 = ρ (Tag, Breite, Pool) λ / ψ (Tag, Breite, Position)
 238 = ρ (Tag, Breite, Pool) λ / ψ (Tag, Pool, Gammarus)
 239 = ρ (Tag, Breite, Pool) λ / ψ (Tag, Pool, Position)
 240 = ρ (Tag, Breite, Pool) λ / ψ (Tag, Gammarus, Position)
 241 = ρ (Tag, Breite, Pool) λ / ψ (Tag, Breite, Pool, Gammarus)
 242 = ρ (Tag, Breite, Pool) λ / ψ (Tag, Breite, Pool, Position)
 243 = ρ (Tag, Breite, Pool) λ / ψ (Tag, Breite, Gammarus, Position)
 244 = ρ (Tag, Breite, Pool) λ / ψ (Tag, Pool, Gammarus, Position)
 245 = ρ (Tag, Breite, Pool) λ / ψ (Tag, Breite, Pool, Gammarus, Position)
 246 = ρ (Tag, Breite, Pool) λ / ψ (Breite, Pool)
 247 = ρ (Tag, Breite, Pool) λ / ψ (Breite, Gammarus)
 248 = ρ (Tag, Breite, Pool) λ / ψ (Breite, Position)
 249 = ρ (Tag, Breite, Pool) λ / ψ (Breite, Pool, Gammarus)
 250 = ρ (Tag, Breite, Pool) λ / ψ (Breite, Pool, Position)
 251 = ρ (Tag, Breite, Pool) λ / ψ (Breite, Gammarus, Position)
 252 = ρ (Tag, Breite, Pool) λ / ψ (Breite, Pool, Gammarus, Position)
 253 = ρ (Tag, Breite, Pool) λ / ψ (Pool, Gammarus)
 254 = ρ (Tag, Breite, Pool) λ / ψ (Pool, Position)
 255 = ρ (Tag, Breite, Pool) λ / ψ (Pool, Gammarus, Position)
 256 = ρ (Tag, Breite, Pool) λ / ψ (Gammarus, Position)