

Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die Aktivitätsphasen von Tieren am Beispiel der Amphibien in Österreich und Nutzung der Pflanzenphänologie als Indikator

Universität für Bodenkultur Wien



Institut für Landschaftsentwicklung,



Erholungs- und Naturschutzplanung
Institut für Meteorologie



ProjektmitarbeiterInnen und AutorInnen des Berichts

Christina Czachs, Caren Hanreich,
Birgit Gantner, Christiane Brandenburg
*Institut für Landschaftsentwicklung, Erholungs-
und Naturschutzplanung*

Manfred Pintar
Institut für Zoologie

Erich Mursch-Radlgruber,
Institut für Meteorologie



Diese Publikation sollte folgendermaßen zitiert werden:

Czachs, C., Hanreich, C., Pintar, M., Brandenburg, C., Mursch-Radlgruber, E. (2017): Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die Aktivitätsphasen von Tieren am Beispiel der Amphibien in Österreich und Nutzung der Pflanzenphänologie als Indikator. Endbericht von StartClim2016.B in StartClim2016: Weitere Beiträge zur Umsetzung der österreichischen Anpassungsstrategie, Auftraggeber: BMLFUW, BMWF, ÖBf, Land Oberösterreich

Wien, im August 2017

StartClim2016.B

Teilprojekt von StartClim2016

Projektleitung von StartClim2016:

Universität für Bodenkultur, Department für Wasser – Atmosphäre – Umwelt

Institut für Meteorologie, Peter Jordan-Straße 82, 1190 Wien

URL: www.startclim.at

StartClim2016 wurde aus Mitteln des BMLFUW, des BMWF, der ÖBf und des Landes Oberösterreich gefördert.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	6
Abstract	6
Danksagung	7
B-1 Einleitung	8
B-1.1 Problemstellung	8
B-1.2 Projektziele und Forschungsfragen	8
B-2 Methoden	10
B-2.1 Erarbeitung der theoretischen Grundlagen mittels Literaturrecherche	10
B-2.2 ExpertInneninterviews	11
B-2.3 Onlinebefragung der StreckenbetreuerInnen	11
B-2.4 Datenanalyse	12
<i>B-2.4.1 Analyse herpetofaunistischer Daten</i>	12
<i>B-2.4.2 Analyse pflanzenphänologischer Daten</i>	15
<i>B-2.4.3 Analyse der Klimadaten</i>	15
B-3 Ergebnisse	17
B-3.1 Ergebnisse der Literaturanalyse	17
<i>B-3.1.1 Auslösende Faktoren pflanzenphänologischer Entwicklungsphasen</i>	18
<i>B-3.1.2 Stand der Forschung – Auswirkungen von Klimaveränderungen auf pflanzenphänologische Entwicklungsphasen</i>	19
<i>B-3.1.3 Auslösende Faktoren der Amphibienwanderung</i>	21
<i>B-3.1.4 Stand der Forschung – Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die phänologischen Phasen im Amphibienjahr und mögliche Konsequenzen</i>	23
B-4 Auswertung und Analyse der Daten	26

B-4.1	Ergebnisse der ExpertInneninterviews -----	26
B-4.2	Ergebnisse der Onlinebefragung -----	30
	<i>B-4.2.1 Geschlechterverteilung, Altersstruktur und aktuelle Tätigkeiten im Bereich der Wanderstreckenbetreuung</i> -----	<i>30</i>
	<i>B-4.2.2 Zeitpunkt der Betreuungs- und Schutzmaßnahmen</i> -----	<i>30</i>
B-4.3	Analyse der pflanzen- und amphibiophänologischen Daten sowie Klimadaten -----	37
	<i>B-4.3.1 Entwicklung von Beginn, Ende und Dauer der Wanderung an den Wanderstrecken</i> -----	<i>37</i>
	<i>B-4.3.2 Zusammenhang der identifizierten auslösenden Faktoren Lufttemperatur und Niederschlag (Klimawerte) mit dem Beginn der Amphibienwanderung 40</i>	
	<i>B-4.3.3 Zusammenhang zwischen pflanzenphänologischen Erscheinung und Beginn der Wanderung</i> -----	<i>42</i>
	<i>B-4.3.4 Mögliche Nutzung der Erkenntnisse zur Abgrenzung von Wanderzeitpunkten</i> -----	<i>45</i>
B-5	Diskussion der Ergebnisse -----	47
B-5.1	Auslöser der Frühjahrswanderung der Amphibien -----	47
B-5.2	Phänologische Änderung -----	47
B-5.3	Amphibienschutzmaßnahmen und Monitoring -----	49
B-6	Literaturverzeichnis -----	51
B-7	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis -----	55
B-8	Anhang -----	57

B-8.1	Anhang zu Methode -----	57
	<i>B-8.1.1 Exemplarische Suchhistorie zur Literaturrecherche</i> -----	57
	<i>B-8.1.2 Interviewleitfaden</i> -----	61
	<i>B-8.1.3 Tabelle zu Datenanfragen</i> -----	65
B-8.2	Ergänzung zur Auswertung der Onlinebefragung -----	66
	<i>B-8.2.1 Onlinefragebogen</i> -----	66
	<i>B-8.2.2 Ergänzende Auswertung</i> -----	77
B-8.3	Kurze Einführung in die Phänologie von Pflanzen und Amphibien -----	85
	<i>B-8.3.1 Phänologie und phänologische Erscheinungen vor dem Hintergrund des sich verändernden Klimas</i> -----	85
	<i>B-8.3.2 Geschichte der Phänologie</i> -----	85
	<i>B-8.3.3 Phänologische Beobachtungsnetze und aktuelle Projekte</i> -----	85
	<i>B-8.3.4 Phänologie der Pflanzen</i> -----	87
	<i>B-8.3.5 Phänologie der Amphibien</i> -----	88
	<i>B-8.3.1 Phänologie und phänologische Erscheinungen vor dem Hintergrund des sich verändernden Klimas</i> -----	91
B-9	Detailauswertungen der Amphibiendaten zu den einzelnen Wanderstrecken bzw. Bundesländern -----	94
B-9.1	Wien Exelberg -----	94
	<i>B-9.1.1 Verlauf der Wanderung am Exelberg (1999-2000)</i> -----	94
B-9.2	Gegenüberstellung der pflanzenphänologischen Erscheinung mit den Wanderzeitpunkten -----	95
B-9.3	Salzburg -----	99
	<i>B-9.3.1 Verlauf der Wanderung in Großgmain (494 m/ü. A.), Puch bei Hallein (500 m/ü. A.) und Unternberg (1029 m/ü. A.), Salzburg</i> -----	99
	<i>B-9.3.2 Gegenüberstellung der pflanzenphänologischen Erscheinung mit den Wanderzeitpunkten</i> -----	101
B-9.4	Vorarlberg -----	109
	<i>B-9.4.1 Verlauf der Wanderung und Verschneidung mit Pflanzenphänologie am Levner Weiher</i> -----	109
	<i>B-9.4.2 Verlauf der Wanderung an der Wanderstrecke Götzis-Arbogast</i> -----	111
B-9.5	Kärnten, Wanderstrecken Aichwaldsee, Fiming und Wernberg -----	111
	<i>B-9.5.1 Verlauf der Wanderung (Betreuungszeiträume) an den ausgewählten Wanderstrecken</i> -----	112
	<i>B-9.5.2 Gegenüberstellung der pflanzenphänologischen Erscheinung mit den Wanderzeitpunkten</i> -----	114
B-9.6	Oberösterreich -----	124

Kurzfassung

In Österreich werden jedes Jahr tausende Amphibien überfahren, wenn sie auf ihrer jährlichen Laichwanderung Straßen überqueren. Da alle Amphibienarten in Österreich als bedrohte Arten gelten, werden an besonders frequentierten Stellen Amphibienzäune aufgebaut, die Tiere in Kübeln gesammelt und ein- bis zweimal pro Tag sicher über die Straße gebracht. Die Organisation dieser Freiwilligenarbeit wäre wesentlich leichter, könnten Beginn und Ende der Laichwanderungen wenigstens einige Tage vorhergesagt werden.

Das Projekt AmphiKlim identifizierte mögliche auslösende Faktoren für Amphibienwanderung und pflanzenphänologische Phasen, die als „Frühwarnsystem“ dienen könnten. Temperatur in Kombination mit Niederschlag wurde als wichtigster Auslöser der Amphibienwanderung identifiziert. Als Schwellenwerte für ein Einsetzen der Amphibienwanderung gilt eine Tagesdurchschnittstemperatur zwischen 3-6°C (vgl. u. A. Kromp-Kolb et al., 2003; Münch, 1998). Niederschlag begünstigt die Wanderung und ist vor allem in Hinblick auf die Verfügbarkeit von Laichmöglichkeiten (Wasserstand der Teiche, Tümpel, temporären Gewässer) von großer Bedeutung. Klimatische Veränderungen könnten sich dahingehend auswirken, dass die Tiere trotz geeigneter Temperatur, aber aufgrund fehlenden Niederschlags, nicht bzw. erst verspätet zu wandern beginnen. Phänologisch ist dies in Österreich laut Informationen aus ExpertInneninterviews bereits an einem späteren Wanderbeginn bzw. einer zunehmend komprimierten Wanderung der einzelnen Amphibienarten (Arten wandern zunehmend zeitgleich) erkennbar. Nach Einschätzung der ExpertInnen wird gerade die Trockenheit unter den Amphibien Klimagewinner (Wechselkröte) und -verlierer (Grasfrosch, Springfrosch) hervorbringen.

Hinsichtlich der Voraussage des Wanderbeginns durch Indikatorpflanzen konnte ein möglicher Zusammenhang mit der Blüte der Hasel, der Frühlingsknotenblume bzw. der Salweide ermittelt werden: Die Tiere beginnen durchschnittlich etwa 5 Tage nach Eintreten der ersten Blüte zu wandern (Hasel 9 Tage, Frühlingsknotenblume 5 Tage, Salweide 2 Tage); wobei es hier je nach Standort teils zu starken Abweichungen kommt.

Diese Aussagen sind nur begrenzt belastbar, weil die unterschiedliche Handhabung von Monitoring und Management der Amphibienwanderungen in Österreich im Allgemeinen zu mangelnder Datenverfügbarkeit und -qualität führt. Um besser abgesicherte und präzisere Aussagen für Vorhersage und zeitliche Entwicklung des Beginns der Laichwanderungen zu ermöglichen, müssten eine vereinheitlichte/standardisierte Datenerfassung (Aufnahmebögen) und eine österreichweite Datenbank eingeführt werden. Die vorliegende Untersuchung lässt erwarten, dass mit einer verbesserten Datenbasis hinreichend verlässliche Aussagen über den Nutzen von Zeigerpflanzen zur Eingrenzung der Wanderzeitpunkte ermöglicht würden und sich dadurch der zusätzliche Aufwand der Dokumentation auch für die Freiwilligen lohnen würde. Da sich mit fortschreitendem Klimawandel die Zeigerpflanzen/-phasen ändern könnten – unterschiedliche Arten reagieren unterschiedlich schnell auf Klimaveränderungen – müsste die Dokumentation kontinuierlich weitergeführt, und hinsichtlich der möglichen Zeigerpflanzen angepasst werden.

Abstract

In Austria, every year thousands of amphibians are killed when crossing roads on their yearly spawning migration. As all amphibian species in Austria are endangered, amphibian fences are installed in highly frequented places, the animals are collected in buckets and – after an inspection once or twice a day – are carried safely across the road. The organisation of this volunteer work would be much easier if the beginning and the end of the spawning migration could be predicted at least some days in advance.

The AmphiKlim project identified possible triggering factors for amphibian migration and plant phenological phases which could serve as an “early-warning system”. Temperature in combination with precipitation was identified as the main trigger of amphibian migration. A mean day-time temperature of 3-6°C (cf. e.g. Kromp-Kolb et al., 2003; Münch, 1998) is seen as a threshold value for starting the amphibian migration. Precipitation promotes migration and is very important

especially with regard to the availability of spawning possibilities (water level of ponds, pools, temporary waters). Climatic changes could have the effect that the animals – although the temperature would be suitable – do not migrate at all or start to migrate with delay due to lacking precipitation. According to expert interviews, this phenomenon can already be recognised phenologically in Austria by a later migration start and an increasingly concentrated migration of the individual amphibian species (species increasingly migrate simultaneously). Experts assume that mainly the drought will produce “climate winners” (green toad) and “climate losers” (common frog, agile frog) among the amphibians.

As regards the prediction of the migration start by means of indicator plants, a possible correlation could be investigated with the blossoming of the hazel, the spring snowflake and the willow: On average, the animals start to migrate about 5 days after the beginning of the first blossoming (hazel 9 days, spring snowflake 5 days, willow 2 days) with possible strong deviations dependent on the location.

The reliability of these findings is limited as the different handling of the monitoring and management of the amphibian migrations in Austria generally leads to a deficient availability and quality of data. In order to allow for better confirmed and more precise statements on prediction and temporal development of the beginning of amphibian migrations, a unified/standardised data collection (check lists) and an Austria-wide database would have to be introduced. The present study raises the expectation that an improved data base would facilitate sufficiently reliable statements about the use of indicator plants for the delimitation of the migration times and thereby the additional effort of documentation would also be worthwhile for the volunteers. As with ongoing climate change the indicator plants/phases could change – different species react at different paces to climate changes –, the documentation would have to be continued and adapted with regard to possible indicator plants.

Danksagung

An dieser Stelle möchte sich das AutorInnenteam bei allen Personen bedanken, die uns bei der Durchführung des Projektes unterstützt haben.

Ein besonderer Dank gilt den ExpertInnen und TeilnehmerInnen der Befragung, die uns ihre Wanderstreckendaten zur Verfügung gestellt haben.

Weiter danken wir allen Personen, die sich im Rahmen der durchgeführten Interviews und der Befragung bereit erklärt haben, ihre Erfahrungen und ihre Expertise in Bezug auf das Management von Amphibienschutzanlagen sowie ihre persönliche Wahrnehmung zum Einfluss der veränderten klimatischen Bedingungen auf Amphibien mit uns zu teilen.

B-1 Einleitung

B-1.1 Problemstellung

In zahlreichen internationalen Studien wird auf mögliche direkte und indirekte Auswirkungen des Klimawandels auf die Tierwelt hingewiesen. Das tatsächliche Ausmaß dieser Veränderungen ist derzeit kaum abschätzbar.

Fauna und Flora werden in ihrer Entwicklung und ihrem Lebensrhythmus von äußeren Einflüssen wie Temperatur, Niederschlag und Photoperiode gesteuert. Die ektothermen Amphibien reagieren besonders empfindlich auf äußere Umwelteinflüsse, wozu unter anderem Wetter bzw. Klima zählen. Ihre Aktivitätsphasen sind zudem stark temperaturabhängig, was starke Auswirkungen klimatischer Veränderungen auf Phänologie, Demographie und Areale der Arten vermuten lässt (Rödder & Schulte, 2010). Vor allem für endemische Arten könnte dies im Extremfall ein Aussterben zur Folge haben.

Die stark gefährdeten heimischen Amphibien benötigen innerhalb eines Jahres zudem unterschiedliche Habitate und unternehmen daher z. T. weite Wanderungen; aufgrund ihrer Empfindlichkeit gegenüber Umwelteinflüssen werden sie zudem seit Jahren als Indikator für Gewässerqualität und Habitatstrukturen eingesetzt.

Die Eingrenzung der Wanderzeitpunkte der Amphibien stellt in Zusammenhang mit ihrem Schutz eines der wichtigsten und zugleich schwierigsten Probleme dar. Auf der Suche nach geeigneten Methoden zur Vorhersage dieser Wanderphasen stößt man oft auf Modelle, die versuchen, die Aktivitätszeitpunkte der Tiere zu berechnen (u.a. Kyek et al., 2003, Todd & Winne, 2006, Timm et al., 2007). Diese Methoden setzen das Vorhandensein meteorologischer Messstationen voraus und sind meist mit hohem Aufwand verbunden.

Die Verwendung von Pflanzen als Indikatoren ist nicht neu. Oft werden Pflanzen und die Ansprüche, die sie an einen Lebensraum stellen, als Zeiger für Standorteigenschaften herangezogen (Ellenberg, 1974). Landi et al. (2012) zeigten auf, dass Makrophyten und Amphibien von den gleichen Umweltbedingungen beeinflusst werden und begründeten damit ein gemeinsames Vorkommen bestimmter Arten.

Die von klimatischen Bedingungen gesteuerten, im Laufe eines Pflanzenjahres an der Pflanze auftretenden Entwicklungsphasen (Austrieb, Blattentfaltung, erste Blüte, etc.) werden seit Jahren aufgezeichnet und belegen, dass diese durchaus auf das sich ändernde Klima reagieren. Ähnlich wie bei den Amphibien spielen auch hier die Faktoren Temperatur und Feuchtigkeit eine wesentliche Rolle (u.a. Bonan, 2002; Kyek et al., 2003).

Erste Studien zum Zusammenhang pflanzenphänologischer und amphibienphänologischer Erscheinungen zeigten zudem einen möglichen Zusammenhang von erster Haselblüte und dem Beginn der Frühjahrswanderung der Amphibien auf (Czachs & Höbart, 2010).

B-1.2 Projektziele und Forschungsfragen

Als **Ausgangsthese** wurde angenommen, dass Amphibien auf die sich ändernden klimatischen Bedingungen mit einem früheren Einsetzen der Frühjahrswanderung reagieren, dass bestimmte pflanzenphänologische und amphibienphänologische Erscheinungen korrelieren und sowohl Pflanzen als auch Tiere auf die veränderten Klimabedingungen mit einem früheren Einsetzen der phänologischen Phasen beginnen.

Um den Wanderzeitpunkt der Amphibien auch unter den sich verändernden klimatischen Bedingungen ohne den Einsatz aufwändiger Mess- und Analysemethoden voraussagen zu können und so auch Laien einen möglichen Anhaltspunkt zur

rechtzeitigen Setzung eventueller Schutzmaßnahmen zu geben, bedarf es alternativer Vorhersagemethoden. Als Indikator könnten hierbei phänologische Erscheinungen der Pflanze dienen.

Daraus leiten sich die folgenden **wissenschaftlichen Fragestellungen** ab:

Inwieweit ist eine Veränderung der amphibienphänologischen Phasen erkennbar? Lassen sich diese mit den sich verändernden klimatischen Bedingungen erklären?

Was sind die maßgeblichen Auslöser für pflanzenphänologische Ereignisse, welche Faktoren wirken als Auslöser für die Amphibienwanderung und welche sind die gemeinsamen Nenner?

Welche übereinstimmenden Ereignisse lassen sich aus der Analyse der Aufzeichnungen zur Pflanzenphänologie sowie der Meldungen von Amphibienfunden (Wanderbeginn, Laichzeitpunkte etc.) ableiten?

Wie lassen sich diese Erkenntnisse langfristig in ein Monitoring der Laichwanderungen von Amphibien integrieren und welche Möglichkeiten gibt es, die Bevölkerung für dieses Thema zu sensibilisieren?

B-2 Methoden

Zur Beantwortung der Fragestellungen an die Fachbereiche Amphibien(-phänologie), Pflanzenphänologie und möglicher Zusammenhänge dieser sowie zum aktuellen Management von Amphibienwanderstrecken kam ein Mix unterschiedlicher Erhebungsmethoden zur Anwendung (Abb. B- 1).

