

Projekt Abschlussbericht

Entwicklung und Erprobung von Schutzstrategien für mitteleuropäische Amphibien angesichts des neuen tödlichen Amphibien-Pathogens *Batrachochytrium salamandrivorans* (Bs)

Aktenzeichen 32635-01

Verfasser: Dr. Sebastian Steinfartz, Technische Universität Braunschweig, Zoologisches
Institut

Projektbeginn: 13. Februar 2015

Projektende: 13. Februar 2018

Braunschweig, den 14. Mai 2018

Zusammenfassung

Der Salamanderchytridpilz *Batrachochytrium salamandrivorans* (Bsal) stellt für die europäische und nationale Schwanzlurchfauna, insbesondere aber für den Feuersalamander (*Salamandra salamandra*), eine aktuell uneinschätzbare Gefahr dar. Das hier durchgeführte Projekt war das erste in einem größeren finanziellen Rahmen geförderte, bundesweite Projekt zur Bsal-Problematik und ist somit als Pilotprojekt anzusehen. Hauptziel des Projektes war durch ein intensives Screening von natürlichen Populationen und in Gefangenschaft gehaltener Feuersalamander das Ausmaß der Bsal-Infektion in Deutschland und insbesondere der Eifel, einem Gebiet das unmittelbar an die Bsal-Ausbruchherde in Belgien angrenzt, abzuschätzen. Weiterhin sollte versucht werden mittels eines probiotischen Untersuchungsansatzes infizierte Feuersalamander behandeln und Populationen gegen Bsal „impfen“ zu können. Hierzu wurde versucht Bsal-wachstumshemmende Hautbakterien des Feuersalamanders zu identifizieren und deren Wirkung in Infektionsexperimenten *in vivo* an lebenden Feuersalamandern zu testen. Die Screening-Ergebnisse ergaben, dass Bsal sich zur Zeit in Deutschland stark ausbreitet und an zwei unabhängigen Stellen – in der Eifel und im Ruhrgebiet – nachweislich zu Massesterbeereignissen beim Feuersalamander geführt hat. Auch in Gefangenschaft ist der Pilz in verschiedenen privaten Haltungen vorhanden und stellt somit ein weiteres Infektionsrisiko für natürliche Bestände von *S. salamandra* dar. Eine durchgeführte und publizierte Modellierung zur Ausbreitung von Bsal legt nahe, dass sich der Pilz sehr schnell in den kommenden Jahren in Deutschland ausbreiten wird. Präventive Behandlungs- und Impfansätze für Populationen mittels eines probiotischen Hautbakterien-Ansatzes sind kritisch zu sehen. Obwohl identifizierte wachstumshemmende Bakterienstämme das Überleben von Salamandern im Experiment verlängerte, reichte es nicht zu einer Klärung der Infektion. Hinzu kommt, dass die natürliche Dichte von Bakterien auf der Haut von Feuersalamandern zu niedrig sein dürfte um den gewünschten probiotischen Effekt zu erreichen. Die umfangreichen gewonnenen Ergebnisse im Rahmen dieses Projektes bildeten maßgeblich die Grundlage für eine erfolgreiche Antragsstellung eines F+E Vorhabens zum Thema Bsal beim Bundesamt für Naturschutz (BfN).

1. Projektzielsetzung

Die Untersuchungen der letzten Jahre haben ergeben, dass der neue Amphibien-Chytridpilz *Batrachochytrium salamandrivorans* (Bsal) eine enorme Gefahr für die europäische Schwanzlurchfauna und insbesondere für den Feuersalamander (*Salamandra salamandra*) in Mitteleuropa bzw. in Deutschland, wo die Art eine z. T. flächendeckende Verbreitung hat, darstellt. Nachweislich hat der Pilz in den Niederlanden, Belgien und in Deutschland zu lokalen Massensterbeereignissen geführt. Aktuell breitet sich Bsal innerhalb der Eifel und auch im Ruhrgebiet (Raum Essen) innerhalb Deutschlands aus. Die Ziele zu Beginn unseres Projektvorhabens lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Aufbau eines molekularen Nachweissystems von Bsal in den Laboren des zoologischen Instituts mittels quantitativer PCR.
- Feststellung mittels eines Screenings auf Bsal, an welchen Stellen sich der Pilz bereits in der Natur und in Gefangenschaftshaltungen von Schwanzlurchen in Deutschland befindet.
- Ein besonderer Schwerpunkt sollte hierbei auf Regionen liegen, wo ein Überspringen von Bsal aus den Niederlanden und aus Belgien auf Deutschland zu erwarten war. Eine solche Region stellt die Eifel dar, die mehr oder weniger flächendeckend vom Feuersalamander bewohnt ist und direkt an die Niederlande und Belgien angrenzt.
- Ein weiterer Schwerpunkt des Antrags soll die Entwicklung einer probiotischen Impfung/Behandlung mittels Feuersalamander-spezifischer Hautbakterien sein, die das Wachstum von Bsal hemmen oder gänzlich unterdrücken.
- Auf der Basis der bekannten Daten für Bsal soll ein räumliches Ausbreitungsmodell entwickelt werden, welches die mögliche zukünftige Ausbreitung von Bsal abschätzen kann.

2. Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

2.1 Aufbau eines molekularen Nachweissystems von Bsal mittels qPCR

Neben dem morphologisch-histologischem Nachweis von Bsal ist der Nachweis über die sensitive quantitative PCR (qPCR) die gängige Methode um einen Befall von Bsal über einen Hautabstrich (sogenannter Swab) bei Amphibien feststellen zu können. Hierzu wird von einem zu untersuchendem Individuum ein Abstrich der Haut vorgenommen. Ist das Individuum mit Bsal infiziert, dann kann über einen Aufschluss der Gesamt-DNA des Hautabstriches, welches repräsentativ sämtliche Mikroben der Hautoberfläche enthält, auch die DNA des Salamander-Chytridpilzes Bsal nachgewiesen werden. Mit Hilfe der bereit gestellten finanziellen Mitteln ist es uns gelungen ein solches molekulares Nachweissystem, inklusive qPCR Maschine im molekularen Labor im zoologischen Institut in der Mendelssohnstraße 4 in Braunschweig aufzubauen. Diese Laboreinheit wurde über die

gesamte Projektdauer dazu genutzt um Bsal-Nachweise zu führen.

2.2 Entwicklung eines probiotischen Impf- Behandlungsansatzes für den Feuersalamander

Um potentielle probiotisch wirkende Bakterien auf der Haut der Feuersalamander zu identifizieren, die ein Wachstum von Bsal verhindern bzw. deutlich einschränken, haben wir eine Bestandsanalyse des Hautmikrobioms mittels eines 16S DNA barcoding Ansatzes von repräsentativen Populationen des Feuersalamanders durchgeführt. Daraufhin haben wir versucht die Bakterienstämme zu vereinzeln und zu testen wie sie das Wachstum von Bsal beeinflussen, d.h. ob sie es hemmen, fördern oder diesem neutral gegenüber stehen. Dazu wurden zu erst Kulturen *in vitro* getestet und dann vielversprechende Kandidaten in einem Infektionsexperiment am lebenden Tier (*in vivo*). Eine detaillierte Beschreibung der methodischen Ansätze zur Bestandsaufnahme des Haut-Mikrobioms finden sich in der beigefügten Publikation von Sanchez et al. (2016). Die detaillierte methodische Darstellung des probiotischen Untersuchungsansatzes findet sich in dem beigefügten, eingereichten Manuskript, Bletz et al. (eingereicht).

2.3 Modellierung der räumlichen Ausbreitung von Bsal in natürlichen Populationen des Feuersalamanders

Da sich Bsal zur Zeit in Deutschland regional ausbreitet, waren wir stark daran interessiert ein Modell zu entwickeln, mit dem man die weitere Ausbreitung und vor allem die Geschwindigkeit der Ausbreitung von Bsal in Feuersalamander Populationen abschätzen kann. Als Grundlage für alle Analysen wurde ein epidemiologisches Modell erstellt. Hierbei wird eine Population in krankheitsrelevante Gruppen unterteilt: im vorliegenden Fall „Gesunde Individuen“, „Latente Individuen“ (infiziert aber ohne Symptome) und „Infizierte Individuen“. Solche Modelle beschreiben, wie als Funktion der Zeit Individuen krankheitsbedingt von einer Gruppe zur anderen wechseln oder das System verlassen (Tod). Dieses Grundmodell wurde für die räumliche Fragestellung um die räumliche Dimension erweitert, d.h. es wird zusätzlich beschrieben, wie die Gruppen als Funktion der Zeit sich räumlich ausbreiten. Dieses räumliche Modell bzw. davon abgeleitete Kenngrößen wurden dann schließlich benutzt, um mit einem weiteren Modell – dem sogenannten Scattered colony model – zu beleuchten, welchen Einfluss die durch Menschenhand beschleunigte Verbreitung hat. Hierbei wird angenommen, dass pro Zeiteinheit von jeder infizierten Population eine gewisse Anzahl Individuen vom Menschen unbeabsichtigt in eine gesunde Populationen übertragen werden. Bei solchen explorativen Modellen sind Gleichgewichtslagen von Interesse: Wenn das System genug Zeit hatte sich zu entwickeln, welchen Zustand steuert es an? Was geschieht, wenn ein System aus einem Gleichgewichtszustand kurzzeitig abgelenkt wird? Im spezifischen Fall sind mit jedem Modell gewisse Kenngrößen ausgerechnet worden. (i) Beim Basismodell und auch bei dessen räumlicher Erweiterung ist es wichtig zu wissen, ab welcher Populationsgröße der