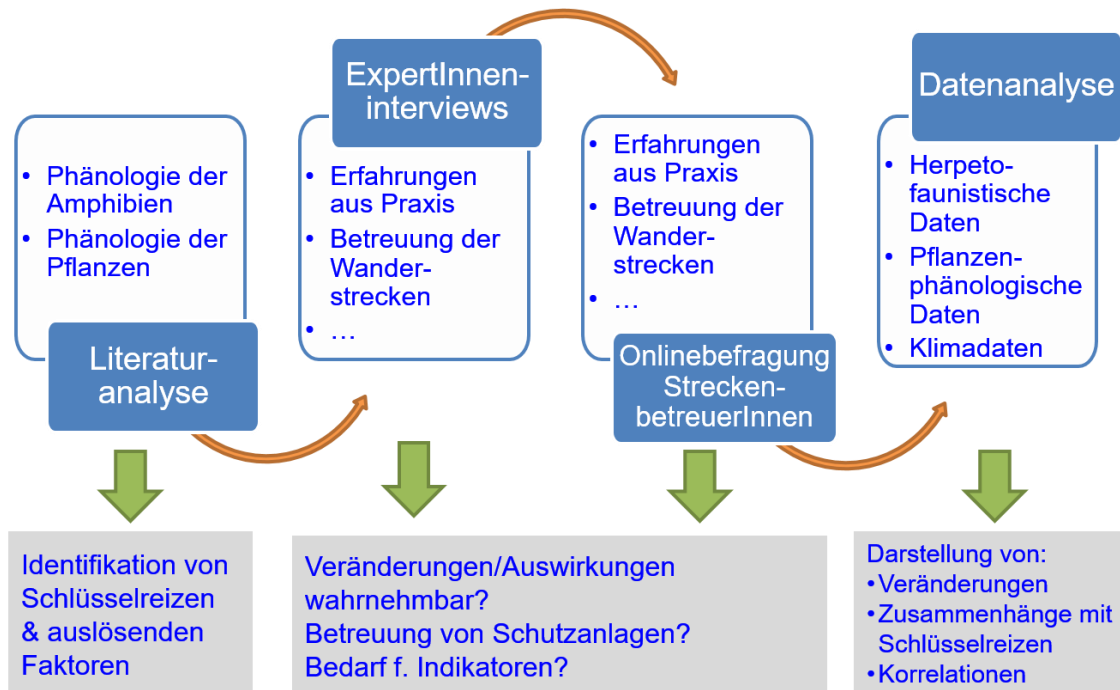


Abb. B- 1: Übersicht über die angewendeten Forschungsmethoden

Aufbauend auf den Ergebnissen einer Literaturrecherche wurden Interviews mit FachexpertInnen aus dem Bereich Herpetologie und mit dem Monitoring von Amphibienwanderstrecken betrauten Personen durchgeführt.

Im Laufe der Arbeiten stellte sich heraus, dass ein Großteil der ursprünglich für eine Living Lab Diskussion geplanten Inhalte bereits im Zuge der Interviews mit den ExpertInnen beantwortet bzw. besprochen wurden. Erkenntnis aus der Literatur und neue Themen, die im Zuge der Interviews aufkamen, wurden in den nachfolgenden Interviews mit den ExpertInnen aufgegriffen. Daher wurde nach Rücksprache mit den FördergeberInnen das Forschungsdesign adaptiert, um die so freiwerdenden Ressourcen zur Sammlung weiterer Expertisen und Erfahrungen aus der Praxis zu nutzen (siehe Kap. B-2.1 Onlinebefragung der StreckenbetreuerInnen). Diese dienten in weiterer Folge zur Verifizierung der Ergebnisse aus der Datenanalyse. Die folgenden Kapitel geben einen detaillierten Überblick über die angewandten Methoden.

B-2.1 Erarbeitung der theoretischen Grundlagen mittels Literaturrecherche

Mittels vertiefender **Literaturrecherche** in nationaler und internationaler Fachliteratur zum Thema Pflanzenphänologie und Auslöser für Frühjahrswanderung von Amphibien (Fokus auf in Österreich vorkommende Arten – Erdkröte (*Bufo bufo*), Grasfrosch (*Rana temporaria*), Springfrosch (*Rana dalmatina*), da für diesen auf Grund der Auffälligen Wanderung und relativen leichten Bestimmbarkeit die meisten Daten zu erwarten waren) wurden Schlüsselreize der Auslösung von phänologischen Phasen bei Pflanzen und Amphibien identifiziert. Die Abfrage der Keywords erfolgte hauptsächlich über die

Datenbanken Scopus und Research Gate jeweils in Deutsch und Englisch. Hierbei wurde in mehreren Stufen, erst der Oberbegriff gesucht und die Suche danach entsprechend der Themenstellung präzisiert (Beispiel für die Suchabfrage sowie Liste der Analysierten Quellen siehe Anhang B-8.1).

Die Analyse wurde mittels einer mit Microsoft Excel erstellten Projektliteraturdatenbank durchgeführt, in welcher die Literatur erfasst und hinsichtlich potentieller Auslöser phänologischer Phasen - Temperatur, Niederschlag, Tageslänge, endogene Faktoren – ausgewertet wurde (Kapitel B-3.1). Weiters flossen die Erkenntnisse in Kapitel B-8.3.1 ein.

B-2.2 ExpertInneninterviews

Im Rahmen des Projektes wurden in Summe 13 leitfadengestützte, qualitative Interviews mit ExpertInnen aus den Bereichen Herpetologie sowie mit Personen, die mit dem Monitoring von Amphibienwanderstrecken betraut sind, durchgeführt. Bei der Auswahl der ExpertInnen wurde darauf geachtet, dass alle österreichischen Bundesländer vertreten sind. ExpertInnen aus dem Bereich der Phänologie wurden angefragt, diese standen jedoch nicht für ein Interview zur Verfügung.

Die Interviews erfolgten größtenteils telefonisch durch eine Person, einige Gespräche wurden jedoch auch Face to Face durchgeführt. Vorab wurde ein Interviewleitfaden (siehe Anhang B-8.1.2) an die ExpertInnen verschickt. Die Interviews dauerten im Durchschnitt 60 Minuten und wurden zur besseren Dokumentation aufgezeichnet und im Anschluss thematisch sowie inhaltlich ausgewertet.

Folgende Schwerpunkte wurden dabei behandelt:

- Zeitpunkt & Organisation der Schutzmaßnahmen
- Probleme im Zusammenhang mit der Organisation von Schutzmaßnahmen
- Frequenz und Intensität der Betreuung der Amphibienwanderstrecken
- Schutzausmaß: Anwanderung, Abwanderung, Jungtierwanderung
- Monitoring und damit verbundene etwaige Probleme
- Datenmanagement
- Wahrgenommene auslösende Faktoren der Wanderung
- Klimabedingte phänologische Veränderungen
- Klimabedingte Arealverschiebungen
- Weitere Herausforderungen und Probleme im Amphibienschutz
- Möglicher Einsatz von Pflanzenindikatoren zur Eingrenzung des Wanderzeitpunkts

Im Laufe der Interviews stellte sich heraus, dass der Kreis der ExpertInnen in diesem Fachbereich weitgehend ausgeschöpft war. Da von den ExpertInnen auf die Frage nach empfohlenen AnsprechpartnerInnen meist nur noch Querverweise auf bereits interviewte ExpertInnen erfolgten und einige der genannten Personen nicht für ein Interview zur Verfügung standen, wurde im weiteren auf die Methode der Onlinebefragung zurückgegriffen (siehe nachfolgendes Kapitel B-2.3).

B-2.3 Onlinebefragung der StreckenbetreuerInnen

Durch die Änderung des Forschungsdesigns war es möglich, eine Befragung der aktiven StreckenbetreuerInnen durchzuführen, um möglichst vielfältige und aktuelle Eindrücke, Erfahrungen und Expertisen aus der Praxis zu sammeln. Dies war unter

anderem deshalb wichtig, da einige der befragten ExpertInnen angaben, mehr koordinierend als aktiv an der Streckenbetreuung beteiligt zu sein. Somit wurde einerseits der fachliche Input durch die ExpertInnen als auch die Praxisseite in ausreichendem Maße einbezogen.

Um eine möglichst große Anzahl an Antworten zu erhalten, wurde hierfür eine Onlinebefragung basierend auf einem standardisierten und strukturierten Fragebogen mittels des Tools LimeSurvey erstellt. Die Onlineumfrage ermöglichte es, eine größere Anzahl an Personen in einem möglichst kurzen Zeitraum zu erreichen, neue Erkenntnisse aus der Praxis zu erhalten und gleichzeitig ein großes Themenfeld abzudecken. Der Link zur Befragung wurde an die interviewten ExpertInnen sowie an die Koordinationsstelle der ÖGH (Österreichische Gesellschaft für Herpetologie) – mit der Bitte diesen an ihr BetreuerInnenpool weiter zu leiten – versendet.

Im Zeitraum vom 08.02.2017 bis 31.03.2017 konnten so Antworten von 37 aktiven StreckenbetreuerInnen abgefragt werden (unvollständig ausgefüllte Bögen bzw. Abbruch: 31). Die Auswertung der Ergebnisse erfolgte im Anschluss mittels Microsoft Excel bzw. IBM SPSS Statistics 21. Die Ergebnisse wurden deskriptiv mittels Häufigkeitsanalysen und multivariaten statistischen Verfahren ausgewertet.

B-2.4 Datenanalyse

B-2.4.1 Analyse herpetofaunistischer Daten

Von den in Österreich 15 heimischen Amphibienarten werden nach Informationen der ExpertInnen hauptsächlich Springfrosch, Grasfrosch und Erdkröte erfasst, nicht zuletzt, weil diese drei Amphibienarten am einfachsten zu bestimmen sind. Das markanteste phänologische Ereignis im Amphibienjahr ist die im Frühjahr stattfindende Laichwanderung zu den Laichgewässern – vor allem die drei genannten Arten treten dabei oft in Massen auf. Auf Grund der Fragmentierung von Amphibienlebensräumen durch z.B. Verkehrsinfrastruktur und der daraus resultierenden Gefährdung der Tiere (Straßentod) wird diese Frühjahrswanderung zumeist von Freiwilligen betreut und (teilweise) dokumentiert. Daher sollte für diese Phänophase die größte Anzahl an Fundmeldungen vorhanden sein.

Basierend auf diesen Annahmen wurden Datenanfragen bezüglich der drei Arten mit Fokus auf die Laichwanderung an die Österreichische Gesellschaft für Herpetologie, Wien, das Haus der Natur in Salzburg und die inatura Erlebnis Naturschau GmbH (Vorarlberg) gestellt. Die erhaltenen Daten wiesen erhebliche Unterschiede hinsichtlich, Detaillierungsgrad und die Form der Bereitstellung (Dateiformat, zeitliche Auflösung, analog/digital...) auf. Vor allem die Unterscheidung der einzelnen Amphibienarten in den nachfolgenden Analysen und eine Darstellung von Tagesverlauf der Wanderung konnte anhand der vorliegenden Daten nicht durchgeführt werden, da meist nur die Aufzeichnung von Beginn- und Enddatum der Schutzmaßnahmen (Zaunbetreuung) für die jeweilige Strecke und das jeweilige Jahr verfügbar waren.

Im Zuge der ExpertInneninterviews wurden dem Projektteam weitere Daten zu Verfügung gestellt, welche für die Auswertung herangezogen werden konnten. Eine detaillierte Aufstellung zu den Daten und deren Eigenschaften sowie den DatenhalterInnen ist im Anhang (Kapitel 0) angeführt.

Die Daten wurden in einem ersten Schritt mittels ArcGIS verortet und in räumlichen Bezug mit den pflanzenphänologischen Daten sowie den Klimastationen der ZAMG gebracht. Zur Ermittlung der für die weitere Analyse relevanten PEP-Stationen (Pflanzenstandorte phänologisches Messnetz) und ZAMG-Stationen (Messdaten Klima) wurden die im Umkreis von 10 km um die Wanderstrecken gelegenen PEP-Stationen sowie die nächstgelegene ZAMG-Messstation ermittelt.

Die deskriptive Auswertung der Daten hinsichtlich der Veränderung des Einsetzens der Frühjahrswanderung erfolgte mittels Microsoft Excel; die Korrelation der Beginn- bzw. Endzeitpunkte mit den phänologischen Phasen der Pflanzen bzw. mit den Klimadaten erfolgte mit Microsoft Excel sowie IBM SPSS Statistics 21.

In Summe wurden Daten zu 9 Amphibienwanderstrecken (3 in Kärnten, 3 in Salzburg, und jeweils eine Wanderstrecke in Wien, Oberösterreich und Vorarlberg) in die Detailanalysen einbezogen (Abb. B- 2), wobei nicht für alle Strecken geeignete pflanzenphänologische Daten verfügbar waren. Für die Auswertung der Zusammenhänge von Pflanzenphänologie und Beginnzeiten der Wanderung der Amphibien konnten Daten von 8 Wanderstrecken herangezogen werden. Der Bezug der Klimadaten war aus budgetären Gründen nur für eine begrenzte Anzahl von Standorten möglich, daher basieren die Ergebnisse in Zusammenhang mit klimatischen Parametern auf Daten von 7 Strecken.

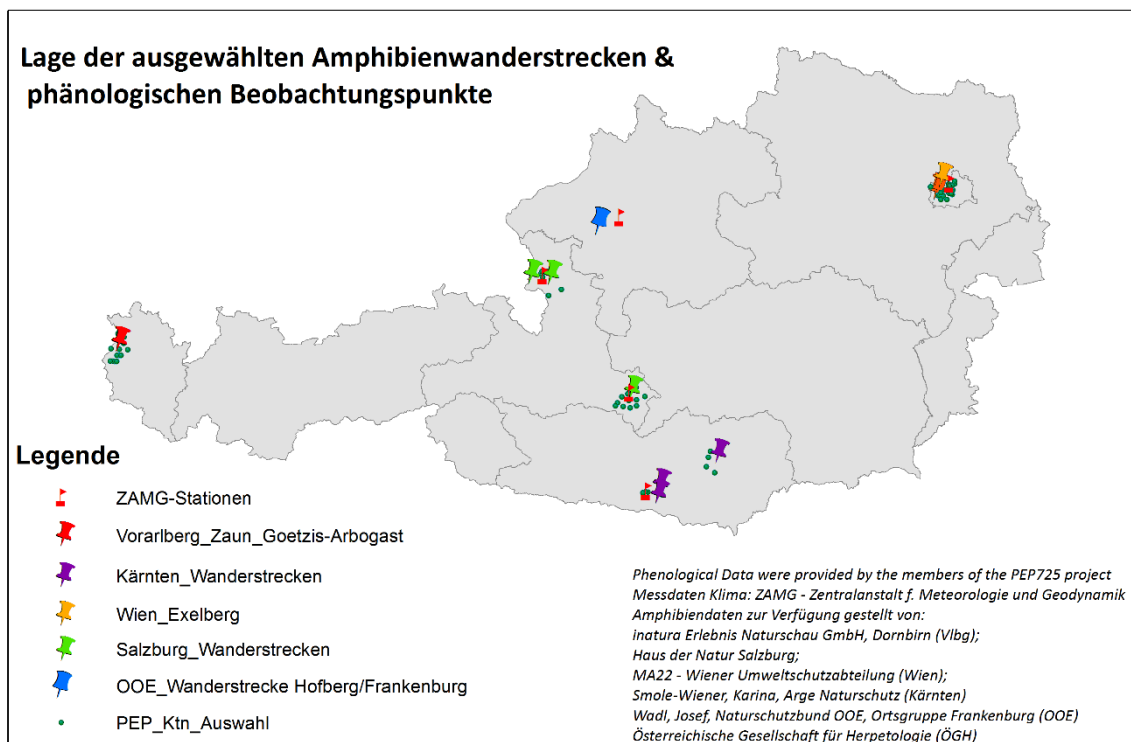


Abb. B- 2: Übersicht über die Lage der ausgewählten Amphibienwanderstrecken, PEP-Stationen (Pflanzen) und ZAMG-Stationen

Die Amphibiendaten wurden im Zuge der Betreuungsmaßnahmen an temporären Schutzanlagen an Straßen erhoben. Diese für Amphibien gefährlichen Abschnitte ihrer Wanderungen werden häufig mittels Zaun-Kübel-Methode gesichert (Abb. B- 3). Hierbei werden entlang der zu sichernden Straßenabschnitte (in der Regel nur einseitig auf der Seite, von der die Anwanderung erfolgt) Amphibienzäune aufgebaut und entlang Zaunes Kübel im Boden vergraben. Die Amphibienzäune sind meist bis zu 50cm hohe, blickdichte Absperrungen aus Kunststoffgewebe. Die anwandernden Amphibien laufen am Zaun entlang, bis sie in einen der in regelmäßigen Abständen eingegrabenen Kübel fallen. Mindestens einmal pro Tag werden diese Kübel von freiwilligen HelferInnen über die Straße getragen und dort entleert. Die Tiere können so die gegenüberliegende Straßenseite gefahrlos erreichen.

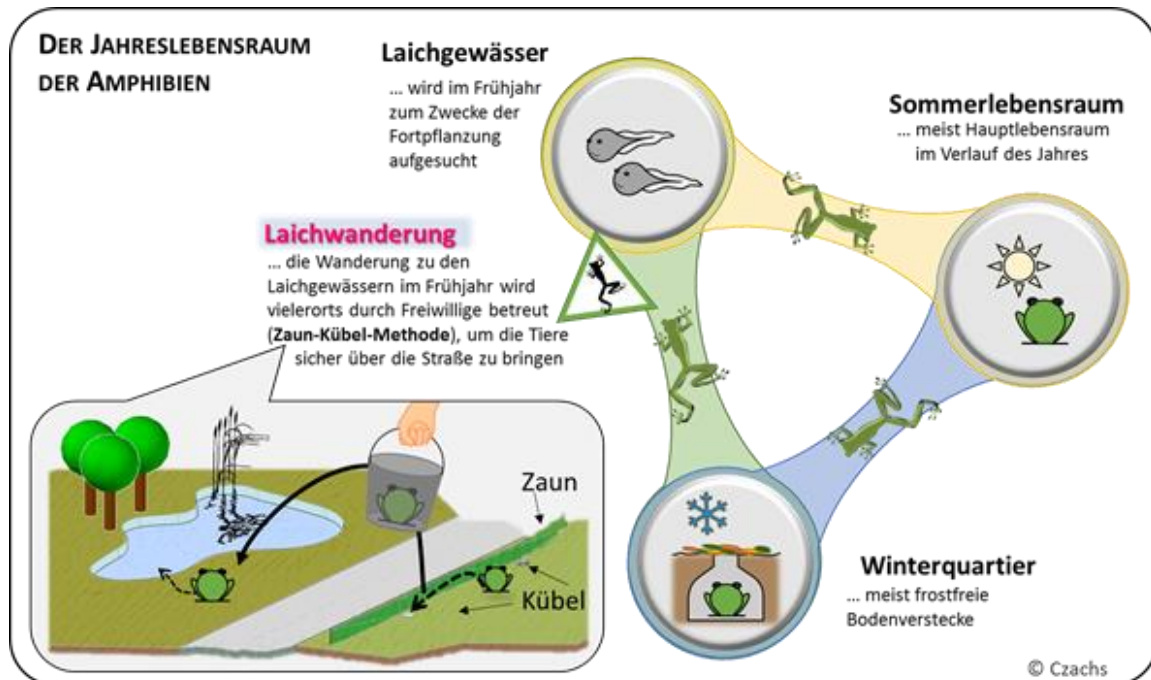


Abb. B- 3: Schematische Darstellung der jahreszeitlichen Amphibienwanderung

Für die Korrelationen konnten lediglich der Beginn (Tag des Aufbaues des temporären Schutzzaunes) und Endzeitpunkt der Wanderung (Tag des Abbaus des Schutzzaunes) herangezogen werden. Zu beachten ist hierbei, dass der eigentliche Wanderbeginn bei den Amphibien früher stattfindet als der Aufbau der Schutzzäune bzw. der Beginn der Betreuungsmaßnahmen, da die Tiere zum Teil weite Wanderungen zum Gewässer unternehmen und die Querung der Straßen und somit das Eintreffen an der Schutzanlage nur einen Teilabschnitt der Laichwanderung darstellt. Aus Gesprächen mit ExpertInnen und KoordinatorInnen der Schutzmaßnahmen geht zudem hervor, dass die ersten Tiere bereits vor dem Zaunaufbau wandern und vielmehr diese erste Wanderbewegung bzw. die ersten Tofunde den Ausschlag für den Beginn der Schutzmaßnahme geben (siehe auch Kapitel B-4.1). Die Wanderdistanz variiert von Art zu Art bzw. Individuum zu Individuum teils stark; der Wanderimpuls ist vor allem von den Bedingungen am Überwinterungsort abhängig, welcher jedoch nicht bekannt ist. Ähnliches gilt für das Ende der Wanderung, bei welcher der Zaunabbau bzw. die Einstellung der Betreuungsmaßnahmen erfolgt. In der Regel werden die Schutzmaßnahmen eingestellt, sobald an drei aufeinanderfolgenden Tagen keine Tiere mehr in den Kübeln gefunden werden – es ist zu beachten, dass diese Vorgehensweise meist nur die anwanderenden Tiere einbezieht. Rückwanderung und Abwanderung der Jungtiere werden nur in den seltensten Fällen betreut.

Daraus ergeben sich folgende Definitionen der untersuchten Parameter:

Beginn der Wanderung: Tag, an dem der Schutzzaun errichtet und die aktive Betreuung (Zaun-Kübel-Methode) beginnt.

Ende der Wanderung: Tag, an dem die aktive Streckenbetreuung eingestellt wird.

Median der Wanderung: Tag, zu dem mehr als die Hälfte der im jeweiligen Jahr erfassten Tiere den Schutzzaun erreicht hat (Strecke OOE)

B-2.4.2 Analyse pflanzenphänologischer Daten

Die für die Untersuchung benötigten pflanzenphänologischen Daten stammen aus der Datenbank des Pan European Phenology Project PEP725, die auf der Projekthomepage zum kostenlosen Download zu Verfügung stehen (<http://www.pep725.eu/>). Diese umfasst für Österreich in Summe 1377 Stationen sowie 473.546 Einträge für den Zeitraum von 1926 bis 2016.

Zur Analyse wurden nur jene Phänophasen herangezogen, deren Eintrittszeitpunkt innerhalb der Laichwanderperiode der Amphibien jeweils 14 Tage vor Beginn bzw. nach deren Ende liegen. Die für die Auswertung herangezogenen Daten wurden wie in Kapitel B-2.4. beschrieben, mit ArcGIS basierend auf ihrer Entfernung zu den Wanderstrecken (max. 10 km) selektiert und in weiterer Folge mit Microsoft Excel und IBM SPSS Statistics 21 hinsichtlich möglicher Zusammenhänge mit dem Beginn der Laichwanderung der Amphibien ausgewertet. Insgesamt flossen 920 Datensätze von 21 unterschiedlichen pflanzenphänologischen Phasen in die Analyse ein (Tab. B- 1).

Tab. B- 1: Liste der für die Analyse herangezogenen Phänophasen

Kürzel	Pflanze	Bezeichnung Phänophase
Betula_Leaf_unf	Hänge-Birke	Blattentfaltung
Betula_flow	Hänge-Birke	Erste Blüte/Blühbeginn
Corylus_Leaf_unf	Hasel	Blattentfaltung
Corylus_flow	Hasel	Erste Blüte/Blühbeginn
Forsythia_flow	Forsythie	Erste Blüte/Blühbeginn
Larix_Leaf_unf	Lärche	Nadelentfaltung
Larix_leav_sep	Lärche	Blattauffaltung
Leucojum_flow	Frühlingsknotenblume	Erste Blüte/Blühbeginn
Syringa_flow	Flieder	Erste Blüte/Blühbeginn
Tilia_flow	Winter-Linde	Erste Blüte/Blühbeginn
Tilia_Leaf_unf	Winter-Linde	Blattentfaltung
Quercus_leaf_unf	Stieleiche	Blattentfaltung
Quercus_leav_sep	Stieleiche	Blattauffaltung
Salix_flow	Salweide	Erste Blüte/Blühbeginn
Picea_leav_sep	Fichte	Maitrieb
Picea_flow	Fichte	Erste Blüte/Blühbeginn
Fagus_Leaf_unf	Buche	Blattentfaltung
Robinia_flow	Robinie	Erste Blüte/Blühbeginn
robinia_leaf_unf	Robinie	Blattentfaltung
Aesculus_flow	Roskastanie	Erste Blüte/Blühbeginn
Sambucus_flow	Schwarzer Holunder	Erste Blüte/Blühbeginn

B-2.4.3 Analyse der Klimadaten

Die Klimadaten wurden über das Kundenservice der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) bezogen. Im Detail wurden Messwerte auf Basis von Stundendaten der Parameter Lufttemperatur, Niederschlagsmenge und -dauer und relative Luftfeuchte der in Tabelle Tab. B- 1 gelisteten Stationen erworben.

Tab. B- 2: Stationsliste der Messstationen der zur Analyse herangezogenen Klimaparameter

STATNR	SYNNR	ORDUNG	NAME
15721	11348	TAWES	MARIAPFARR
6305	11350	TAWES	SALZBURG-FREISAAL
20123	11213	TAWES	VILLACH-STADT
5904	11035	TAWES	WIEN-HOHE WARTE
4815	11001	TAWES	WOLFSEGG

Bezogene Klimaparameter

	Kürzel	Einheit	Bezeichnung
	TTX	°C	Lufttemperatur (2 m über Grund)
	LT2	°C	Lufttemperatur (5 cm über Grund)
	RSX	mm	Niederschlagsmenge
	RSD	min	Niederschlagsdauer
	FFX	%	relative Feuchte

Aus den Messdaten wurden für die weitere Analyse die in Tabelle Tab. B- 3 beschriebenen Parameter errechnet. Zur Ermittlung des möglichen Einflusses der Parameter auf den Wanderbeginn an den einzelnen Wanderstrecken wurden für die Berechnung jeweils der Zeitraum vom 21. Februar (Frühester Tag des Wanderbeginns) bis zum 14. April (spätester Tag des Wanderbeginns) herangezogen. Mittels Microsoft Excel sowie IBM SPSS Statistics 21 wurden schließlich Korrelationen mit dem Beginnstag der Wanderung an den einzelnen Strecken durchgeführt.

Tab. B- 3: Zur Beurteilung der Abhängigkeit des Wanderbeginns herangezogene Parameter

t-min	durchschnittliche Tagesminimumtemperatur wobei TTX=Lufttemperatur 2 m ü. Grund; LT2=Lufttemperatur 5 cm ü. Grund
t-max	durchschnittliche Tagesmaximaltemperatur wobei TTX=Lufttemperatur 2 m ü. Grund; LT2=Lufttemperatur 5 cm ü. Grund
t-7	durchschnittliche Temperatur um 7 Uhr
t-19	durchschnittliche Temperatur um 19 Uhr
NS-Mittel	durchschnittlicher Niederschlag (RSX)
NS-07	durchschnittlicher Niederschlag um 7 Uhr
NS-19	durchschnittlicher Niederschlag um 19 Uhr
NS-Dauer	durchschnittliche Dauer des Niederschlags
f-Mittel	durchschnittliche relative Feuchte (FFX)
f-min	durchschnittliches Minimum der rel. Feuchte
f-max	durchschnittliches Maximum der rel. Feuchte
t- sum >3°C	Summe der Tagesdurchschnittstemperatur mit einer Durchschnittstemperatur von mehr als 3°C

B-3 Ergebnisse

B-3.1 Ergebnisse der Literaturanalyse

Im Laufe eines Jahres sind insbesondere bei Flora und Fauna unterschiedliche Phasen bzw. Entwicklungen erkennbar, mit deren Ausprägungen sich die Phänologie auseinandersetzt. Sowohl das Wachstum der Pflanzen als auch die Aktivitäts- und Entwicklungsphasen von Tieren werden u.a. von externen Faktoren wie Temperatur oder Niederschlag beeinflusst; ändern sich diese – wie im Zusammenhang mit dem Klimawandel prognostiziert – sind demnach auch Veränderungen bei Wachstum der Pflanze und Aktivitäts- und Entwicklungsphasen von Tieren zu erwarten.

Ziel der Literaturanalyse war, die auslösenden Faktoren für phänologische Phasen der Amphibien explizit für die Laich- oder Frühjahrswanderung zu erkennen bzw. zu definieren und Parallelen zwischen Fauna und Flora abzuleiten (siehe B-2.1). Auch wurde die Literatur in Bezug auf Veränderungen oder Verschiebungen der phänologischen Abläufe untersucht.

Die insgesamt 68 erhobenen Quellen wurden in eine Projektliteraturdatenbank eingetragen und hinsichtlich der potentiellen Auslöser phänologischer Phasen - Temperatur, Niederschlag, Tageslänge, endogene Faktoren – ausgewertet (siehe Tab. B- 1).

Tab. B- 4: Ergebnisse der Literaturanalyse

Anzahl Quellen je Themenfeld			Phänologische Änderungen wahrnehmbar	keine phänologischen Änderungen wahrnehmbar	genannte auslösende Faktoren				Anzahl Quellen (gesamt)
Amphibien	Amphibien & Pflanzen	Pflanzen			Temperatur	Niederschlag	Tageslänge	endogene Faktoren	
12	4	15	25	6	✓	–	–	–	31
9	2	3	11	3	✓	✓	–	–	14
4	1	2	6		✓	–	✓	–	7
4			1	4	–	–	–	–	4
1	1	1	3		–	✓	✓	✓	3
2				2	✓	✓	✓	✓	2
1				1	–	–	–	✓	1
1				1	–	–	✓	✗	1
1			1		✓	–	–	✓	1
1			1		✓	✗	–	–	1
2			1	1	✓	✓	✓	–	2
1				1	✓	–	✓	✓	1
Summe Nennungen			49	19	59	21	16	8	

✓	als Auslöser genannt
✗	als Auslöser ausgeschlossen
–	nicht explizit erwähnt

Von insgesamt 68 Quellen erwähnten 49 Veränderungen in den phänologischen Phasen.

Als wichtigster Auslöser phänologischer Phasen konnte die **Temperatur** ermittelt werden. Insgesamt 59 Quellen ermittelten sie als Auslöser: in 31 Fällen wurde sie als alleinige Ursache identifiziert. **Niederschlag** hingegen wurde von 21 Quellen als auslösender Faktor erkannt. 14 Werke sahen die **Kombination** von Temperatur und Niederschlag als Startsignal für den Beginn des phänologischen Jahres. Die **Tageslänge** wurde in 16 Fällen als Auslöser für Laichwanderungen identifiziert, davon in 7 Quellen in **Kombination** mit der Temperatur; in Verbindung mit Niederschlag und endogenen Auslösern in 3 Werken, zudem in unterschiedlichen Konstellationen mit Temperatur, Niederschlag und endogenen Faktoren.

Endogene Faktoren werden in 8 Quellen als potentielle Auslöser erwähnt, allerdings in keinem Fall als alleinige Ursache.

Die wesentlichen Inhalte in Bezug auf phänologische Erscheinungen von Pflanzen und Tieren vor dem Hintergrund des sich verändernden Klimas werden in den folgenden Kapiteln kurz dargelegt, eine vertiefende Einführung in die Thematik findet sich im Anhang (Kapitel B-8.3).

B-3.1.1 Auslösende Faktoren pflanzenphänologischer Entwicklungsphasen

Pflanzen werden durch verschiedene Witterungsbedingungen dazu veranlasst auszutreiben, zu blühen oder ihre Blätter zu verlieren. Seyfert bezeichnet diese Vorgänge als „Komplex Witterung“, in Kombination meteorologischer Elemente in Luft und Boden, die die Entwicklung der Pflanzen direkt beeinflussen (Seyfert, 2007). Dabei spielt nicht nur die aktuelle Witterung – also jene der derzeitigen Vegetationsperiode – eine Rolle, sondern auch die Witterung der vergangenen Periode und der Ruheperiode sind zu berücksichtigen (Menzel, 1997).

Als wahrscheinlich wichtigster Witterungsparameter bzw. Umweltfaktor ist die bodennahe Lufttemperatur zu sehen (Kromp-Kolb, et al., 2003). So steht die Variabilität des mittleren Beginns phänologischer Phasen bis zu 90% mit der Variabilität der Lufttemperatur in Zusammenhang (Koch, et al., 2005). Beeinflusst wird diese wiederum durch bestimmte geographische Gegebenheiten wie Seehöhe, Längen- und Breitengrad sowie durch geländespezifische Parameter (Exposition, Hangneigung, etc.) (Kromp-Kolb, et al., 2003).

Neben diesen abiotischen exogenen Faktoren wirken sich auch die Photoperiode und Lichtqualität, die Bodenzusammensetzung, der Wasser- und Nährstoffgehalt und der Bodenbewuchs auf das zeitliche Eintreten phänologischer Erscheinungen aus. Konkurrenz und im Zuge dessen auch Krankheiten, Stress und Insektenbefall können Pflanzen in ihrem Wuchs beeinflussen. Endogen wirken Erbanlagen und Alterungsprozesse auf die Pflanze ein (Menzel, 1997).

Dass ein direkter Zusammenhang der exogenen Faktoren mit den endogenen Faktoren in der Ausprägung phänologischer Entwicklungsphasen besteht, ist anhand der Winterruhe von Pflanzen gut festzustellen. Endogen – also genetisch bestimmt – ist die echte Winterruhe (siehe auch Anhang Kapitel B-8.3.4), welche bedingt, dass Pflanzen ihr Laub abwerfen und in einen Ruhezustand übergehen. Diese endogene Dormanz (Entwicklungsverzögerung) benötigt einen Kältereiz (Chilling), um beendet, bzw. durchbrochen zu werden. Die Lufttemperatur als exogener Einfluss beendet also einerseits die Winterruhe, andererseits hindert sie die Pflanze aber auch daran, unmittelbar auszutreiben, solange sie nicht einen gewissen Schwellenwert überschreitet. Dieses Phänomen wird als exogene Dormanz (Rest) bezeichnet. Ein Anstieg der Lufttemperatur (Forcing) bewirkt dann den notwendigen Stimulus zu Blattentfaltung und –austrieb (Menzel, 2006).

Es ist ersichtlich, dass das Zusammenwirken endogener und exogener Faktoren – Genotyp und Umwelt – phänologische Entwicklungsphasen beeinflusst, weshalb Austrieb, Blüte, Fruchtentwicklung, etc. auch als anpassungsrelevante phänotypische Merkmale bezeichnet werden (Menzel, 1997). Zusammenfassend bedeutet dies, dass verschiedene meteorologische Größen – allen voran die Lufttemperatur – die Entwicklung von Pflanzen beeinflussen, jedoch in Kombination mit endogenen Faktoren und Standortfaktoren. Folgende Grafik veranschaulicht diese Zusammenhänge:

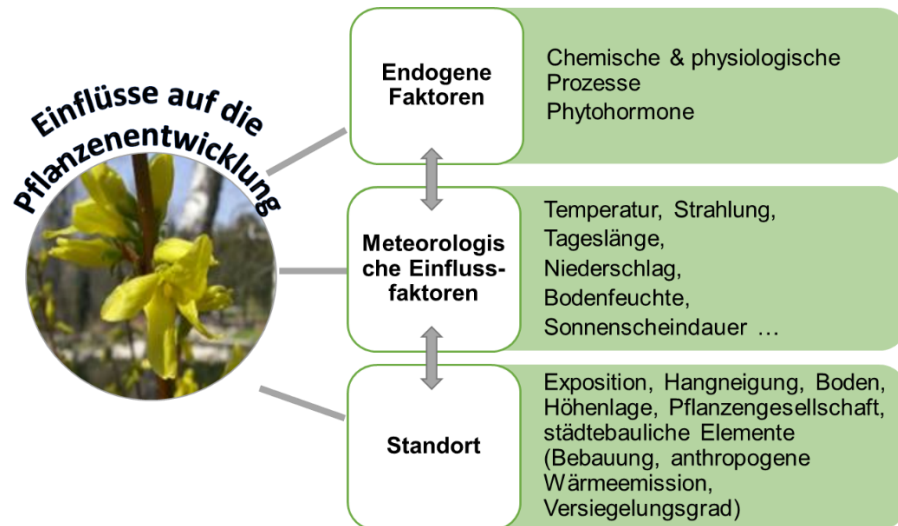


Abb. B- 4: Einflüsse auf die Pflanzenentwicklung, erstellt von Czachs, C. nach Höbarth, K.& Czachs, C. (2010), Schnelle (1955) und Karsten (1986)

B-3.1.2 Stand der Forschung – Auswirkungen von Klimaveränderungen auf pflanzenphänologische Entwicklungsphasen

Im Kontext der globalen Erwärmung, die im letzten Jahrhundert im Jahresmittel weltweit etwa 1 °C und in Österreich nahezu 2°C betrug (APCC, 2014) und der Temperatur als wichtigster, die phänologischen Entwicklungsphasen von Pflanzen beeinflussender Witterungsfaktor (siehe B-3.1.1), kann von phänologischen Verschiebungen ausgegangen werden (Abb. B- 5).

Phänologische Entwicklungsphasen verfrühen sich in Abhängigkeit zur Temperatur, um oftmals mehrere Tage (siehe auch Anhang, Kapitel B-8.3.1). So bedeutet die Zunahme der Lufttemperatur im Frühjahr um 1°C eine Verfrüherung der Blüte bei Hasel und Kirsche um ca. 1 Woche, beim Apfel um 5 Tage (Koch, et al., 2005). Generell sind Verschiebungen hin zu einem früheren Einsetzen der phänologischen Phasen des Austriebs, der Blüte und der Fruchtbildung zu erkennen (Menzel, 2006). Die Vegetationsperiode verlängert sich aber nicht nur durch ein früheres Einsetzen der Pflanzenaktivitäten, sondern zusätzlich durch teilweise spätere Blattfärbung und Blattfall im Herbst. Dies sind Ergebnisse, die auch durch eine über einen Zeitraum von 30 Jahren ausgedehnte und mehr als 75.000 Zeitreihen umfassende Studie (COST725) bestätigt werden. Hier wird ein früherer Eintritt von Blüte und Blattentfaltung von 2,5 Tagen/Jahrzehnt und eine Verlängerung der Vegetationsperiode von bis zu 2 Wochen in Mitteleuropa beschrieben (Menzel, 2006).

Notwendig ist es in diesem Zusammenhang zudem, die räumliche Variabilität zu beachten – so können auch Wärmeinseleffekte in der Stadt zu einem früheren Blühbeginn führen (siehe auch B-3.1.1 – auslösende Faktoren) und deutliche Trends ergeben, wohingegen sich in ländlichen Regionen nur schwache Trends abzeichnen. Ähnliches ergibt sich hinsichtlich der geographischen Verortung – im Baltikum sind beispielsweise ähnliche phänologische Trends wie in Westeuropa hin zu einem früheren Blühbeginn feststellbar, wobei es weiter östlich zu dem umgekehrten Phänomen eines

späteren Eintritts der Phänophasen kommt (Kromp-Kolb, et al., 2003). Diese Ergebnisse decken sich auch mit einer von Menzel, et. al 2006 durchgeführten Studie, die besagt, dass in West- und Zentraleuropa insbesondere Blüte und Austrieb stark verfrüht stattfinden, in Südosteuropa aber Verspätungen erkennbar sind (Menzel, 2006).

In den Jahren 1971 bis 2000 (Abb. B- 5) konnte in Europa eine Verfrühung von Blattentfaltung und Blüte bei 78% sowie eine signifikante Verfrühung bei 31% der phänologischen Phasen festgestellt werden, 22% der besagten phänologischen Phasen verspäteten sich, 3% deutlich. Die Verlängerung der Vegetationsperiode ist an der Verspätung (52%, signifikant später 15%) der Laubverfärbung zu erkennen, allerdings waren bei 48% der Pflanzen auch frühere Blattverfärbung (bei 12% signifikant früher) festzustellen (Menzel et al. 2006 in Menzel, 2006).