Feuersalamander sich Bsal erfolgreich ausbreiten kann. (ii) Beim Basismodell und auch bei dessen räumlicher Erweiterung ist es auch wichtig die Gleichgewichtslagen und deren Eigenschaften zu kennen. (iii) Mit der räumlichen Erweiterung des Basismodells lässt sich ausrechnen, mit welcher Geschwindigkeit sich Bsal räumlich ausbreiten würde. (iii) Beim Scattered colony model interessiert insbesondere die Frage wie sich die Gesamtfläche aller infizierten Populationen über die Zeit verändert. Um diese Zahl fassbarer zu machen, wurde die Gesamtfläche in proportionaler Relation gesetzt zum geschätzten Totalhabitat der Feuersalamander in Deutschland. Alle benötigten Parameterwerte wurden entweder aus der Literatur zitiert oder durch das Projektteam geschätzt. Zudem wurden Sensitivitätsanalysen gemacht (hier nicht besprochen). Weitere methodische Details können aus der beigefügten Originalpublikation Schmidt et al. (2017) entnommen werden.

3. Ergebnisse

3.1 Erstnachweis von Bsal in Deutschland

Aufgrund eines akuten Verdachtsfalls von Bsal in einer Gefangenschaftshaltung von diversen europäischen Salamanderarten gelang es uns zum ersten Mal Bsal im Jahr 2015 innerhalb des Bundesgebiets von Deutschland nach zu weisen. Der Nachweis war mit einer hohen Mortalität des Feuersalamander-Bestandes verbunden. Neben dem Nachweis, dass Bsal den einheimischen Feuersalamander (*Salamandra salamandra*) befällt, konnten wir auch Mortalität in Zusammenhang mit Bsal bei weiteren Feuersalamanderarten wie *S. algira*, *S. corsica* und *S. infraimmaculata* feststellen. Weitere Details können aus der beigefügten Originalpublikation Pinto et al. (2015) entnommen werden.

3.2 Bundesweites Screening von Bsal in natürlichen Populationen des Feuersalamanders

Im Rahmen einer groß angelegten Studie, die zur Zielsetzung hatte, die Verbreitung von Bsal in den Niederlanden, Belgien und im grenznahen Gebiet von Deutschland, der Eifel, zu untersuchen, beteiligten wir uns im Rahmen von Laboranalysen von genommenen Proben aus der Eifel. In Kooperation mit der Universität Trier sowie den Biostationen Düren und Aachen konnten zwischen 2015 und 2017 an 14 verschiedenen Standorten im rheinland-pfälzischen Teil der Eifel 234 adulte und subadulte Feuersalamander auf eine Bsal-Infektion untersucht werden. Obwohl keine der Tiere einen positiven Befund zeigten, fehlen Feuersalamander an vielen Stellen, wo sie noch in den 1990er Jahren nachgewiesen werden konnten. In der Nordeifel wurden zwischen 2014 – 2017 an 32 Standorten 867 adulte und subadulte Feuersalamander auf Bsal untersucht. Bundesweit konnten 186 Individuen des Feuersalamanders außerhalb der Eifel in Nordrhein-Westfalen, Thüringen und Niedersachsen untersucht werden. Demnach konnte Bsal an verschiedenen Stellen in der Eifel sowie das auffällige Fehlen von Feuersalamandern an vormals gut dokumentierten Vorkommen bestätigt werden (siehe Abbildung 1).

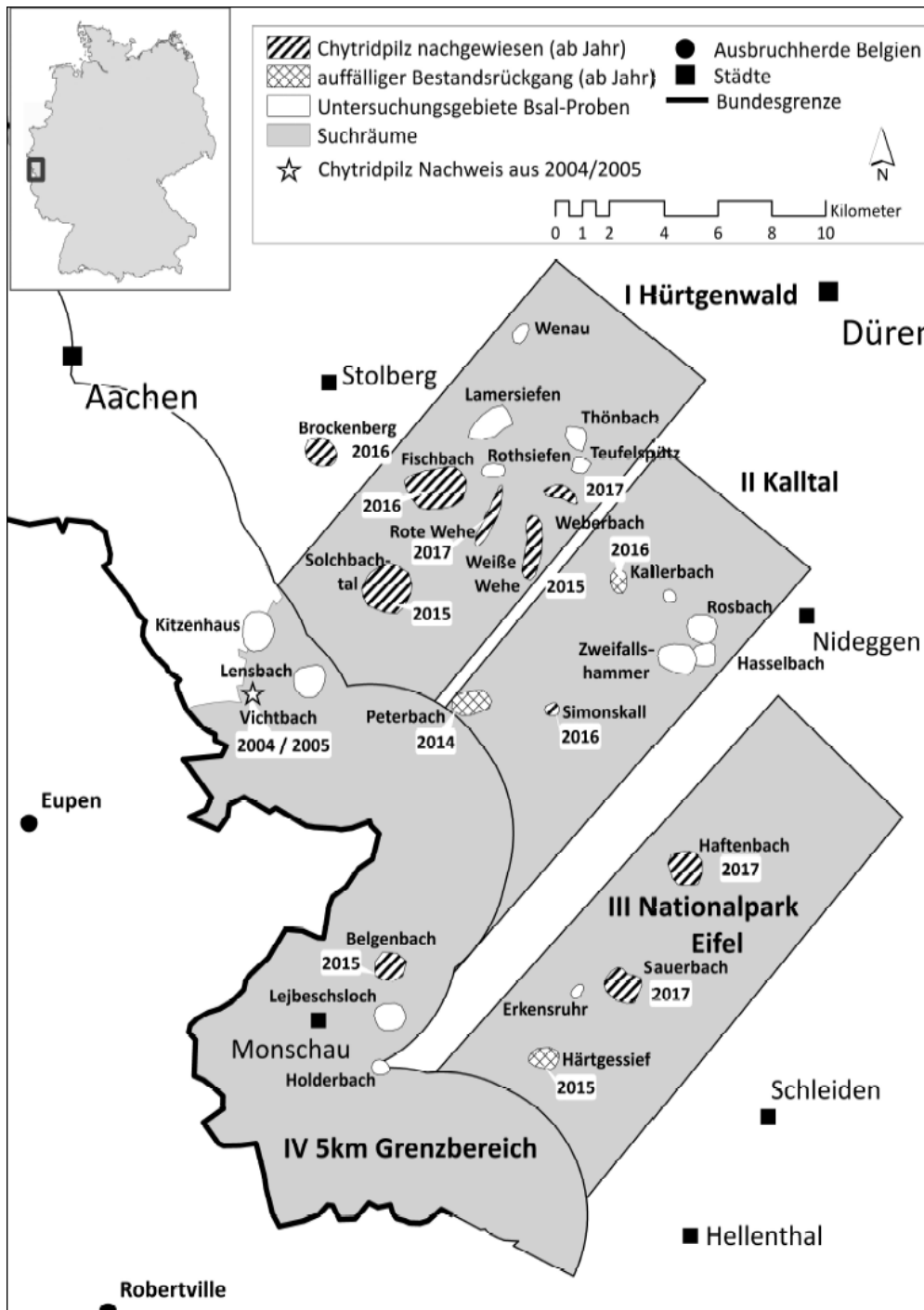


Abbildung 1: Situation zur Ausbreitung des Chytridpilzes Bsal in der Nordeifel – Stand Jahr 2017 (aus Dalbeck et al. 2018).

Außerhalb der Eifel konnte Bsal im Ruhrgebiet, im Stadtwald von Essen anhand mehrerer infizierter Individuen fest gestellt werden. Im Bereich des Friedhofs von Essen konnte zudem ein Massensterben von Feuersalamandern im Zusammenhang mit einer Bsal-Infektion fest gestellt werden.

3.3 Screening von Salamanderbeständen in Gefangenschaft

Um festzustellen ob sich Bsal bereits in deutschen Haltungen von Salamandern und Molchen nachweisen lässt, haben wir bundesweit versucht entsprechende Haltungen von

Salamandern und Molchen zu untersuchen. Hierzu haben wir zum Teil persönlich die Halter aufgesucht und Hautabstriche von Individuen vorgenommen, die dann mittels qPCR auf Zoosporen von Bsal und parallel auf den nah verwandten *Batrachochytrium dendrobatidis* (Bd) untersucht wurden. Zum Teil haben die Halter auch selber die Swabs nach einem vorgegebenen Protokoll genommen und uns diese dann zur weiteren Analyse zugeschickt. Insgesamt konnten auf diese Weise Proben von 920 Individuen verschiedener Schwanzlurch- und Froschlurcharten aus 20 Haltungen über ganz Deutschland verteilt untersucht werden (siehe Tabelle 1). Demnach konnte Bd in 5 Haltungen bei Frosch- und Schwanzlurchen und Bsal in 10 Haltungen ausschließlich bei Schwanzlurchen nachgewiesen werden (siehe Tabelle 2). Es ist wichtig anzumerken, dass bei zwei Haltungen (Halter 1 und 4), bei denen Bsal bei der ersten Beprobung nachgewiesen werden konnte – sogar in einem sehr erheblichen Ausmaß (siehe Pinto et al. 2015) – bei einer wiederholten Analyse kein Nachweis von Bsal geführt werden konnte. Dies könnte daran liegen, dass Bsal sowohl durch Wärmebehandlung als auch durch die Verwendung von anti-fungiziden Mitteln und Substanzen gut bekämpft werden kann. Besonders wichtig ist anzumerken, dass wir bei manchen Haltungen Bsal in einer sehr niedrigen Konzentration nachweisen konnten, diese Tiere aber nicht die Bsal-typischen Krankheitssymptome aufwiesen. Die Ergebnisse dieser Studie sind in dem beigefügten Manuskript Pinto et al. (eingereicht) detailliert dargestellt.