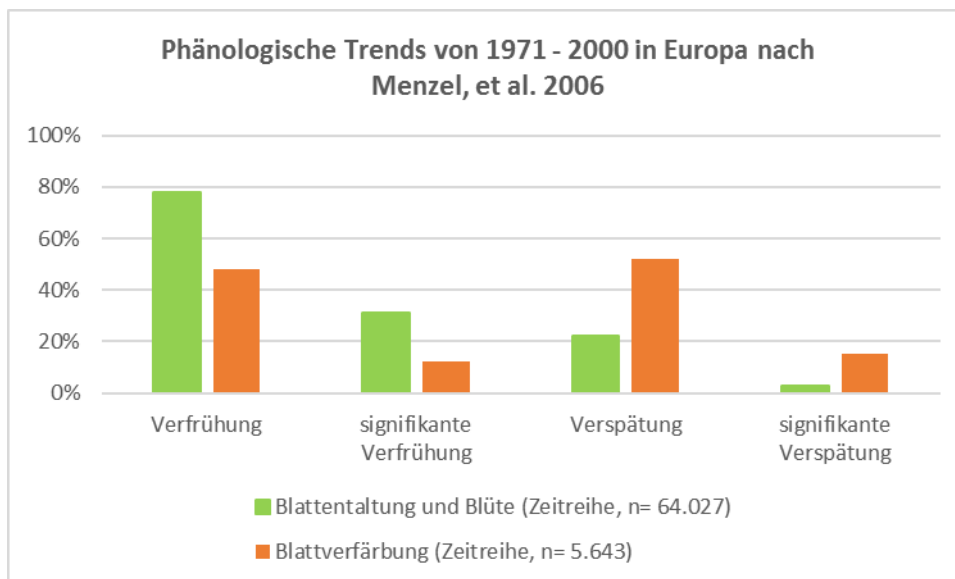


Abb. B- 5: Phänologische Trends in Europa erstellt von Hanreich, C. nach Menzel, et al. (2006) in Menzel (2006)

Es gibt jedoch auch Untersuchungen, die besagen, dass es zu einer Stabilisierung, bzw. einem Rückgang der Verfrühung im Blattaustrieb bei Pflanzen – hier explizit bei Bäumen – in den letzten Jahren kam. So besagt eine Studie, die 7 europäische Baumarten (*Alnus glutinosa*, *Betula pendula*, *Aesculus hippocastanum*, *Fagus sylvatica*, *Tilia cordata*, *Quercus robur*, *Fraxinus excelsior*) untersuchte, dass zwischen 1980 und 2013 ein deutlicher Rückgang des früheren Austriebs zu verzeichnen war. Die untersuchten Baumarten trieben von 1980-1994 um 4 Tage früher aus, zwischen 1999-2013 nur mehr um ca. 2,4 Tage, was eine Reduktion von 40% bedeutet (Fu, et al., 2015). Erklärbar erscheint dies durch wärmere Winter, die den Chilling-Effekt (siehe B-3.1.1) reduzieren und die, in den früheren Tagen des Jahres, limitierte Photoperiode. Fu et al. (2015) erwarten eine weitere Reduktion des früheren Austriebs, da mit immer wärmeren Wintern zu rechnen ist (Fu, et al., 2015).

Bezugnehmend auf die Aussagen der Studie von Fu et al. (2015) untersuchten H. Wang et al. (2016) Veränderungen in einer längeren Zeitreihe, zurückreichend bis 1951. Auch hier wurde ein Rückgang des früheren Austriebs festgestellt. Bei dem Vergleich der Zeitspannen von 1951-1980 und 1994-2013 konnte allerdings wieder ein wenig früherer Beginn besagter phänologischer Phase festgestellt werden, so dass im Hinblick auf Fu et al. (2015) auch noch Veränderungen der Pflanzenentwicklung, Veränderungen im Alter, mikroklimatische Umstände und auch nichtlineare Reaktionen von Pflanzen auf Veränderungen berücksichtigt werden sollten. Davon ausgehend kann laut Wang et al. (2016) nicht explizit von einem Rückgang des früheren Austriebs von Pflanzen gesprochen werden (Wang, et al., 2016).

Zu erwartende Konsequenzen

Bereits erkennbare Konsequenzen sind im Bereich der Verbreitung von Arten festzustellen. So wurden Verschiebungen der Verbreitung im Längen- und Breitengrad festgestellt, manche Arten wandern in höhere Lagen, oder auch weiter polwärts. Die Dichte der Vegetation hat beispielsweise in der Arktis zugenommen, wärmeliebende Arten sind in ursprünglich klimatisch kühleren Regionen, wie z.B. Norwegen zu finden (Menzel, 2006).

Durch diese Verschiebungen und die unterschiedlichen Bedürfnisse der Arten kann sich die Artenzusammensetzung ändern. Dies führt zu Konkurrenzverhältnissen zwischen den Arten, lässt Stress entstehen und erhöht die Krankheitsanfälligkeit (Kromp-Kolb, et al., 2003).

Die Veränderungen in der Vegetationsperiode und Verschiebungen der phänologischen Phasen können auch zu Problemen der Synchronisation mit den Lebenszyklen verschiedener Pflanzenfresser (Kromp-Kolb, et al., 2003) und durch die nunmehr asynchron laufenden phänologischen Ereignisse zum Verlust dieser Futterpflanzen für hochspezialisierte Arten führen (Parmesan, 2007). Die Qualität und Quantität der Futterpflanzen beeinflusst somit auch die Anzahl der Pflanzenfresser (Kromp-Kolb, et al., 2003). Manchen Insekten, wie beispielsweise dem forstwirtschaftlich bedeutenden Schädling Buchdrucker (*Ips typographus*), ermöglichen eine frühere Erwärmung und wärmere Temperaturen auch in höheren Lagen bessere Dispersionsbedingungen. Durch die höhere Anzahl an potentiellen Schwärmtagen könnte sich somit auch die Schadwirkung für den Forst erhöhen (Kromp-Kolb & Gerersdorfer, 2003)

Früherer Austrieb birgt für Pflanzen zudem ein Spätfrostrisiko. In einer Phase, in der es zur Enthärtung der Pflanzen nach der Winterruhe kommt, können Temperaturen unter dem Gefrierpunkt schwere Schäden verursachen. Untersuchungen zu Tagesminima der Lufttemperatur und den Phänophasen der Pflanzen in Österreich haben allerdings ergeben, dass diese in den letzten Jahren offensichtlich langsamer bzw. vorsichtiger auf die ersten warmen Temperaturen reagieren und daher der letzte Frost im Jahr früher eintritt als der verfrühte Austrieb der Pflanzen (Koch, et al., 2005).

B-3.1.3 Auslösende Faktoren der Amphibienwanderung

Im Frühjahr treten Froschlurche häufig in Massen auf. Was genau die Wanderungen, hier explizit die Frühjahrs- bzw. Laichwanderung auslöst, ist Gegenstand vieler Arbeiten und nach wie vor nicht vollständig geklärt.

Endogene und exogene Faktoren, ähnlich wie bei den Pflanzen (siehe B-3.1.1), dürften das Ende der Winterruhe und den Beginn der Wanderungen zum Laichgewässer bestimmen (Abb. B- 6).

Als exogene Faktoren werden hier **Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Tageslänge**, aber auch Mondphasen genannt. Reading (2003) spricht von einem engen Zusammenhang von Temperatur und dem Beginn der Frühjahrswanderung der Erdkröte (*Bufo bufo*) in England. Hier sei vor allem die Temperatur von Bedeutung, die dem Laichbeginn 40 Tage vorausgeht (Reading, 2003). Laut Kordges und Weddelling (2015) haben die Februar- und Märztemperaturen besonderen Einfluss auf den Laichbeginn (Kordges & Weddelling, 2015). Blab (1986) stellt ein temperaturinduziertes, reflexartiges Wandern bei Springfröschen (*Rana dalmatina*) ab Anfang Februar fest und dass weibliche Tiere offenbar eine etwas höhere Temperatur benötigen und daher später am Brutgewässer eintreffen (Blab, 1986). Kromp-Kolb et al. (2003) fasst zusammen, dass, bezugnehmend

auf diverse Studien, ein Tagesdurchschnittswert zwischen 4-6°C ein wesentlicher Impuls zur Wanderung zu sein scheint (Kromp-Kolb, et al., 2003).

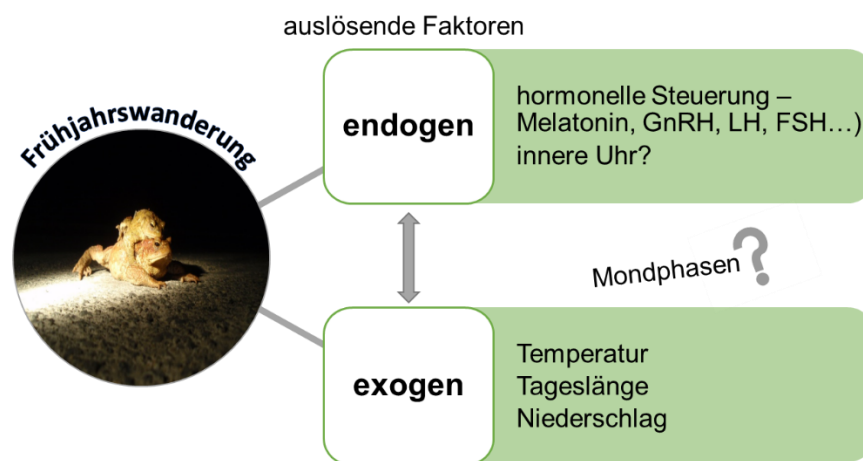
Die Bedeutung von Luftfeuchtigkeit bzw. Niederschlag ist nicht eindeutig geklärt. Temperatur, Niederschlag und Dämmerung werden als auslösende Faktoren eines generell kalendergebundenen Wanderungsbeginns bei der Erdkröte gesehen (Blab, 1986). Allerdings sehen Kordges und Weddelling (2015) zwar einen Zusammenhang mit dem Beginn der Wanderung, aber der Einfluss der Temperatur überwiege. Vielmehr könnte fehlender Niederschlag die Tiere so beeinflussen, dass sie trotz geeigneter Temperatur aber aufgrund der Trockenheit nicht wandern und dadurch ein etwaiger, klimabedingt früherer Wanderungsbeginn (siehe auch B-3.1.4) überdeckt wird (Kordges & Weddelling, 2015). Kromp-Kolb et al. (2003) spricht von regionalen Unterschieden in der Bedeutung von Niederschlag für den Wanderbeginn der Froschlurche (Kromp-Kolb & Gerersdorfer, 2003). Bei einer Langzeituntersuchung in Polen durch Tryjanowski et al. (2003) zu Veränderungen des Laichbeginns bei Erdkröte (*Bufo bufo*) und Grasfrosch (*Rana temporaria*) konnten kein Einfluss des Niederschlags, aber dafür signifikante Auswirkungen der Lufttemperatur auf den Laichbeginn festgestellt werden (Tryjanowski, et al., 2003). Auch Arnfield et al. (2012) findet keinen auslösenden Impuls von Niederschlag auf die Fortpflanzungsaktivitäten bzw. Frühjahrswanderung der Erdkröte (*Bufo bufo*). Es wird aber darauf verwiesen, dass manche Studien Niederschlag als Einflussfaktor sehen und es sowohl auf die Spezies bezogene als auch räumliche Unterschiede geben könnte. Auch wird die Temperatur als wichtigster die Laichwanderung auslösender Faktor gesehen, mit leichtem Einfluss der Mondphasen (Arnfield, et al., 2012).

Eine Untersuchung an Laichgewässern in Italien und Großbritannien zum **Einfluss von Mondphasen** auf die Fortpflanzung insbesondere von Erdkröte (*Bufo bufo*) und Grasfrosch (*Rana temporaria*) ergab, dass Ankunft, Amplexus (die klammerartige Umarmung des Weibchens durch das Männchen vor der Befruchtung) und Laichablage um den Vollmond erfolgten. Als Erklärung wird ein endogener Einfluss der Mondphasen (zirkalunarer innerer Rhythmus) genannt, oder auch eine Stimulation der Photorezeptoren des Auges (der Retina) bzw. eine Aktivierung der Zirbeldrüse. Auch könnte die Reifung bzw. Entwicklung von Oozyten (Eizellen) Mondphasen in Verbindung mit den Mondphasen stehen (Grant, et al., 2009).

Wie bereits erwähnt, geht Blab (1986) von einer **kalendergebundenen Sollzeit** der Frühjahrswanderung unter anderem bei Erdkröte (*Bufo bufo*) und Grasfrosch (*Rana temporaria*) aus. Es kommt aufgrund endogener Einflüsse zum Aufbau einer Migrationsstimmung, exogene Faktoren liefern den migrationsauslösenden Impuls (Blab, 1986). Malkmus (2012) bezeichnet die Sollzeit als die Zeitspanne, in der Froschlurche fortpflanzungsbereit sind. Diese etwa sieben Wochen stellen eine Anpassung an oftmals zu kalte Witterungsbedingungen am Anfang der Laichperiode dar. Eine „innere Uhr“ scheint laut Malkmus die phänologischen Abläufe bei Froschlurchen zu beeinflussen. Er verweist auf die Chronobiologie und den Zusammenhang zyklischer Ereignisse (Tag-/Nachtrhythmus, Mondphasen, Jahreszeiten) und physiologischer Funktionen. So seien Oozyten- und Spermienreifung im Herbst, der Paarungswille im Frühjahr und die Ausbildung sekundärer Geschlechtsmerkmale (Brunstschwielen, Paarungsausschlag, etc.) bei Froschlurchen durch diese „innere Uhr“, also endogen, bzw. hormonell gesteuert (Malkmus, 2012). Auch Kromp-Kolb et al. (2003) nimmt an, dass endogene Faktoren mehr Einfluss auf Froschlurche bzw. Amphibien haben, als vorerst angenommen (Kromp-Kolb & Gerersdorfer, 2003). Grant et al. (2009) erwähnen ebenfalls, sich auf verschiedene Publikationen berufend, dass die Migration von Amphibien stark durch endogene Faktoren beeinflusst wird (Grant, et al., 2009).

In welchem Umfang endogene Faktoren als Auslöser der Frühjahrswanderung bzw. der Reproduktion als solches beteiligt sind, ist noch nicht ganz geklärt und bedarf weiterer Untersuchungen, insbesondere hinsichtlich der Wirkung der einzelnen Hormone und ihrer Regelkreise (Vu, et al., 2016). Erdkröte (*Bufo bufo*) und der Grasfrosch (*Rana temporaria*) gelten laut Blab (1986) als insbesondere bei der Laichwanderung stärker kalendergebunden als der Springfrosch (*Rana dalmatina*). Die Witterung scheint hier eine untergeordnete Rolle zu spielen, bzw. über den Hormonaufbau – indirekt – auf die Tiere einzuwirken (Blab, 1986).

Verschiedene Hormone bzw. hormonelle Regelkreise sind, soweit erforscht, an der Reproduktion der Froschlurche beteiligt. Allem übergeordnet steht die im Zwischenhirn befindliche Zirbeldrüse, die Melatonin bildet, ein Hormon, das die Produktion von Sexualhormonen behindert und dessen Produktion wiederum durch Lichteinfluss gehemmt wird (Vu, et al., 2016). Der Hypothalamus-Hypophysen-Komplex, ebenfalls dem Zwischenhirn zugeordnet, gilt als Steuerregion der Geschlechtsorgane (Blab, 1986). Im Hypothalamus wird das Gonadotropin-Releasing-Hormon (GnRH) gebildet, das die Bildung und Freisetzung von Sexualhormonen in der Hypophyse anregt und selbst durch Rückkoppelungsmechanismen, bzw. Hormone (z.B. GnIH = GnRH-inhibitory-Hormon und Dopamin (DA)) reguliert wird. In der Hypophyse werden unter dem Einfluss von GnRH das Luteinisierende Hormon (LH) und das Follikelstimulierende Hormon (FSH) produziert. Diese zwei Hormone stimulieren direkt Ovarien und Hoden zur Follikelreifung bzw. Spermatogenese (Vu, et al., 2016). Während Malkmus (2012) diese Prozesse zeitlich in den Herbst legt (siehe oben) (Malkmus, 2012), spricht Arnfield, et al. (2012) von einer temperaturabhängigen Vitello- und Spermatogenese im Frühjahr bzw. Sommer und beruft sich hier auf eine Studie, die die Reifung der Gameten direkt am Laichgewässer in Abhängigkeit zur Temperatur einordnet (Arnfield, et al., 2012).



GnRH = Gonadotropin releasing hormone || LH = Luteinisierendes Hormon || FSH = follikelstimulierendes Hormon

Abb. B- 6: Auslösende Faktoren der Amphibienwanderung im Überblick; erstellt von Hanreich & Czachs nach Höbarth, K.& Czachs, Ch. (2010), Blab, J. (1986), Malkmus, R. (2012), Vu, M. & Trudeau, V. (2016)

B-3.1.4 Stand der Forschung – Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die phänologischen Phasen im Amphibienjahr und mögliche Konsequenzen

Laut der roten Liste der IUCN (International Union for Conservation of Nature) sind knapp ein Drittel der Amphibien weltweit vom Aussterben bedroht, 80% davon gehören zur Ordnung der Anura (Böhme, et al., 2014). Die Natura 2000 FFH-Richtlinie für

Österreich sieht beispielsweise den Erhaltungszustand des Grasfrosches (*Rana temporaria*) im kontinentalen Bereich als unzureichend, im alpinen Bereich allerdings als günstig, den des Springfrosches (*Rana dalmatina*) sowohl im kontinentalen als auch im alpinen Bereich als unzureichend (Umweltbundesamt, 2016). Im Bundesland Salzburg etwa gilt der Springfrosch als vom Aussterben bedroht (Maletzky, 2010). Grund hierfür sind, unter anderem, unzureichende Habitate bedingt durch Übernutzung und Zerschneidung und daraus resultierende Insel- bzw. isolierte Populationen (Maletzky, 2010). Auch weltweit sind Habitatverlust und Übernutzung für Amphibienpopulationen ein großes Problem. Eine internationale Einsatzgruppe beschäftigt sich nun mit der Dokumentation und Ursachenforschung des weltweiten Amphibiensterbens. In den Tropen scheinen neben Habitatverlust auch Pestizide, verstärkte UV-B Strahlung, invasive Arten und erhöhte Krankheitsanfälligkeit als mögliche Ursachen in Frage zu kommen. Allgemeine Auswirkungen des sich verändernden Klimas, wie verminderte Feuchtigkeit – insbesondere im Bodenbereich – erhöhte Evaporation und das Vorhandensein temporärer Wasserstellen verschärfen die Situation in bereits stark beschränkten Habitaten noch zusätzlich (Böhme, et al., 2014).

Corn (2005) teilt die Auswirkungen des Klimawandels bezugnehmend auf Studien von Ovaska (1997) und Donnelly & Crump (1998) in direkte Auswirkungen (Änderungen in den phänologischen Phasen oder Wanderungen) und indirekte Auswirkungen (Habitatsänderungen, Futtermangel, Konkurrenz und Fressfeinde) (Corn, 2005). Auch Ficetola et al. (2016) verweisen darauf, dass sich nicht nur die Änderungen in Temperatur und Niederschlag im Zuge des Klimawandels auf Amphibien auswirken. Auch hier werden die mit dem Klimawandel und auch mit etwaigen Landnutzungsänderungen einhergehenden Habitatsänderungen, Probleme mit der UV-Einstrahlung und Krankheiten, sowie Einflüsse invasiver Arten erwähnt (Ficetola, et al., 2016).

In Hinblick auf die Verschiebung phänologischer Erscheinungen, bzw. Aktivitätsphasen sprechen Ficetola et al. (2016) davon, dass laut rund 80% der in ihrer Arbeit untersuchten Studien ein Zusammenhang zwischen Temperatur- und Aktivitätsphasenänderungen von Amphibien besteht, in ca. 20% der Niederschlag eine Rolle spielt. Die Temperatur wirke sich mehr auf die Phänologie aus, die Niederschlagsmenge auf die Populationsdynamik. So weisen Amphibienpopulationen in trockeneren Jahren geringere Populationsgröße auf (Ficetola, et al., 2016).

Carroll et al. (2008) verweisen in ihrer Studie über die Auswirkungen der Temperatur auf die Reproduktion des Grasfrosches (*Rana temporaria*) in Großbritannien auf eine Arbeit von Beebee (1995), bei der siebzehn Jahre in Südengland Amphibien auf ihr Laichverhalten untersucht wurden. Das Ergebnis zeigt, dass fünf von sechs Arten früher zu laichen begannen, der Grasfrosch aber nicht durch die Temperatur beeinflusst erschien (Carroll, et al., 2009).

Blaustein et al. (2001) postuliert, dass Amphibien als ektotherme Tiere stark durch Klimawandel beeinflusst seien, aber ein direkter Effekt auszusprechen voreilig wäre. So konnten keine signifikanten Trends hin zu früherem Laichbeginn in Untersuchungen in Nordamerika festgestellt werden, allerdings war ein Einfluss der Temperatur vor dem Laichbeginn feststellbar (Blaustein, et al., 2001).

Zu einem ähnlichen Ergebnis kam Reading (2002) in seiner Untersuchung des Laichverhaltens der Erdkröte (*Bufo bufo*) in den Jahren 1980-2001 in Südengland. Auch hier konnte kein Trend hin zu einem früheren Laichbeginn festgestellt werden, eindeutig wurde aber eine starke Abhängigkeit des Laichbeginns von der Temperatur, die diesem 40 Tage vorausging (siehe auch Kapitel B-3.1.3, sowie Kapitel B-8.3.1) – der Beginn des biologischen Jahrs wurde hier mit 21.12. festgesetzt und das Ende dieser Phase mit Ende Jänner. In milden Jahren laichten die Tiere um bis zu 47 Tage früher ab. Die

Ankunft am Laichgewässer konnte mit 12 Tagen früher oder später/1°C Temperaturveränderung angenommen werden (Reading, 2003).

Tryjanowski et al. (2003) konnte in Polen in den Jahren 1978-2002 hingegen einen signifikanten Trend hin zu einem früheren Laichbeginn der Erdkröte (*Bufo bufo*) in Verbindung mit Temperaturveränderungen feststellen. Für den ebenfalls untersuchten Grasfrosch (*Rana temporaria*) konnte nur knapp kein Trend festgestellt werden. Die meteorologischen Daten ergaben über die Jahre deutlich geringere Niederschlagsmengen im Dezember und verzeichneten einen Temperaturanstieg von rund 5°C im Februar. Darauf reagierte die Erdkröte (*Bufo bufo*) mit einem früheren Laichbeginn von rund neun Tagen – 1,2 Tage früher/1°C Temperaturanstieg. Der Grasfrosch (*Rana temporaria*) verfrühte sich um acht Tage – etwa 1,5 Tage früher/1°C Temperaturanstieg (Tryjanowski, et al., 2003).

In Nordrhein-Westfalen wurde über einen Zeitraum von 34 Jahren (1979-2013) der Laichbeginn des Grasfrosches (*Rana temporaria*) untersucht. Auch hier konnte kein signifikanter Trend festgestellt werden, allerdings wurde der Einfluss der Temperatur in Februar und März auf den Laichbeginn deutlich. Geringer war die Bedeutung des Niederschlags, dessen Einfluss dann erkennbar wurde, wenn trotz milder Temperaturen keine Motivation zu Wanderung bestand, weil es den Tieren, aufgrund mangelnden Regens, zu trocken war. Ein Faktor, der einen früheren Laichbeginn aufgrund höherer Temperaturen, verbergen würde. Auch wurde postuliert, dass selbst ein Untersuchungszeitraum über 34 Jahre zu kurz sein könnte, um einen Trend feststellen zu können (Kordges, et al., 2015)

B-4 Auswertung und Analyse der Daten

B-4.1 Ergebnisse der ExpertInneninterviews

Wie schon in Punkt B-2.1 erwähnt, wurden 12 Interviews mit ExpertInnen/HerpetologInnen durchgeführt. Um eine österreichweite Aussagefähigkeit zu erreichen, wurde darauf geachtet, dass alle 9 Bundesländer durch zumindest eine/-n ExpertIn vertreten sind.

Die Fragen der Interviews bezogen sich in erster Linie auf Erfahrungen in Hinblick auf wahrnehmbare Veränderungen im Bereich der Amphibienphänologie (Schwerpunkt Laichwanderung) sowie auf den Umgang und die Erfahrungen mit dem Management von Amphibienschutzanlagen (Kapitel B-2.2). Schutzmaßnahmen an Straßen werden in den Interviews folgendermaßen eingeteilt:

- temporäre Schutzmaßnahmen mittels Zaun-Kübelmethode
- temporäre Schutzmaßnahmen durch Straßensperren zur Hauptwanderzeit
- permanente Schutzmaßnahmen durch Tunnelleitanlagen

Zeitpunkt der Schutzmaßnahmen

Der Start der Schutzmaßnahmen an Straßen wurde in den ExpertInneninterviews durchwegs mit Ende Februar bzw. Anfang bis Mitte März angegeben, mit möglichen witterungsbedingten Ausnahmen, bei denen die Wanderung schon Mitte Februar begann. Bis auf eine Ausnahme gab es in keinem Bundesland einen vorab fixierten Startzeitpunkt. Teilweise wurde auf die regionalen Witterungsbedingungen geachtet (z.B. die ersten frostfreien Nächte), um den Zeitpunkt zum Aufstellen der Zäune zu bestimmen, in einem Fall wird jährlich ein Wunschzeitpunkt mit der Straßenmeisterei fixiert. Auch erste Sichtungen von Tieren oder das Auffinden von bereits überfahrenen Individuen wurde als Startsignal angegeben.

Organisation von Schutzmaßnahmen

Die Organisation des Amphibienschutzes an Straßen gestaltet sich in Österreich sehr unterschiedlich. Teilweise erfolgt die Koordination von Aufbau und Betreuung der temporären Anlagen (Zaun-Kübel-Methode) durch zentrale Stellen (Vereine, Arbeitsgemeinschaften, Projekte, etc.), welche die Abstimmung mit der Straßenmeisterei und die zeitliche Einteilung der freiwilligen HelferInnen übernehmen. Die Wartung der permanenten Anlagen (Tunnelleitanlagen) liegt – da diese Bestandteil der Straße sind – im Zuständigkeitsbereich der Gemeinden bzw. Länder. Diese Tunnelleitanlagen werden aber ebenso durch besagte zentrale Koordinationsstellen kontrolliert und etwaige Mängel an die zuständigen Stellen weitergeleitet. In manchen Bundesländern wird die Betreuung der temporären Strecken durch eine oder mehrere Person/-en koordiniert, die diese Wanderstrecken auch aktiv mitbetreuen. Ebenso gibt es Bundesländer ohne eine zentrale Steuerung oder Koordination. Die Strecken in diesen Ländern werden ausschließlich durch „EinzelkämpferInnen“ betreut.

Das Aufstellen der temporären Schutzzäune erfolgt durch die Straßenmeistereien und/oder die Gemeinden, nur in Ausnahmefällen durch ehrenamtliche HelferInnen. Die Betreuung der Wanderstrecken wiederum wird beinahe ausschließlich durch freiwillige Personen durchgeführt.

Probleme im Zusammenhang mit der Organisation von Schutzmaßnahmen

Da die Betreuung der temporären Schutzzäune fast ausschließlich durch Freiwillige erfolgt, ergibt sich österreichweit durchgehend das gleiche Problem: alle ExpertInnen sprachen von fehlenden personellen Ressourcen. Viele der freiwilligen HelferInnen sind seit Jahrzehnten aktiv im Amphibienschutz tätig, geeignete NachfolgerInnen zu finden

gestaltet sich oftmals schwierig, insbesondere in ländlichen Regionen. Mehr Öffentlichkeits- und Aufklärungsarbeit wäre für alle ExpertInnen wünschenswert, um neue BetreuerInnen anzuwerben - diesen muss allerdings auch bewusstgemacht werden, wie zeitaufwändig und herausfordernd Amphibienschutz ist. Solche Vorhaben sind allerdings finanziell schwer realisierbar. Auch die Finanzierung der Zäune ist nicht immer gesichert. Weiters wurden Mängel beim Zaunmaterial sowie der Zaunaufstellung festgestellt. Hierbei wurde die Kooperationsmöglichkeit mit den Straßenmeistereien angesprochen. Diese funktionieren mittlerweile meistens sehr gut, Nachkontrollen sind aber immer erforderlich, insbesondere bei öfter wechselnden AnsprechpartnerInnen. Gerade die Qualität des Zaubaufbaues und damit die Effizienz dieser Schutzmaßnahme hängen oftmals vom Engagement der Straßenmeistereien ab, ebenso wie die Instandhaltung permanenter Anlagen (durch Mähen, Laubentfernung, etc.). Auch hier können im Falle festgestellter Mängel nur Änderungswünsche geäußert und auf Umsetzung gehofft werden, eine direkte Handhabe gibt es in den meisten Fällen nicht. Weitere Probleme, die sich im Bereich der Tunnelleitanlagen ergeben, sind fehlende Effizienzkontrollen. Diese sind oftmals nicht budgetiert. Die Anlagen werden fertig gestellt, ohne nachfolgende Kontrolle auf Funktionalität. Eine sehr selten eingesetzte, wenngleich sehr effektive temporäre Schutzmaßnahme, stellen nächtliche Straßensperren dar. Diese sind aber aufgrund von mangelnder Akzeptanz von Seiten der AutofahrerInnen kaum durchzuführen.

Frequenz der Betreuung

Sobald die temporären Schutzzäune aufgestellt sind erfolgt die Betreuung österreichweit zumindest einmal täglich, in den meisten Fällen frühmorgens. In 2 Bundesländern erfolgte die Entleerung der Kübel während der gesamten Wandersaison 2mal täglich. In den anderen Bundesländern werden die Kübel nur zu den Spitzenzeiten, den sogenannten Wanderpeaks, zwei- bis mehrmals täglich kontrolliert. Hier sind gerade die Dämmerungsstunden sehr wichtig, da die meisten Tiere zu dieser Zeit wandern und die Kübel ohne regelmäßige Kontrolle oftmals übertoll wären. Als Ziel wurde auch genannt, zumindest die Hälfte aller wandernden Individuen einer Saison bereits in der Nacht über die Straße zu bringen, um Stress und damit einhergehende Schwächung der Tiere möglichst gering zu halten.

Schutzausmaß – Anwanderung, Abwanderung, Jungtierwanderung

In den meisten Fällen wird österreichweit nur die Anwanderung der Tiere zum Laichgewässer geschützt, und ein gewisser Anteil der Rückwanderung in die Landlebensräume. Als Grund dafür wird genannt, dass die Anwanderung immer in Massen erfolgt, da der Wandertrieb nach der Winterruhe besonders stark ausgeprägt ist. Die Rückwanderung verteilt sich zeitlich weitaus stärker, ein durchgehender Schutz ist daher einerseits sehr aufwändig und aufgrund der ohnedies schwierigen personellen Situation nicht effizient, andererseits auch durch die steigenden Temperaturen und die damit verbundene Austrocknungsgefahr der Tiere in den Kübeln nicht mehr durchführbar. Diese Gründe betreffen auch die Jungtierwanderung, die in Österreich in keinem Fall durch die Zaun-Kübel-Methode geschützt wird. Die Jungtiere wandern zeitlich aufgeteilt und meistens sternförmig von den Gewässern ab und können ausschließlich durch permanente Tunnelleitanlagen geschützt werden. Regional können auch Herbstanwanderungen zu den Gewässern beobachtet werden. Dies ist insbesondere bei Grasfröschen im alpinen Raum der Fall. Die Tiere wandern zu den Gewässern, um aquatisch zu überwintern. Diese Wanderbewegung, die ebenfalls rund ein Monat dauern kann, kann im Moment – auf Grund personeller Ressourcen - auch nicht geschützt werden.

Monitoring und damit verbundene etwaige Probleme

Auch das Monitoring von Art, Anzahl, Geschlecht, etc. der Amphibien gestaltet sich in Österreich divers. Teilweise werden Daten, die durch freiwillige HelferInnen erhoben werden, an die Koordinationsstellen übermittelt und von diesen in Datenbanken eingepflegt, ausgewertet und in Jahresberichten zusammengefasst. Auch werden teilweise nur vereinzelt Wanderstrecken ausgewertet – teils auf Wunsch des Landes – um etwa Strecken, die etwaige hohe Amphibienzahlen aufweisen und deren Betreuung aufgrund personeller Ressourcen nicht (mehr) garantiert ist, durch den Bau permanenter Schutzanlagen zu sichern.

Die Datenqualität gestaltet sich sehr unterschiedlich, da sie stark von der Bereitschaft der BetreuerInnen vor Ort abhängig ist. Teilweise ist den BetreuerInnen der Schutz der Tiere am wichtigsten, eine Aufnahme von Art und Geschlecht, etc. eventuell zu aufwändig. Manchmal fehlen auch die Qualifikationen zur Unterscheidung von Arten, trotz Einschulung und Zählbögen mit Artenbeschreibung. Diese Schwankungen in der Datenqualität führen zu Problemen hinsichtlich der wissenschaftlichen Aussagefähigkeit. Experte Nr. 11 sagt hierzu:

„Amphibienpopulationen schwanken natürlicherweise stark, deswegen bräuchte man lange Zeitreihen [...] Aus naturschutzrelevanter Sicht wäre es wichtig genauere Zahlen zu haben, auch um permanente Anlagen zu rechtfertigen.“

Tunnelleitanlagen gelten als die einzige Möglichkeit, sämtliche Wanderbewegungen der Tiere zu schützen und fragmentierte Habitate zu verbinden. Mit dem Bau solcher Anlagen verliert man jedoch auch die Möglichkeit eines direkten Monitorings – denkbar wäre eine Überwachung mittels Kamera, allerdings stelle sich dann die Frage, wer diese Daten auswerten könnte.

Datenmanagement

Auch im Datenmanagement, bzw. der Speicherung und Weiterverarbeitung der erhobenen Amphibiendaten sind österreichweit starke Unterschiede festzustellen. Der Bogen spannt sich von Speicherung und Archivierung in Datenbanken (regional bzw. bundeslandweit) bis hin zur Sicherung im Rahmen von regionalen Untersuchungen bzw. zu keiner Sicherung oder Archivierung.

Auslösende Faktoren der Wanderung

Generell wurde diese Frage im Rahmen der Interviews als sehr herausfordernd gesehen – beinahe alle ExpertInnen gaben als stärksten exogenen Anreiz zum Start der Wanderung die Temperatur an, nicht ohne hinzuzufügen, dass auch der Niederschlag im Kontext gesehen wird und die endogene Bereitschaft vorhanden sein muss. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Temperatur alleine, oder in Kombination mit dem Niederschlag, als wichtigster Auslöser gesehen wird. Temperaturen im deutlichen Plusbereich und Niederschlag sind starke Signalgeber für den Wanderbeginn, bzw. den Wanderpeak. Sollte der Niederschlag fehlen, kann es sein, dass die Tiere trotz geeigneter Temperatur nicht wandern (siehe auch Punkt B-3.1.3). Ebenso besteht die Möglichkeit, dass die Amphibien zu wandern beginnen, auch wenn über einen längeren Zeitraum kein Niederschlag zu verzeichnen ist, die Temperatur aber zum Wandern geeignet wäre. Hier dürften die endogenen Einflüsse überwiegen. In einem Fall wurden Niederschlag und Niederschlagsverteilung als ausschließliche ausschlaggebende Wanderursache genannt.

Ebenso wurde darauf verwiesen, dass auch eine gewisse Artenabhängigkeit bestehen dürfte. Springfrösche beginnen zeitlich sehr gestreut und sehr früh zu laichen, gelten als wärmeliebend und sind weniger feuchtigkeitsabhängig. Der Grasfrosch ist robuster als die Erdkröte bezüglich Feuchtigkeit, denn diese Erdkröte wiederum benötigt warme Regennächte zur Wanderung.

Klimabedingte phänologische Veränderungen

Als häufigste Veränderung wurde angeführt, dass die Möglichkeit der Vorhersage des Wanderbeginns schwieriger wird. Die Hauptwanderung fand früher Mitte März statt, im Moment bestehen teilweise massive Schwankungen des Wanderbeginns, mit einer Tendenz zu einem späteren Beginn. Als Ursache werden die geringeren Niederschläge im Frühjahr bzw. generell die Trockenheit genannt. Ebenso scheinen die Aktivitätszeiten im Herbst ausgeweitet zu sein, zum Teil sind Tiere bis Ende November aktiv.

Auch die Wanderung der einzelnen Arten erfolgt komprimierter, es besteht keine klassische Abfolge mehr von Früh- und Spätläichern.

Allerdings teilen nicht alle ExpertInnen diese Meinung und sehen keine Änderungen im Beginn der Wanderung in der ersten Märzwoche und einer von Dauer 4-6 Wochen. Auch könnten starke Schwankungen von bis zu einem Monat festgestellt werden, die aber als normal einzuordnen wären, da auch die Frage besteht, von welchem Punkt aus die Wanderung startet und wie lange die Tiere schon unterwegs sind, bevor sie am Zaun ankommen und dort erfasst werden.

Klimabedingte Arealverschiebungen

Ein Großteil der ExpertInnen verwies auf eine permanente Arealschrumpfung, die nicht klimatisch bedingt sei, sondern vor allem aufgrund von Lebensraumverlusten. Auch wurde die Möglichkeit von Arealerweiterungen/-verschiebungen in höhere Lagen erwähnt. Es könnte Klimagewinner und Klimaverlierer unter den Amphibien geben. So könnte die Wechselkröte von einer Erwärmung profitieren, für Braunfrösche könnte es auf Dauer zu trocken sein, die Erdkröte hingegen sei allgemein anpassungsfähiger. Die Nutzung der Gewässer (Fischbesatz, etc.), der Grad der Habitatzerschneidung und die vorhandenen Habitatstrukturen werden als weitere entscheidende Faktoren bzw. Limitierungen für Arealverschiebungen gesehen. Auch wird erwähnt, dass sich die Populationen größtmäßig bereits am Limit befinden und die Gefahr einer genetischen Verarmung besteht.

Weitere Herausforderungen und Probleme im Amphibienschutz

Neben Landschaftspflege-/managementproblemen, wie dem Zuwachsen bzw. Verlanden von Gewässern, stellen fehlende Lebensraumvernetzung und Anbindung der Landlebensräume und Laichgewässer große Herausforderungen dar. Drei Problembereiche werden zusammenfassend erwähnt: Gewässermanagement (Verlandung, Beschattung), Forstwirtschaft und Landwirtschaft. Es fehle zudem eine gesamtheitliche Betrachtung der Lebensraumsituation. Ideal wäre die Erfassung der Defizite für jede einzelne Art und Beurteilung der nötigen Arealgröße und Gewässerdimension. Die durch die Verarmung von Landschaftsstrukturen bedingte Trockenheit habe oft gravierendere Auswirkungen als klimawandelinduzierte Trockenheit.

Auch Krankheiten gefährden Amphibien. Neben bakteriellen Infektionen und Ranaviren stellt der Chytridpilz eine Bedrohung dar. Besondere Vorsicht und Hygienemaßnahmen sollten daher bei der Zaun-Kübel-Methode beachtet werden, da hier teilweise große Übertragungsgefahr besonders bakterieller und viraler Infektionen bestehe.

Die von Neozoen (z.B. nicht heimischen Schildkrötenarten) ausgehende Gefahr für Amphibien wurde ebenfalls erwähnt.