	Samples	N° Bd +	BdAverage	N° Bs +	BsAverage
Breeder1					
14-08-2015	31	0	-	1	1.2
01-10-15	16	0	-	0	-
Breeder2					
25-10-15	7	0	-	0	-
Breeder3					
30-11-15	19	0	-	0	-
Breeder4					
20-05-15	22	0	-	8	232.1
25-11-15	30	0	-	0	-
Breeder5					
13-05-16	54	6	129.2	1	31.7
Breeder6					
03-09-15	18	0	-	0	-
17-09-15	1	0	-	0	-
Breeder7					
10-11-15	61	0	-	0	-
Breeder8					
??08.2015	105	0	-	2	70.6
??09.2015	42	0	-	0	-
Breeder9					

10-01-16	18	0	-	0	-
Breeder10					
??-05-2016	147	4	40.5	3	172.5
Breeder11					
18-08-15	26	0	-	1	203.7
Breeder12					
15-10-15	35	0	-	0	-
Breeder13					
17-09-15	30	1	1.1	0	-
Breeder14					
04-06-15	4	0	-	0	-
Breeder15					
17-09-15	60	0	-	1	90.3
Breeder16					
07-08-15	32	2	9.9	0	-
Breeder17					
16-08-15	81	0	-	1	1.5
25-10-15	13	0	-	0	-
Breeder18					
16-09-15	18	0	-	0	-
Breeder19					
06-10-15	25	4	13.1	1	159.2
Breeder20					
06-08-15	25	0	-	2	1.3
TOTAL	920	17		21	

Tabelle 1: Anzahl und Datum beprobter Individuen pro Haltung und Anzahl von Positivnachweisen für Bd und Bsal (Zoosporen pro Swab).

	Bd +	Bsal +
Ambystoma californiense		1
Ambystoma maculatum		1
Ambystoma mexicanum	1	
Ambystoma opacum		1
Bombina variegata	1	
Cynops ensicauda ensicauda		1
Dicamptodon tenebrosus	1	
Gastrotheca riobambae	4	
Hypselotriton fudingensis		1
Ichthyosaura a. apuana		1
Ichthyosaura alpestris reiseri		1
Laotriton laoensis		1
Neurergus strauchii	1	
Paramesotriton labiatus		1
Pleurodeles nebulosus	1	
Salamandra atra atra		1
Salamandra corsica	1	
Salamandra salamandra alfredschmidti		1

Salamandra salamandra bernardezi		3
Salamandra salamandra gigliolii		3
Salamandra salamandra salamandra	1	4
Salamandra salamandra terrestris	1	2
Salamandra salamandra weneri		1
Salamandrella keyserlingii	1	
Triturus carnifex	1	
Triturus cristatus	2	
Tylotriton shanorum	1	1

Tabelle 2: Arten und Anzahl von Individuen infiziert mit Bd und Bsal

3.4 Entwicklung eines probiotischen Behandlungs- bzw. Impfansatzes

Eines der Hauptziele dieses Projektes war eine mögliche Behandlung von Bsal-infizierten Feuersalamandern und einen Impfansatz aufgrund der probiotischen Wirkung von der auf der Feuersalamanderhaut natürlich vorkommenden Bakterien zu entwickeln. Eine erste wichtige Grundlage hierfür war die Bestimmung der Zusammensetzung des Hautmikrobioms des einheimischen Feuersalamanders von verschiedenen Populationen. Im Rahmen des Projektes ist es uns gelungen die Bakterienzusammensetzung der Haut bei Feuersalamandern (Larven und erwachsene Tiere) aus dem Kottenforst bei Bonn zu bestimmen und zu analysieren. Die Ergebnisse dieser Studie sind als publizierte Originalarbeit (Sanchez et al. 2016) als PDF diesem Bericht beigefügt. Weiterhin haben wir von insgesamt 275 Feuersalamandern aus freier Natur von verschiedenen Fundorten über ganz Deutschland hinweg Hautabstriche genommen und von diesen dann die Zusammensetzung des Hautmikrobioms mittels 16S DNA Amplicon-Sequenzierung bestimmt. Aus den entsprechenden Kulturen gelang es uns 708 Stämme zu isolieren, taxonomisch zu bestimmen und ihren Einfluss auf Bsal *in vitro* zu testen. Von den 708 Stämmen inhibierten 20% das Wachstum von Bsal, 13% förderten das Wachstum des Pilzes und gut 67% zeigten keinen Effekt auf das Wachstum. Um die Eigenschaften ausgesuchter Isolate nun auch *in vivo* zu testen, haben wir den Einfluss von einem Bsal-wachstumshemmenden Stamm bzw. Isolat und einem Bsal-wachstumsfördernden Stamm in einem Bsal-Infektions Experiment mit Feuersalamandern getestet. Hierzu wurden mit Bsal-infizierte Feuersalamander mit einem Pseudomonas-Stamm, der eine hemmende Wirkung *in vitro* zeigte, und einem Stenotrophomonas-Stamm, der einen wachstumsfördernden Einfluss zeigte, behandelt. Wie Abbildung 2 zeigt, hat die Behandlung mit dem Bsal-hemmenden Pseudomonas-Stamm eine Verzögerung des typischen Krankheitsverlaufs zur Folge. Es tritt Mortalität auf, jedoch in einer abgeschwächten Form. Ein Tier überlebte sogar eine Bsal-Infektion, wobei die Tiere aus den Bsal-infizierten Kontrollgruppen alle innerhalb der ersten 40 Tage starben. Die komplette und komplexe Studie ist als eingereichtes Manuskript (Bletz et al. eingereicht) diesem Bericht als PDF beigefügt.