Ein Experte fasste die Gesamtproblematik in folgendem Satz zusammen:

„Der durchschnittliche Frosch sagt: jetzt ist mir auch schon wurscht, wenn es etwas wärmer wird, ich hab eh schon so ein schweres Leben.“

Möglicher Einsatz von Pflanzenindikatoren zur Eingrenzung des Wanderzeitpunkts

In diesem Punkt divergierte die Meinung der ExpertInnen zwischen

- nicht sinnvoll, bzw. zu aufwändig, Wetterdaten werden als sinnvollerer Indikator gesehen,
- skeptisch, aber im Gespräch mit KollegInnen z.B. die Huflattichblüte als möglichen Indikator ermittelt
- sinnvoll – mit Abstand von z.B. ca. 1 Woche vor Wanderbeginn, um Zeit für Zaunaufbau zu haben.

B-4.2 Ergebnisse der Onlinebefragung

Neben der Einschätzung und Expertise der ExpertInnen lag ein weiterer Fokus dieser Arbeit auf der praktischen Handhabung vor Ort, direkt an den Amphibienwanderstrecken. Im Zuge dessen wurde ein Link zu einem Onlinefragebogen an ZaunbetreuerInnen ausgeschildert (siehe B-2.1) und in Folge statistisch ausgewertet. Die Ergebnisse der Onlinebefragung decken sich in ihren Kernaussagen im Wesentlichen mit jenen der ExpertInneninterviews und bestätigen die hohe Praxisrelevanz beider Methoden.

Zunächst werden die soziodemographischen Daten der befragten Personen näher beschrieben. Danach soll ein kurzer Überblick zu den wichtigsten auch in den ExpertInneninterviews behandelten Themenbereichen gegeben werden. Die vollständige statistische Auswertung der Onlinebefragung ist im Anhang zu finden.

B-4.2.1 Geschlechterverteilung, Altersstruktur und aktuelle Tätigkeiten im Bereich der Wanderstreckenbetreuung

Das Geschlechterverhältnis der Befragten war mit 54% Männern zu 46 % Frauen relativ ausgeglichen. Der überwiegende Anteil der Befragten war unter 65 Jahre alt; das Durchschnittsalter der Befragten lag bei 50,8 Jahren. Mehr als ein Drittel der Befragten (70%) war berufstätig, 14% waren zu Zeitpunkt der Befragung bereits in Pension, weitere 8% gaben an zu studieren bzw. zur Schule zu gehen, die restlichen 9% gingen keiner beruflichen Tätigkeit nach. Der Ausbildungsstand der Befragten war mit 49% HochschulabsolventInnen, 16% MaturantInnen, 24% AbsolventInnen von Lehre, Mittlererem Reife oder Pflichtschule und 11% sonstiger Abschlüsse (z.B. Fachschule, Pädagogische Akademie) hoch (siehe Kapitel B-8.2.2 im Anhang).

Bei der Anzahl der pro Person betreuten Strecken überwiegt mit 70% die Betreuung von einer einzigen Strecke, 16% gaben an zwei Strecken aktiv zu betreuen, als Maximum wurden von 14% der Befragten drei Strecken angegeben.

Als Hauptmotivation für die aktive Beteiligung am Schutz von Amphibien wurde Artenschutz bzw. Verminderung von Tierleid (31 Personen), gefolgt von Interesse an/Liebe zu Amphibien (27 Nennungen) und Freude an der Tätigkeit (23 Nennungen); 11 Personen gaben auch an sich aktiv zu beteiligen, weil die Aufgabe sonst von niemandem übernommen wird.

B-4.2.2 Zeitpunkt der Betreuungs- und Schutzmaßnahmen

Zur Frage, wann die Zäune aufgebaut werden (Abb. B-7), antworteten 57% der Befragten, dass dies in Abhängigkeit von der Witterung erfolge, lediglich 5% sahen den Start der Amphibienschutzmaßnahmen zu jeweils dem gleichen Zeitpunkt im Jahr. Beinahe ein Viertel der Befragten meinte, dass erste Sichtungen von Froschlurchen den

Startschuss zum Aufbau der Anlagen geben. Als sonstige Angaben (11%) wurde „Aufstellung eines Zaunes nicht möglich“; „fixer Holzzaun“; „keine Zäune, zu viele Straßeneinfahrten“ bzw. das Aufstellen erfolge meist Anfang/Mitte März „wegen dem gefrorenen Boden, sobald man die Kübellöcher graben kann“, genannt.

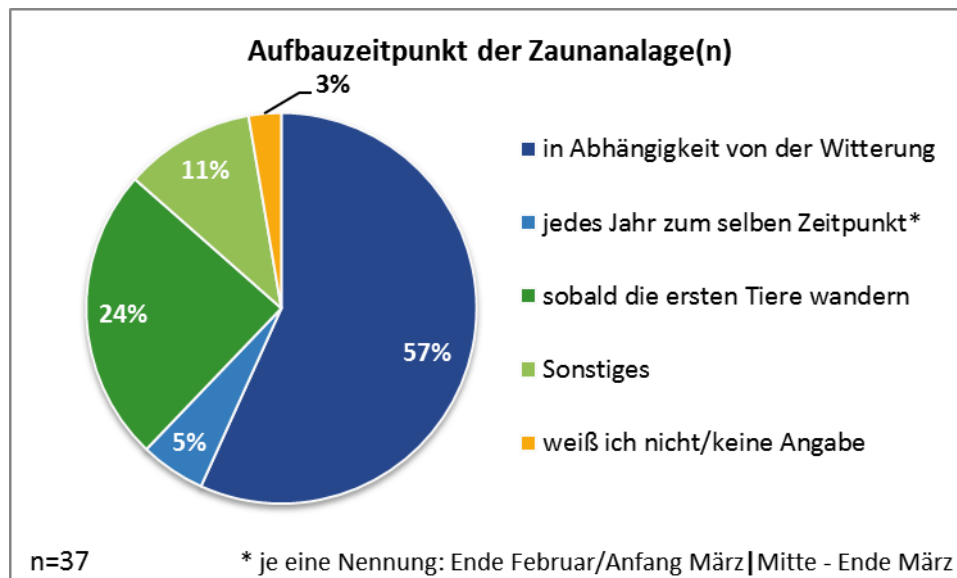


Abb. B-7: Aufbauzeitpunkt der Zaunanlage(n)

Auch die Dauer der Betreuung ist ein essentieller Punkt im Amphibienschutz und wurde in den ExpertInneninterviews ausführlich behandelt. In den Onlinebefragungen gab ein Großteil der TeilnehmerInnen an (78%), dass die Betreuungsmaßnahmen bis zum Zeitpunkt mehrerer aufeinanderfolgender Tage ohne Amphibienfunde stattfinden (Abb. B-8). Hierzu merkten fünf Personen an, dass die Betreuung meist dann eingestellt wird, wenn die Anwanderung der Tiere beendet ist und die Rückwanderung einsetzt. Drei der Befragten nannten Mitte/Ende April, und je eine Person gab an, dass die Betreuungsmaßnahmen in der Regel bis Anfang Mai bzw. zum Beginn des Sommers andauern. Zudem gab je eine Person an, dass die Betreuung nach 5 Tagen ohne Funde endet. 8% der Befragten meinten, dass die Betreuung der Anlagen jährlich in etwa bis zum gleichen Zeitpunkt durchgeführt würde.

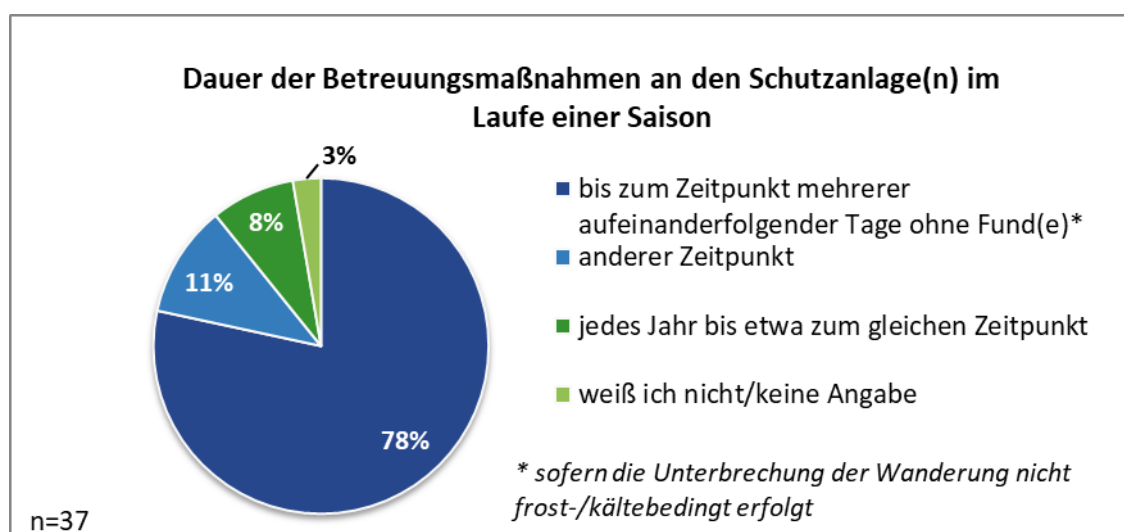


Abb. B-8: Dauer der Betreuungsmaßnahmen an den Schutzanlagen im Laufe einer Saison

Fragen zur Erfassung der Daten (Abb. B- 9) und zum Datenmanagement (Abb. B- 10) ergaben folgende Ergebnisse:

34 der 37 ZaunbetreuerInnen zählen die gesammelten Amphibien. Von 25 Personen, welche die Amphibien auch bestimmen, erhielten 19 eine Einschulung durch BetreuerInnen/ bzw. ExpertInnen und 18 Personen verwendeten dazu standardisierte Aufnahmebögen.

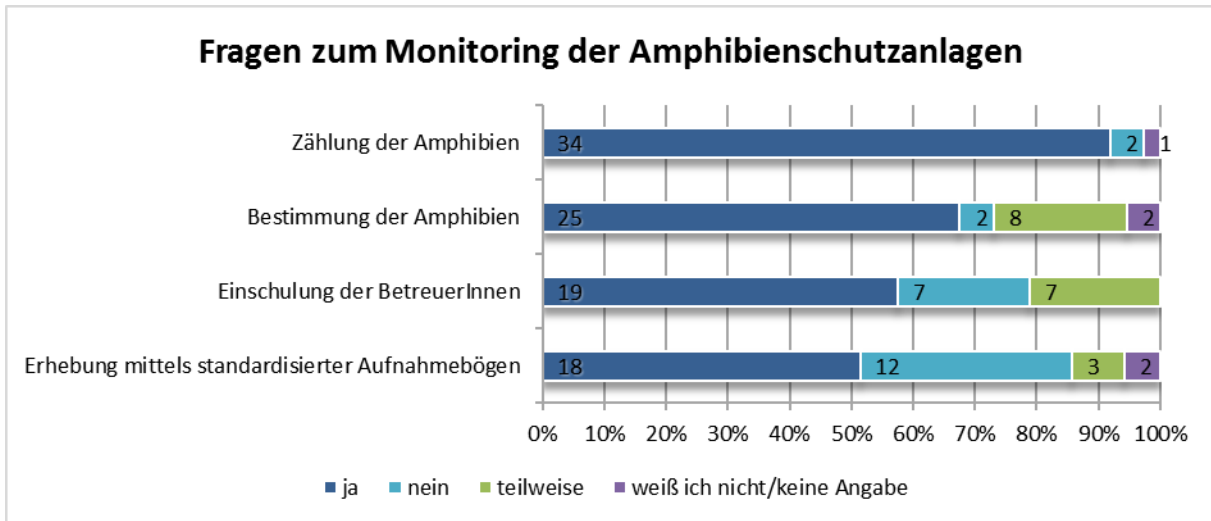


Abb. B- 9: Fragen zum Monitoring der Amphibienschutzanlagen

Beinahe die Hälfte (47%) gab an, dass die gesammelten Daten zur Archivierung und Auswertung an Naturschutzorganisationen wie die ARGE Naturschutz, den Naturschutzbund, etc. weitergeleitet werden. Die restlichen Personen gaben an, die erhobenen Daten zu annähernd gleichen Teilen an Herpetologische Abteilungen in Museen (22%), Behörden (16%) bzw. Auftraggeber, BiologInnen, die OrganisatorInnen der Zaunbetreuung, etc. (15%) zu übermitteln.

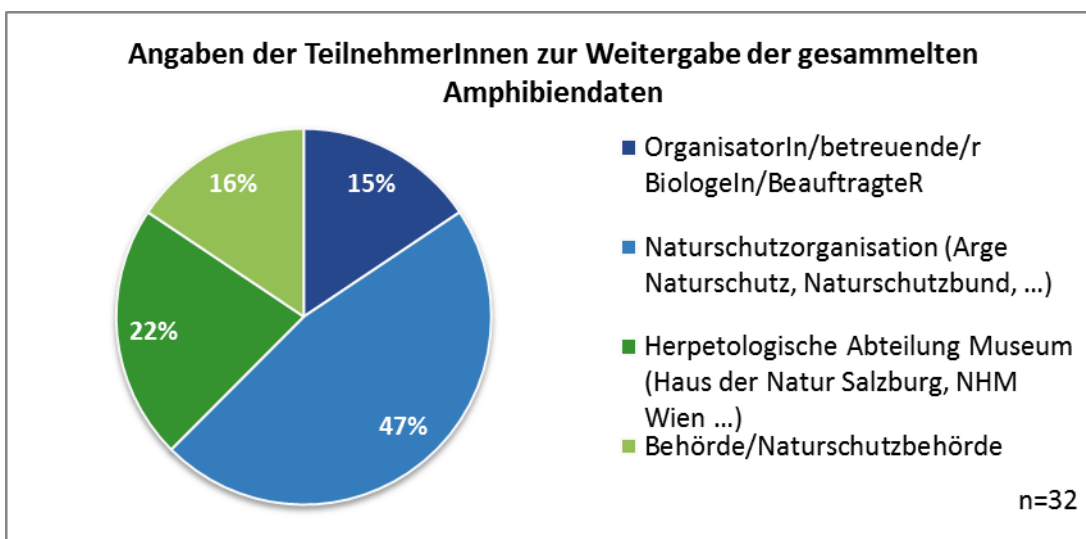


Abb. B- 10: Angaben zur Weitergabe der gesammelten Amphibiendaten

Um die Entwicklung bzw. den Ist-Status der Amphibienpopulationen in Österreich einschätzen zu können wurden die ZaunbetreuerInnen gefragt, wie sie die Entwicklung

am jeweils betreuten Standort einschätzen (Abb. B- 11). Bei insgesamt 53 betreuten Wanderstrecken meinten 38% der Befragten, dass die betreuten Populationen in der Anzahl schwankend sind, 32% sprachen explizit von einer Abnahme der Populationsgrößen und 17% schätzten eine etwa gleichbleibende Anzahl an Tieren. Lediglich 6% sprachen von zunehmenden Populationsgrößen. Als Gründe für abnehmende Populationen (Abb. B- 12) wurden hauptsächlich Lebensraumverlust bzw. -veränderung angegeben (5 der Befragten). Fehlende Schutzmaßnahmen und Verkehr wurden zu gleichen Teilen als Ursache gesehen (jeweils 3 Nennungen). Lediglich 2 Personen gaben den Klimaveränderungen Schuld am Rückgang von Amphibienpopulationen.

Anders sieht dies in Bezug auf Schwankungen der Populationsgröße aus (Abb. B- 13). Sieben der befragten Personen, die ein Schwanken der Populationen wahrnahmen, sahen hier Änderungen im Klima als mögliche Ursache an, gefolgt von Verlusten im Verkehrsgeschehen (4 Personen) und eventuellen sekundären Folgen des Klimawandels (Wasserverfügbarkeit, Trockenheit) mit 3 Nennungen.

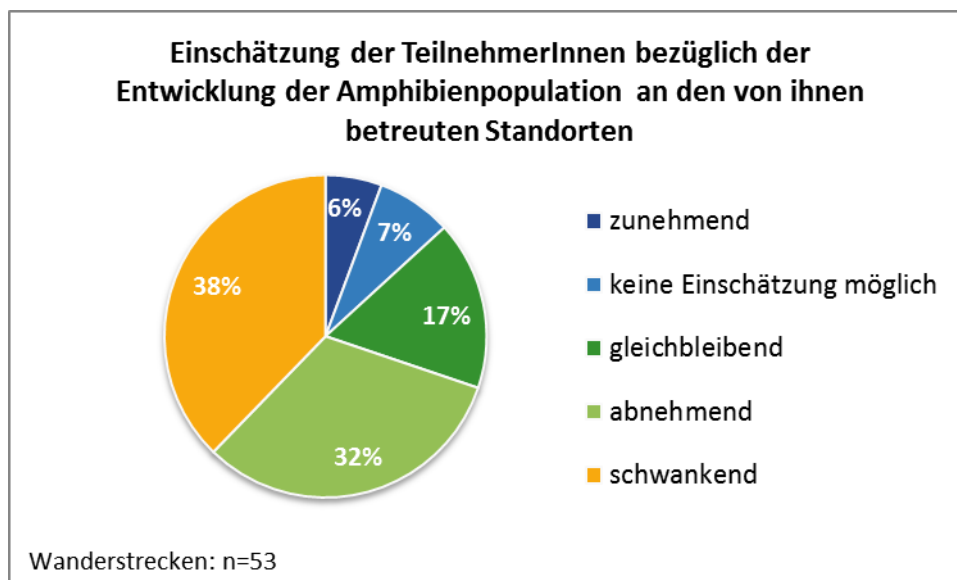


Abb. B- 11: Einschätzung der Entwicklung der Amphibienpopulationen an den betreuten Standorten

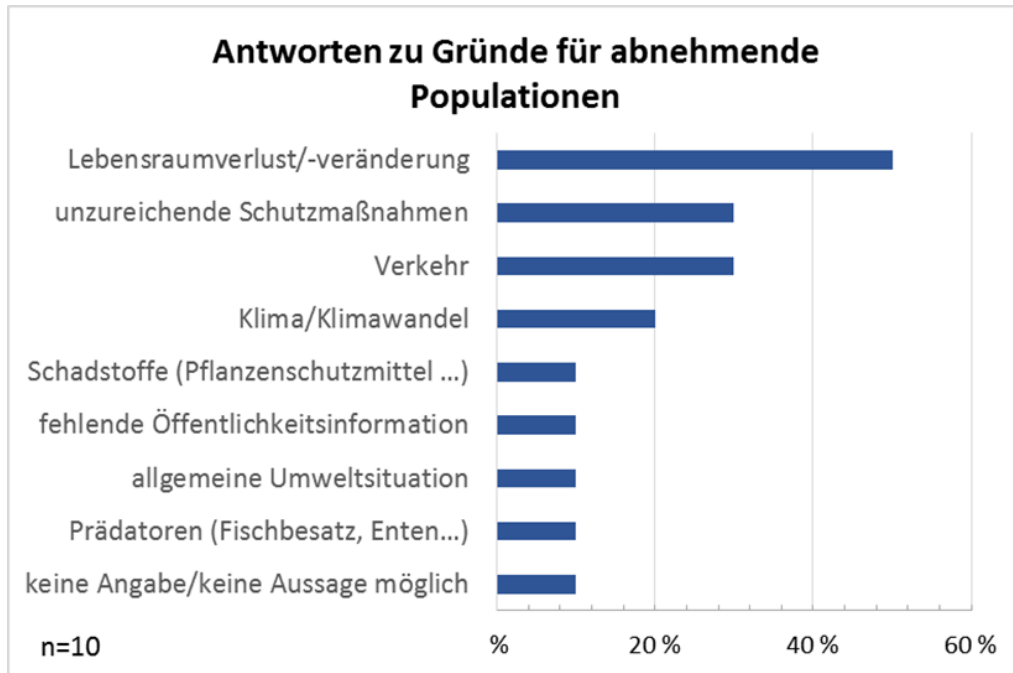


Abb. B- 12: Gründe für abnehmende Populationen

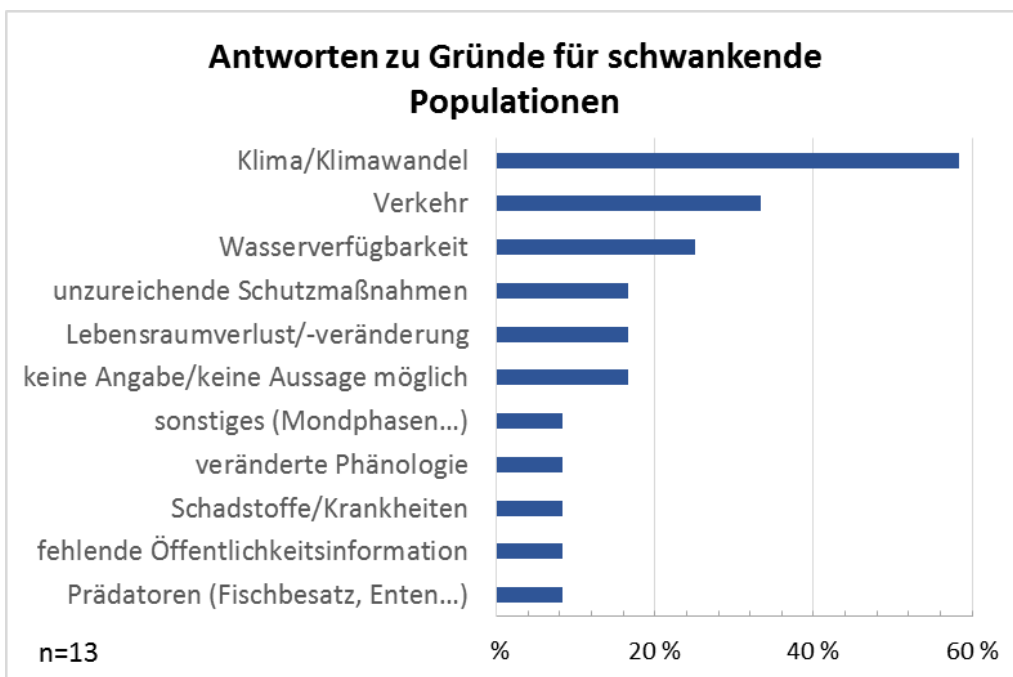


Abb. B- 13: Gründe für schwankende Populationen

Wie bereits erwähnt erkennen 6% der ZaunbetreuerInnen (3 Personen) eine Zunahme der Populationen. Über 60% von ihnen führen dies auf die verbesserten Schutzmaßnahmen zurück, über 30% sehen die Ursache in Lebensraumverbesserungen durch z.B. die Anlage von Laichgewässern (siehe Abb. B-14).