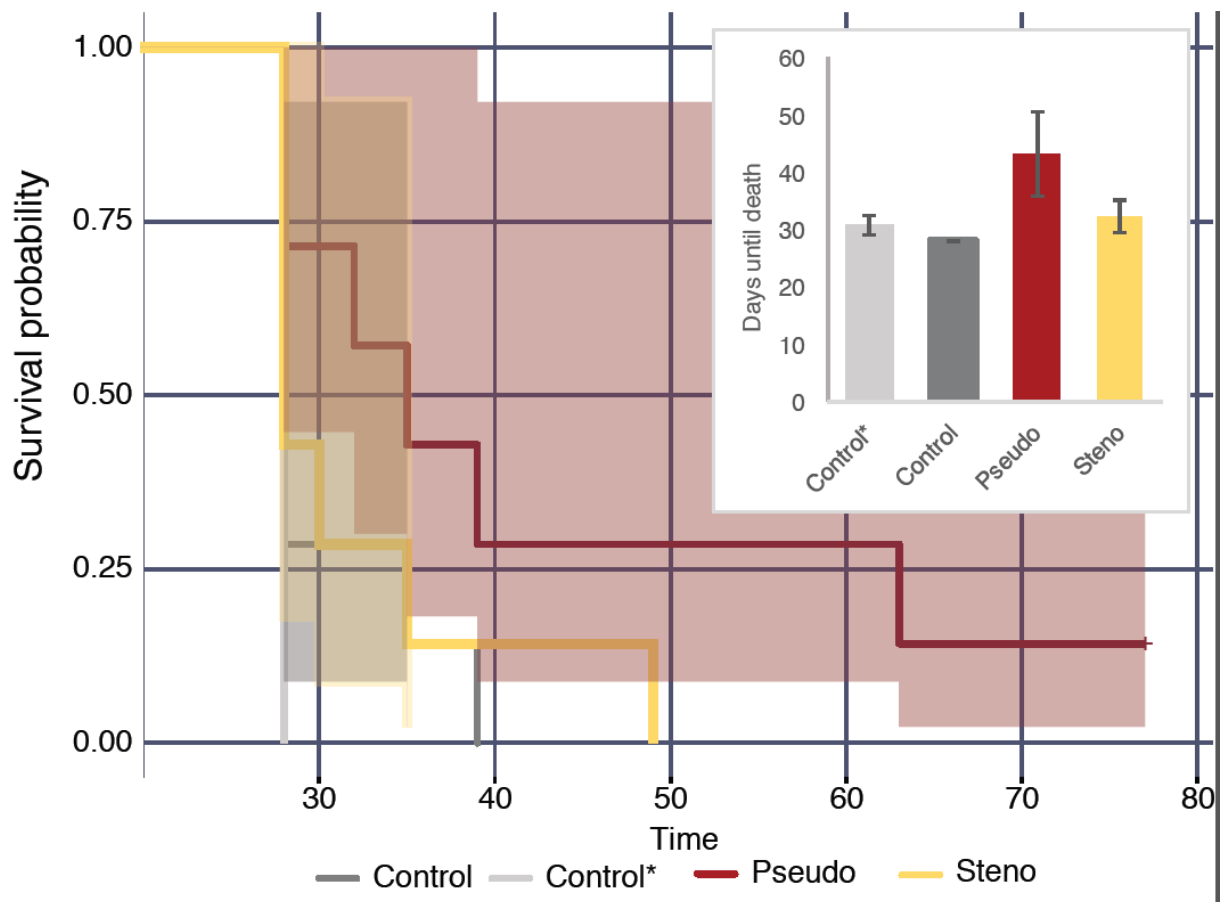


Abbildung 2: Verlauf Bsal-Infektion gemessen an der Sterblichkeit mit unterschiedlich behandelten Feuersalamandern. Kontrollgruppen (Control* und Control) sind Bsal-infizierte nicht behandelte Gruppen von Salamandern. Pseudo (in rot) sind mit dem Bsal-wachstumshemmenden Pseudomonas-Stamm und Steno (in gelb) mit dem Bsal-wachstumsfördernden Stenotrophomonas-Stamm behandelte Gruppen von Salamandern (aus Bletz et al. eingereicht).