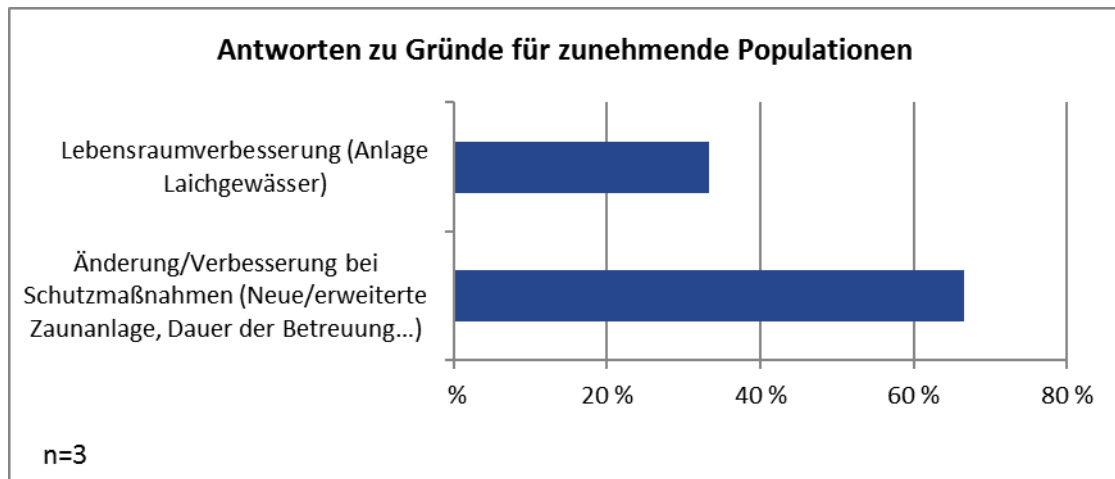


Abb. B- 14: Gründe für zunehmende Populationen

Auch die BetreuerInnen an den Schutzzäunen haben teilweise Veränderungen der phänologischen Phasen der Froschlurche festgestellt (siehe Abb. B- 15), wobei allerdings etwas über ein Viertel (27%) keine Veränderungen wahrnahmen bzw. keine Angabe machten. 19% der BetreuerInnen meinten, dass die Wanderung immer unberechenbarer zu sein scheint. Mehr Personen sprechen von einer früher eintretenden Wanderung (16%), einen verzögertem bzw. späteren Beginn stellten den lediglich 3% fest.

Die Abhängigkeit von der Witterung, der Start der Wanderung immer zur gleichen Zeit im Jahr, die etwaige zu kurze Zeitspanne des Monitorings, etc. wurden unter Sonstiges zusammengefasst (8%).

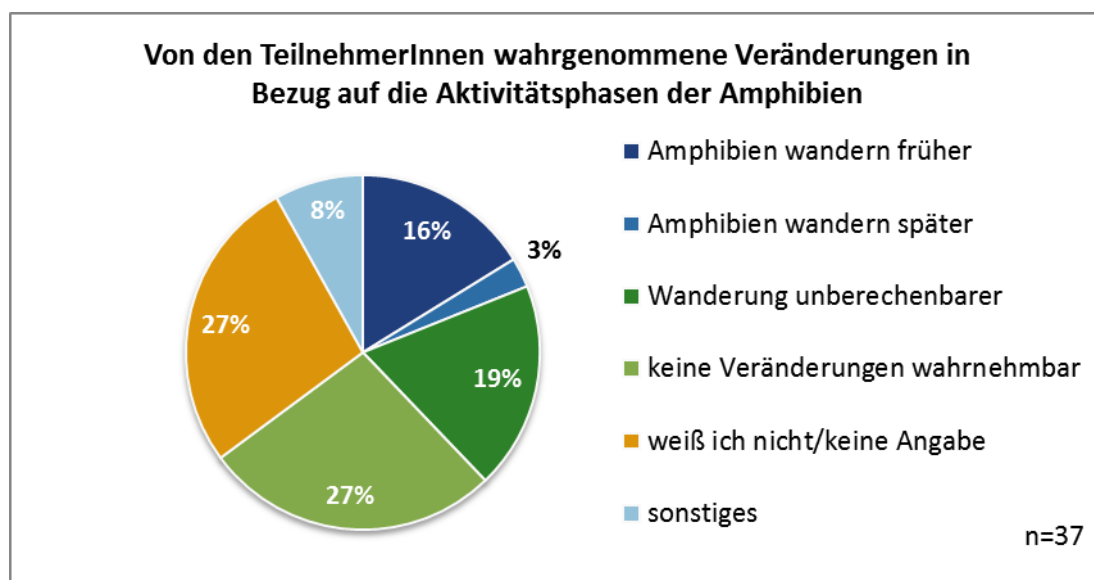


Abb. B- 15: Wahrgenommene Veränderung in Bezug auf Aktivitätsphasen der Amphibien

Wie auch schon die ExpertInnen wurden die ZaunbetreuerInnen gefragt, ob ein Indikatorsystems mittels Pflanzen als Möglichkeit einer Eingrenzung bzw. Vorhersage von Wanderzeitpunkten hilfreich wäre (siehe Abb. B- 16) und wenn ja, wie welche Voraussetzungen dafür erfüllt sein müssten (siehe Abb. B- 17).

11 Personen würden ein solches System begrüßen, 26 Personen allerdings als nicht hilfreich erachten. 9 HelferInnen warten den Startschuss der KoordinatorInnen ab, wohingegen 28 Personen auch unabhängig davon agieren. Ebenso viele sehen keine Erleichterung in der Koordination der Maßnahmen durch ein neues Indikatorsystem mittels Pflanzen.

Welche Voraussetzungen müsste ein solches Indikatorsystem in der Praxis erfüllen (siehe Abb. B- 17). Die Pflanzen müssen nicht unbedingt leicht erkennbar sein (30 Personen) und es müsse vorab auch keine Einschulung erfolgen (31 BetreuerInnen). Sie müssten sich auch nicht an einem öffentlich zugänglichen Ort befinden (36 Personen). Wichtig hingegen wäre für 12 ZaunbetreuerInnen, dass die phänologische Phase der Pflanze zeitlich vor der Amphibienwanderung sein müsste. Unter Sonstiges konnten folgende Anmerkungen zusammengefasst werden: der Beginn des Wanderzeitpunkts scheint ohnedies klar; unter 6 °C keine Wanderung; früher war die Kirschblüte ein Zeichen für das Ende der Wanderung, dies scheint aber nun nicht mehr zuzutreffen; Änderungen im System wären aufgrund der notwendigen Koordination mit der Straßenmeisterei organisatorisch nicht vertretbar, etc.

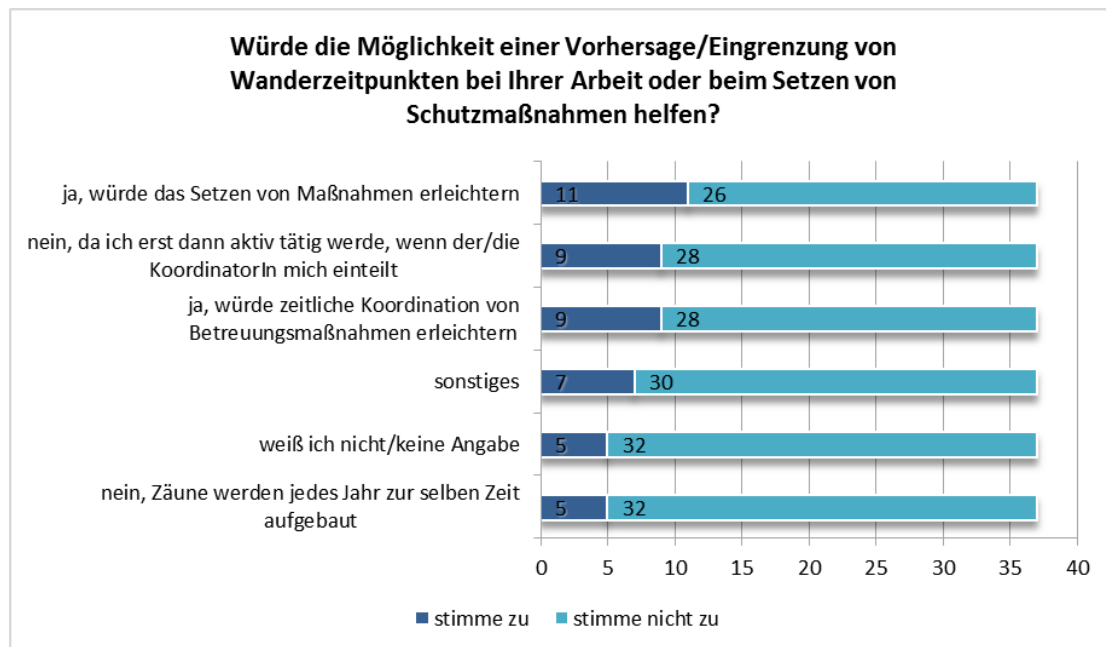


Abb. B- 16: Meinung zur Möglichkeit der Vorhersagbarkeit & Eingrenzung der Wanderzeitpunkte

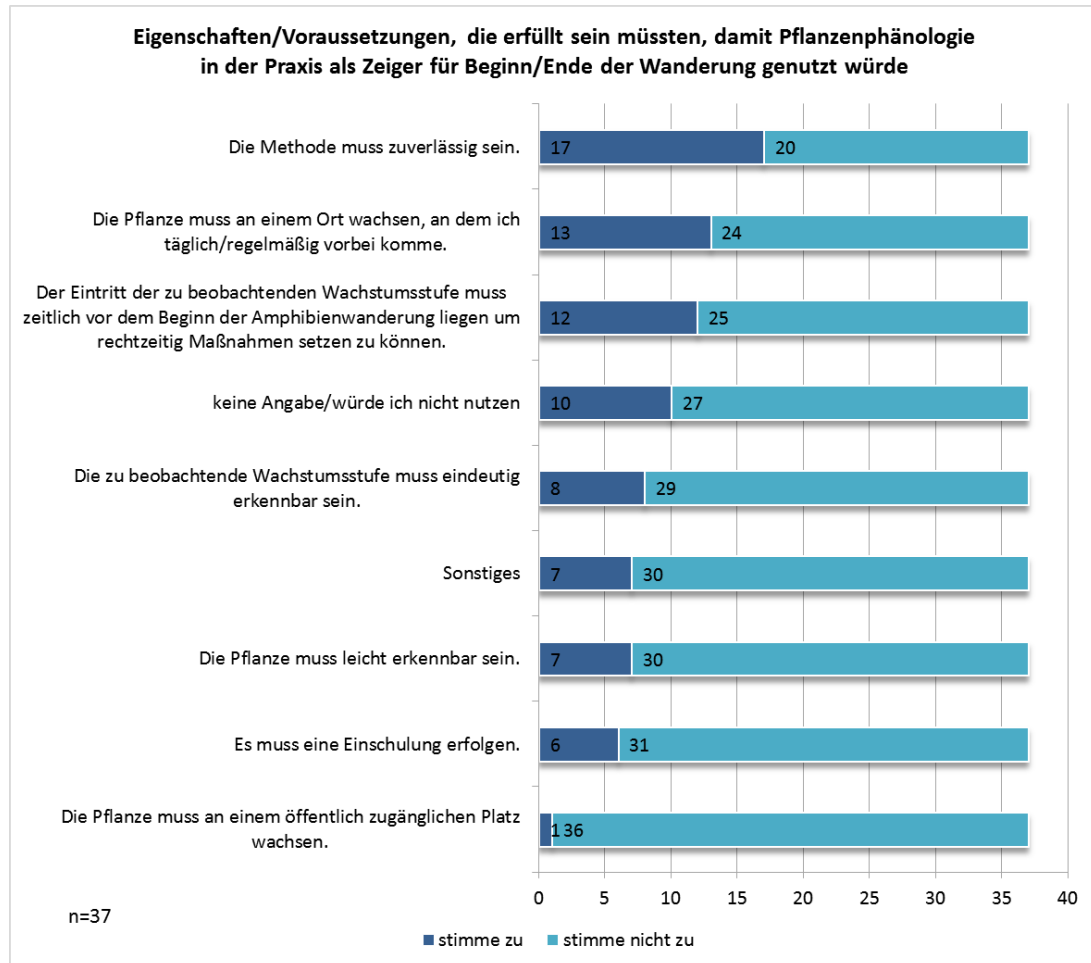


Abb. B- 17: Eigenschaften/Voraussetzungen, die ein Indikatorsystem erfüllen müsste

B-4.3 Analyse der pflanzen- und amphibienphänologischen Daten sowie Klimadaten

B-4.3.1 Entwicklung von Beginn, Ende und Dauer der Wanderung an den Wanderstrecken

Die Analyse der Zeitpunkte des Wanderbeginns für die verfügbaren Jahre und Wanderstrecken (Abb. B- 18) zeigt, dass der Beginn der Wanderung von Jahr zu Jahr zu Teil stark schwankt. Es lassen sich keine signifikanten Trends zu früherem Einsetzen der Wanderung erkennen, was die Eingangsthese des früheren Wanderbeginns auf Grund steigender Temperaturen widerlegt (vgl. B-1.2). Dies deckt sich mit den Aussagen aus der Literatur, wonach keine signifikanten Trends zu früherem Laichbeginn feststellbar sind, wenngleich dennoch eine starke Abhängigkeit von der Temperatur vor der Laichwanderung besteht (u.a. Reading, 2003; Blaustein et al., 2002; Kordges & Weddelling, 2015) sowie der ExpertInnen, die die Temperatur als wesentlichen auslösenden Parameter der Wanderung definieren.

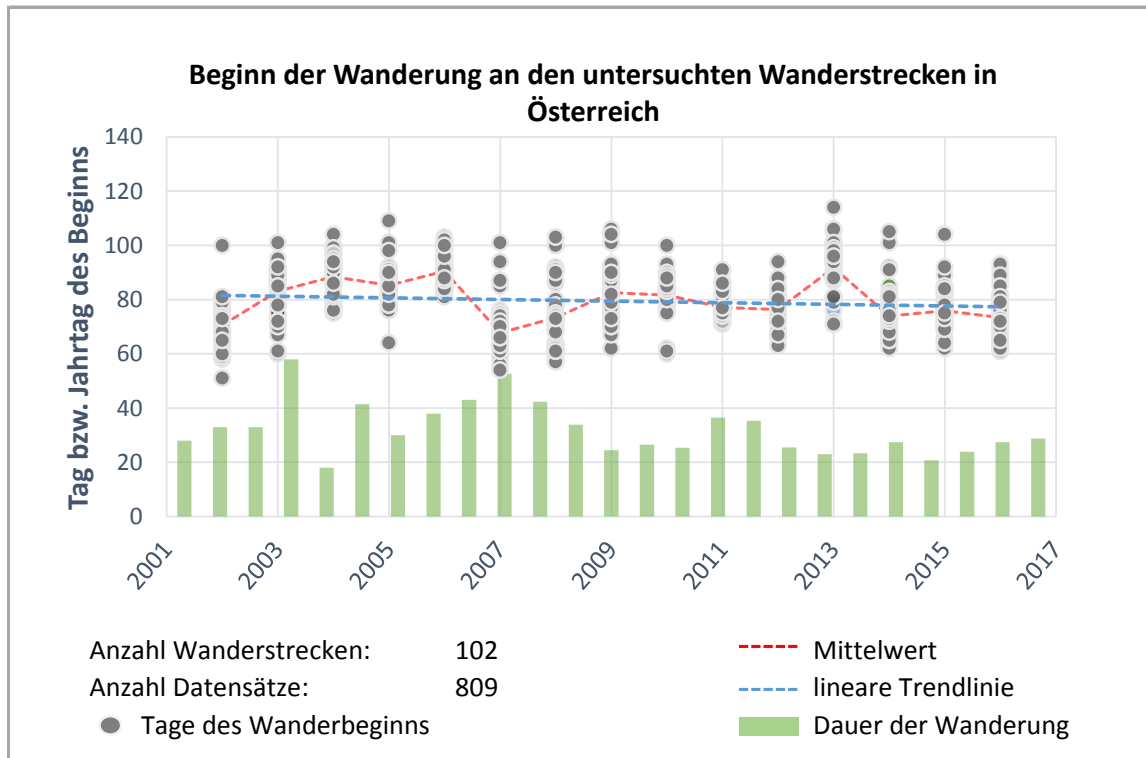


Abb. B- 18: Entwicklung des Wanderbeginns für alle verfügbaren Datensätze

Auch in Bezug auf die Endzeitpunkte der Amphibienwanderung konnten keine signifikanten Trends in Richtung einer klimabedingten Veränderung festgestellt werden (Abb. B- 19). Weder für die Auswertung aller verfügbaren Daten, noch für jene der Wanderstrecken für die Detailanalyse (Abb. B- 20).