4. Diskussion und Fazit

Dieses Projekt zählt zu den ersten größeren deutschen Forschungs- und Erprobungsprojekten, welche im Rahmen der Bsal-Thematik gefördert worden sind. Es stellt somit ein sehr wichtiges Pilotprojekt dar, in dessen Rahmen wichtige Ergebnisse sowie die Grundlagen für weitere Projekte, wie das vom Bundesamt für Naturschutz geförderte Projekt „Monitoring und Entwicklung von Vorsorgenmaßnahmen zum Schutz vor der Ausbreitung des Chytridpilzes *Batrachochytrium salamandrivorans* im Freiland“, gelegt werden konnte. Die wichtigsten Ergebnisse unseres Projektes sind der Erstrnachweis von Bsal in Deutschland, das flächendeckende Bsal-Monitoring mit Einzelnachweisen in der Eifel, der Nachweis von Bsal in Gefangenschaftshaltungen von Salamandern und der Einfluss der Hautbakterienzusammensetzung auf das Wachstum von Bsal.

Unsere Ergebnisse zeigen, dass Bsal nicht nur in der Eifel sondern auch mit einem separaten Infektionsherd im Ruhrgebiet vorkommt und sich ausbreitet. Seit Beginn unserer

Studie hat sich Bsal schnell ausgebreitet und schenkt man unserem Modell (siehe Schmidt et al. 2017) Glauben, dann könnte sich Bsal innerhalb weniger Jahre in ganz Deutschland ausgebreitet haben. Die Ergebnisse der Untersuchung der in Gefangenschaft gehaltenen Salamander und Molche ist aus zweierlei Hinsicht interessant und wichtig. Zum ersten konnten wir mehrere Nachweise von Bsal feststellen, d.h. auch von Haltungen in Gefangenschaft geht potentiell ein Übertragungsrisiko in die Natur aus. Zweitens, einige der Salamander, die positiv für Bsal getestet wurden, zeigten relativ niedrige Werte für Bsal-Zoosporen, was darauf hindeuten könnte, dass eine Bsal-Infektion nicht zwangsläufig zu hohen Infektionswerten und einem Ausbruch der Krankheit führen muss. Demnach könnte es sein, dass Salamander unter optimalen und vielleicht auch wärmeren Bedingungen – wie sie im Terrarium herrschen - in der Lage sind die Infektion zu klären (siehe Pinto et al. eingereicht).

Die Ergebnisse unseres probiotischen Versuchsansatzes haben neue Erkenntnisse zum Einfluss des Hautmikrobioms auf den Verlauf einer Bsal-Infektion erbracht. Zum einen scheint es so dass die Dichte von Bakterien auf der Haut von Feuersalamandern relativ gering ist und somit wahrscheinlich wenig Einfluss auf das Wachstum von Bsal nehmen kann. Man muss hierzu beachten, dass die verwendeten Dichten von Bakterien in unseren Experimenten wahrscheinlich deutlich höher sind als unter natürlichen Bedingungen. Trotzdem scheint es so, dass einzelne Bakterienstämme, wie z.B. der von uns getestete Pseudomonas-Stamm (siehe Abbildung 2 und Bletz et al. eingereicht), das Wachstum von Bsal hemmen und somit den Krankheitsverlauf hinaus zögern sowie in einzelnen Fällen sogar den Tod eines Individuums verhindern kann. Allerdings muss eine solche Verlängerung des Krankheitsverlaufs ohne Klärung der Infektion als kritisch angesehen werden, da von solchen Tieren ein größeres Ansteckungs- und Infektionsrisiko – gemessen über die Zeit – für gesunde Tiere ausgeht (siehe Canessa et al. 2018).

5. Öffentlichkeitsarbeit, Vorträge, Publikationen und Folgeprojekte

Die Ergebnisse unserer Teilstudien haben zum Teil ein sehr großes öffentliches Interesse erregt. So ist zum Beispiel die Meldung über den Erstnachweis von Bsal in Deutschland und dem Nachweis im Ruhrgebiet von der Deutschen Presse Agentur (dpa) und von verschiedenen großen Presse- und Nachrichtenmagazinen wie der Welt, Spiegel online, usw. aufgegriffen worden. Eine ausführliche Dokumentation über Bsal und die Gefahr für den Feuersalamander erschien erst kürzlich in der Rubrik „Natur und Wissenschaft“ der Frankfurter Allgemeinen Zeitung. Der Artikel ist als PDF diesem Bericht beigelegt. Ein ausführlicher begleitender Bericht kann im Internet unter dem link <http://www.faz.net/aktuell/wissen/der-horror-im-deutschen-wald-15517534.html> eingesehen werden.

Während der Projektlaufzeit haben mein Kollege, Prof. Dr. Miguel Vences und ich diverse öffentliche Vorträge zum Thema Bsal gehalten:

- Der Salamander-Chytridpilz – eine Gefahr für unsere Schwanzlurche (Arbeitskreis Amphibien und Reptilien NRW; NUA Recklinghausen 08.11.2015)
- Der Salamander-Chytridpilz „Bsal“ in Deutschland: Was wissen wir und welche Fragen sind offen? (Tagung Landesfachausschuss NABU Amphibien und Reptilienschutz in NRW, 17.01.2016)
- Der Feuersalamander – Biologie und Ökologie einer legendären Art (NABU Stadtgruppe Braunschweig, 12.02.2016)
- Lurchi hoch bedroht – stirbt der Feuersalamander aus? (Zoo Köln, 10.01.2017)
- Der Feuersalamander – Biologie und Ökologie einer legendären Art (NABU Stadtgruppe Peine, 06.04.2017)
- Stirbt Lurchi aus? Chytridpilze als nationale und globale Bedrohung für Amphibien (Naturhistorisches Museum Braunschweig, 18.04.2018)

Weiterhin habe ich im Rahmen des internationalen Experten-Workshops zum Thema „Decision making for mitigating strategies against Bsal“ in Zürich teilgenommen. Im Rahmen dieses Workshops wurden die Grundlagen möglicher Strategien zur Minderung bzw. Umgang mit Bsal im Freiland erörtert, welche dann später als Originalpublikation (Canessa et al. 2018) veröffentlicht worden ist:

Canessa S, Bozzuto C, Grant EHC, et al. 2018. Decision making for mitigating wildlife diseases: from theory to practice for an emerging fungal pathogen of amphibians. ***Journal of Applied Ecology*** (DOI: 10.1111/1365-2664.13089)

In Zusammenhang mit dem geförderten Projekt sind bereits fünf Originalarbeiten in wissenschaftlichen Journalen veröffentlicht worden:

Sabino-Pinto J, Bletz M, Hendrix R, Perl RGB, Martel A, Pasmans F, Lötters S, Mutschmann F, Schmeller DS, Schmidt BR, Veith M, Wagner N, Vences M, STEINFARTZ S 2015. First detection of the emerging fungal pathogen *Batrachochytrium salamandrivorans* in Germany. ***Amphibia-Reptilia*** 36: 411-416 (DOI:10.1163/15685381-00003008).

Spitzen-van der Sluijs A, Martel A, Asselberghs J, Bales EK, Beukema W, Bletz MC, et al. 2016. Expanding distribution of lethal amphibian fungus *Batrachochytrium salamandrivorans* in Europe. ***Emerging Infectious Diseases*** 22: 1286.

Sanchez E, Bletz MC, Dunsch L, Bhujji S, Geffers R, Jarek M, Dohrmann AB, Tebbe CC, STEINFARTZ S, Vences M 2017. Cutaneous bacterial communities of a poisonous salamander: a perspective from life stages, body parts and environmental conditions. ***Microbial Ecology*** 73: 455-465.

Schmidt BR, Bozzuto C, Lötters S, STEINFARTZ S 2017. Dynamics of host populations affected by the emerging fungal pathogen *Batrachochytrium salamandrivorans*. ***Royal Society Open Science*** 4: 160801.

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

Zwei weitere Arbeiten sind als Manuskripte bei wissenschaftlichen Journalen eingereicht:

Bletz et al. – *Disruption of skin microbiota contributes to salamander disease* (Proceedings of the Royal Society B)

Pinto et al. – *Asymptomatic infection of the fungal pathogen *Batrachochytrium salamandrivorans* in captivity* (Scientific Reports)

Die im Rahmen dieses Pilotprojektes zum Thema Bsal durchgeführten Untersuchungen und gewonnenen Ergebnisse ermöglichte die erfolgreiche Beantragung eines Forschung und Entwicklungs-Vorhabens (F+E) beim Bundesamt für Naturschutz mit dem Thema **„Monitoring und Entwicklung von Vorsorgenmaßnahmen zum Schutz vor der Ausbreitung des Chytridpilzes *Batrachochytrium salamandrivorans* im Freiland“**, welches seit Januar 2018 mit drei Jahren Förderungsdauer läuft.

6. Anlagen

Dem Abschlussbericht sind als Anlage insgesamt 8 Publikationen beigelegt, von denen 7 (5 veröffentlicht und 2 als Manuskripte eingereicht) Publikationen direkt aus dem Projekt entstanden sind. Eine weitere Publikation (Canessa et al. 2018) ist im Rahmen des Bsal-Workshops in Zürich entstanden. Ferner ist der Beitrag aus der Rubrik „Natur und Wissenschaft“ der Frankfurter Allgemeinen Zeitung als PDF beigelegt.