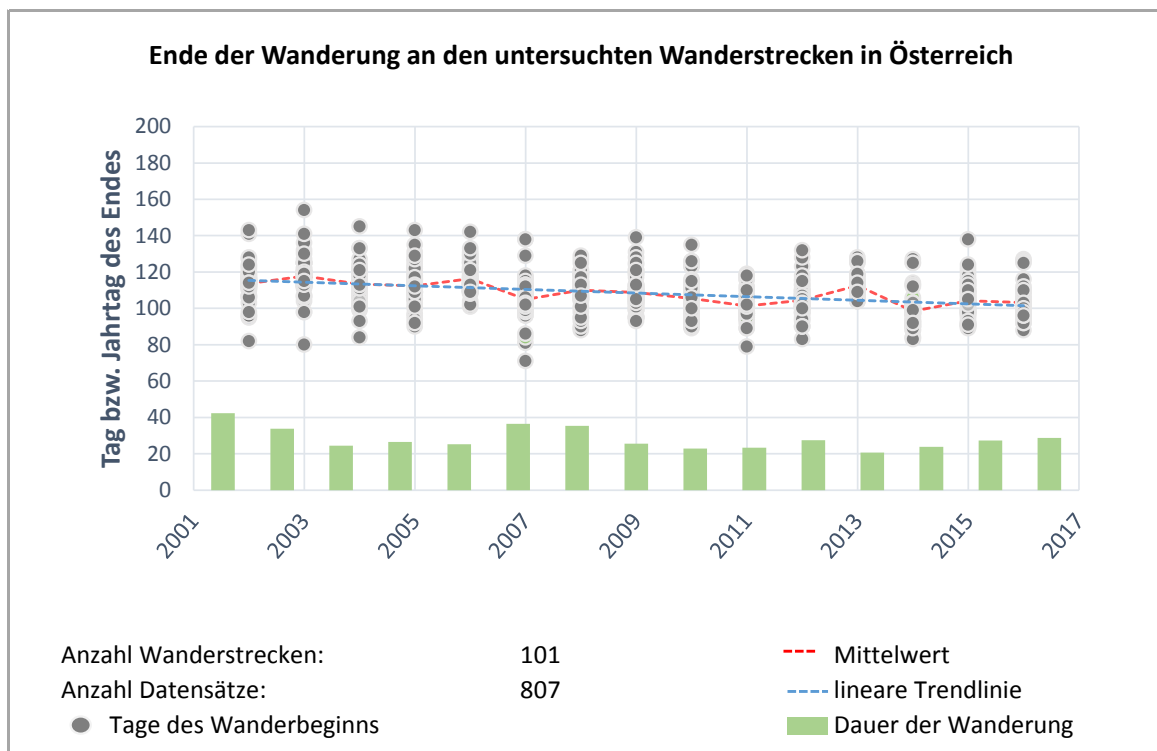


Abb. B- 19: Entwicklung des Endzeitpunktes der Wanderung

Eine Gegenüberstellung der Diagramme zu Beginn und Ende der Wanderung für die neun Wanderstrecken zeigt entgegen des angenommenen früheren Zeitpunkts eher eine Tendenz in Richtung eines späteren Beginns der Laichwanderung, wohingegen das Ende der Wanderung in den letzten Jahren meist früher eintrat (Abb. B- 20). Diese Tendenz hin zu einer später einsetzenden, und dafür komprimierter stattfindenden Wanderung wurde auch von den ExpertInnen angeführt.

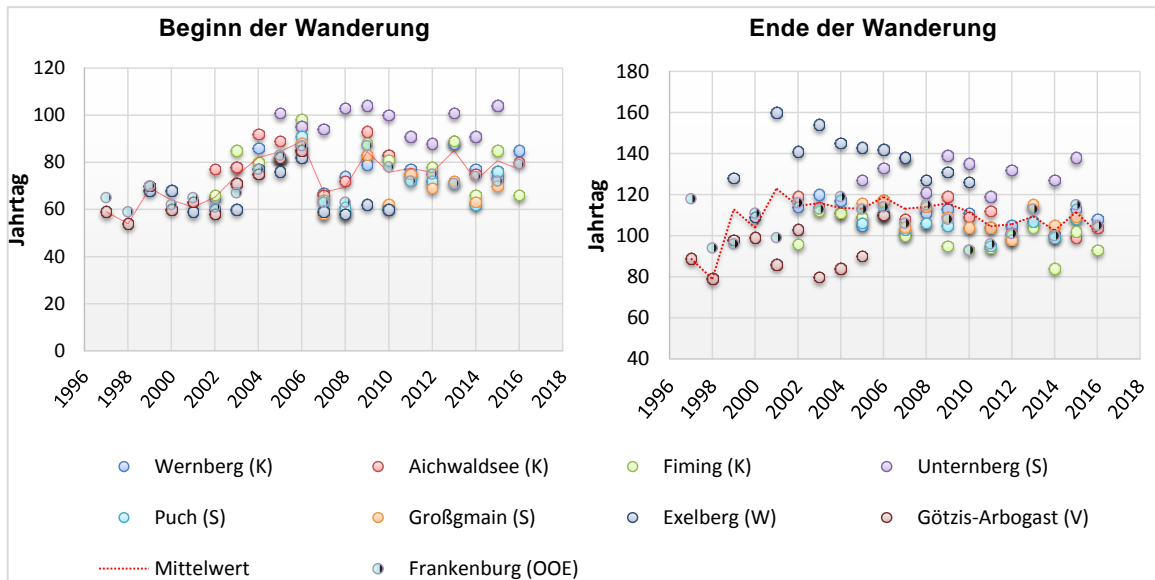


Abb. B- 20: Entwicklung von Beginn und Ende der Wanderung an den für die Detailanalyse ausgewählten Wanderstrecken

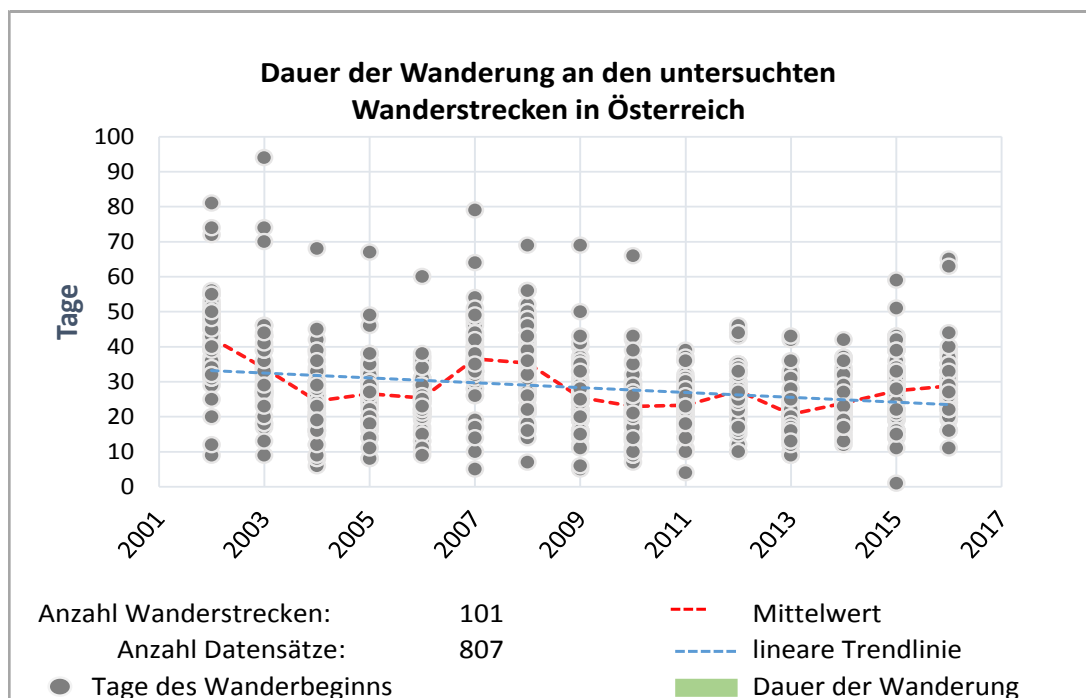


Abb. B- 21: Dauer der Wanderung an den verfügbaren Österreichischen Amphibienwanderstrecken

Die Wanderung bzw. die Betreuung der Wanderstrecken dauert im Durchschnitt etwa 28 Tage pro Jahr. Setzt man die Dauer der Wanderung in Bezug zum Beginnzeitpunkt, zeigt sich: je früher die Wanderung beginnt, desto länger dauert sie (Abb. B- 21). Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass ein späterer Wanderbeginn eine verkürzte Laichwanderung zur Folge hat und damit auch die Beobachtungen der ExpertInnen hinsichtlich einer komprimierteren Wanderung bestätigt sind. Der gleiche Zusammenhang lässt sich aus Abbildung Abb. B- 22 ablesen: je später die Wanderung einsetzt, umso kürzer ist die Wanderperiode.

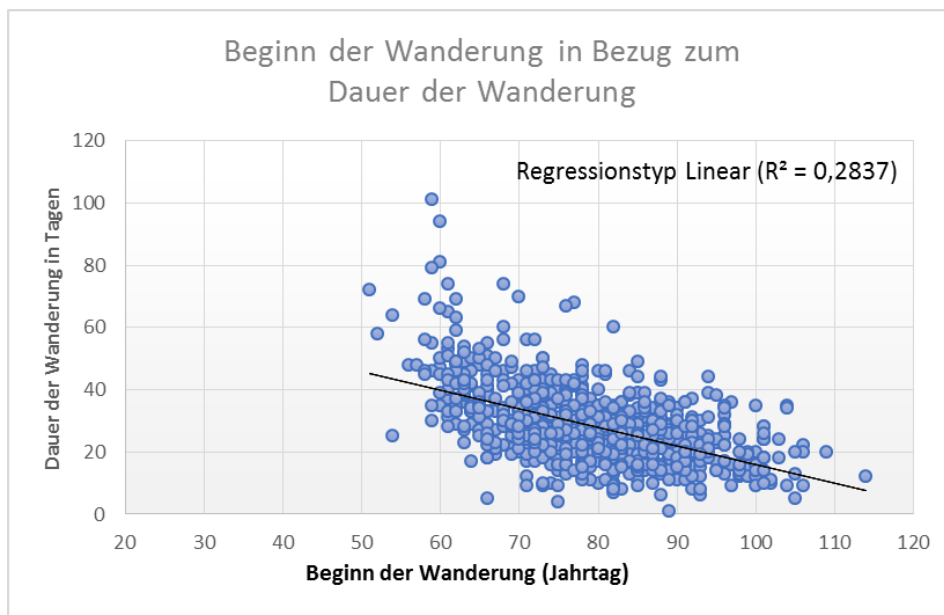


Abb. B- 22: Abhängigkeit von Beginn zu Dauer der Wanderung

B-4.3.2 Zusammenhang der identifizierten auslösenden Faktoren Lufttemperatur und Niederschlag (Klimawerte) mit dem Beginn der Amphibienwanderung

Zur Überprüfung etwaiger Zusammenhänge zwischen den in der Literatur als mögliche Auslöser der Amphibienwanderung genannten Faktoren und dem Beginn der Amphibienwanderung wurden diese mittels Korrelation auf ihre Abhängigkeit zueinander geprüft.

Die Ergebnisse der Berechnung werden in Tab. B- 5 dargestellt. Dabei zeigt sich, dass der Beginn der Wanderung v.a. mit der Temperatur in Zusammenhang steht. Der Beginn der Wanderung korreliert stark mit der durchschnittlichen Tageslufttemperatur von 21. Februar bis 14. April, als auch mit der Summe der Tagesdurchschnittstemperaturen mit einer Temperatur $>3^{\circ}\text{C}$ (Korrelationskoeffizient jeweils $r=0,70$; $n=96$). Die höchste Korrelation zeigte sich mit der 7 Uhr-Temperatur und dem Wanderbeginn (Korrelationskoeffizient $r=0,78$, $n=96$).

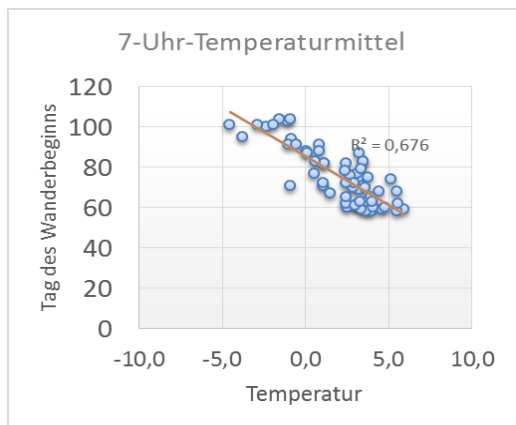
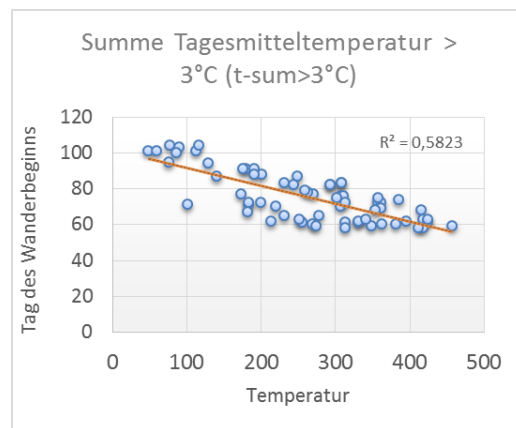
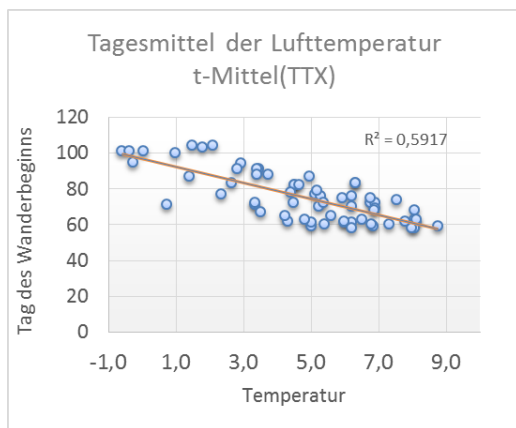
Ein Zusammenhang mit Niederschlagssumme und Niederschlagsdauer konnte nicht nachgewiesen werden. Auch die ExpertInnen hatten teilweise angemerkt, dass Niederschlag an sich nur in Kombination mit Temperatur einen Einfluss auf die Amphibienwanderung hat. Niederschlag alleine hat demnach keinen Einfluss auf den Wanderbeginn, dieser tritt erst dann ein, wenn auch die entsprechende Temperatur vorherrscht.

Tab. B- 5: Errechnete Korrelationskoeffizienten für den Beginn der Wanderung und die als mögliche Auslöser der Wanderung identifizierten Klimaparameter

Standort	Wernberg (K)	Aichwaldsee (K)	Unternberg (S)	Puch (S)	Großgmain (S)	Exelberg (W)	Frankenburg (OOE)	Alle Strecken
Seehöhe	630	660	1029	500	494	301	670	-
n	15	15	11	11	11	12	25	125
t-Mittel(TTX):Beginn	-0,63	-0,68	-0,59	-0,61	-0,63	-0,71	-0,55	-0,70
t-min(TTX):Beginn	-0,44	-0,52	-0,19	-0,21	-0,32	-0,67	-0,40	-0,59
t-max(TTX):Beginn	-0,17	-0,29	-0,70	-0,07	-0,08	-0,21	-0,10	-0,29
t-Mittel(LT2):Beginn	-0,63	-0,66		-0,55	-0,57	-0,73	-0,74	-0,62
t-min(LT2):Beginn	-0,46	-0,57		-0,29	-0,39	-0,64	-0,50	-0,44
t-max(LT2):Beginn	-0,45	-0,41		-0,38	-0,42	-0,49	-0,25	-0,28
NS-Mittel:Beginn	0,55	0,56	0,51	0,14	0,07	-0,02	-0,20	-0,08
NS-Dauer:Beginn	0,59	0,39	0,56	0,50	0,47	0,39	0,41	0,18
f-Mittel(FFX):Beginn	0,39	0,46	0,41	0,59	0,60	0,07	0,32	0,30
f-min(FFX):Beginn	0,19	0,19	0,57	0,35	0,44	-0,42	-0,07	-0,26
f-max(FFX):Beginn	-0,06	0,08	-0,01	0,35	0,44	0,09	-0,14	0,17
t-sum >3°C:Beginn	-0,59	-0,63	-0,79	-0,60	-0,60	-0,66	-0,46	-0,70
t-19:Beginn	-0,69	-0,68	-0,65	-0,53	-0,57	-0,75	-0,54	-0,63
t-7:Beginn	-0,37	-0,55	-0,39	-0,66	-0,68	-0,63	-0,56	-0,78
NS-7 (RSX):Beginn	0,47	0,51	0,41	0,18	0,16	0,56	-0,12	-0,10
NS-19 (RSX):Beginn	-0,11	0,27	0,12	0,52	0,50	-0,06	0,01	0,01

Korrelationskoeffizient (r)	Einstufung
$r \leq +/- 0,2$	sehr gering
$+/- 0,2 \leq r \leq +/- 0,5$	gering
$+/- 0,5 \leq r \leq +/- 0,7$	mittel
$+/- 0,7 \leq r \leq +/- 0,9$	hoch
$r \geq +/- 0,9$	sehr hoch

Durchschnittsklimawerte jeweils für Zeitraum vom 21. Feb. - 14. April (Quelle: ZAMG)
t-Mittel = durchschnittl. Tageslufttemperatur (LTX), **t-min** = durchschnittl. Tagesminimumtemperatur, **t-max** = durchschnittl. Tagesmaximaltemperatur wobei **TTX** = Lufttemperatur 2 m ü. Grund, **LT2** = Lufttemperatur 5 cm ü. Grund, **t-7** = durchschnittl. Temperatur um 7 Uhr, **t-19** = durchschnittl. Temperatur um 19 Uhr, **NS-Mittel** = durchschnittl. Niederschlag (RSX), **NS-07** = durchschnittl. Niederschlag um 7 Uhr, **NS-19** = durchschnittl. Niederschlag um 19 Uhr, **NS-Dauer** = durchschnittl. Dauer des Niederschlags, **f-Mittel** = durchschnittl. rel. Feuchte (FFX), **f-min** = durchschnittl. Minimum der rel. Feuchte, **f-max** = durchschnittl. Maximum der rel. Feuchte, **t-sum >3°C** = Summe der Tagesdurchschnittstemperatur mit einer Durchschnittstemperatur von mehr als 3°C



Die in Tab. B- 5 dargestellten Zusammenhänge sind in Abb. B- 23 zur bessern Erfassbarkeit grafisch dargestellt. Hieraus ist ersichtlich: je geringer die Temperaturen im Zeitraum von 21. Februar bis 14. April waren, desto später setzte die Wanderung ein.

Abb. B- 23: Zusammenhang Beginn der Wanderung zu Temperatur

Dass die Temperatur einen starken Zusammenhang mit der Wanderung und auch dem Verlauf der Wanderung hat, zeigen auch die Auswertungen der Wanderstrecke am Hofberg in Frankenburg (OOE), für welche Amphibiendaten in Tagesauflösung vorliegen. Exemplarisch wird in Abbildung Abb. B- 24 das Jahr 2004 dargestellt. Aus der Abbildung geht hervor, dass nach einem anfänglichen Peak der Wanderung von Tag 78 bis 82 eine Unterbrechung der Wanderung stattfand, nachdem das Tagesmittel der Lufttemperatur unter die 3°C Marke fiel. Trotz eines Niederschlagsereignisses am darauffolgenden Tag 83 (Niederschlagssumme 7,3 mm) konnte an diesem Tag kein Tier an der Wanderstrecke erfasst werden, da die Temperatur zu gering war. Eben dieser erste Wanderpeak, der in den überwiegenden Jahren der Aufzeichnungen an der Wanderstrecke Hofberg/Frankenburg zu beobachten ist, wird laut ExpertInnen künftig zusehends an Bedeutung gewinnen. Die Darstellungen der Auswertungen für die restlichen Jahre von 1996 bis 2016 finden sich im Anhang (siehe Kapitel B-9.6).

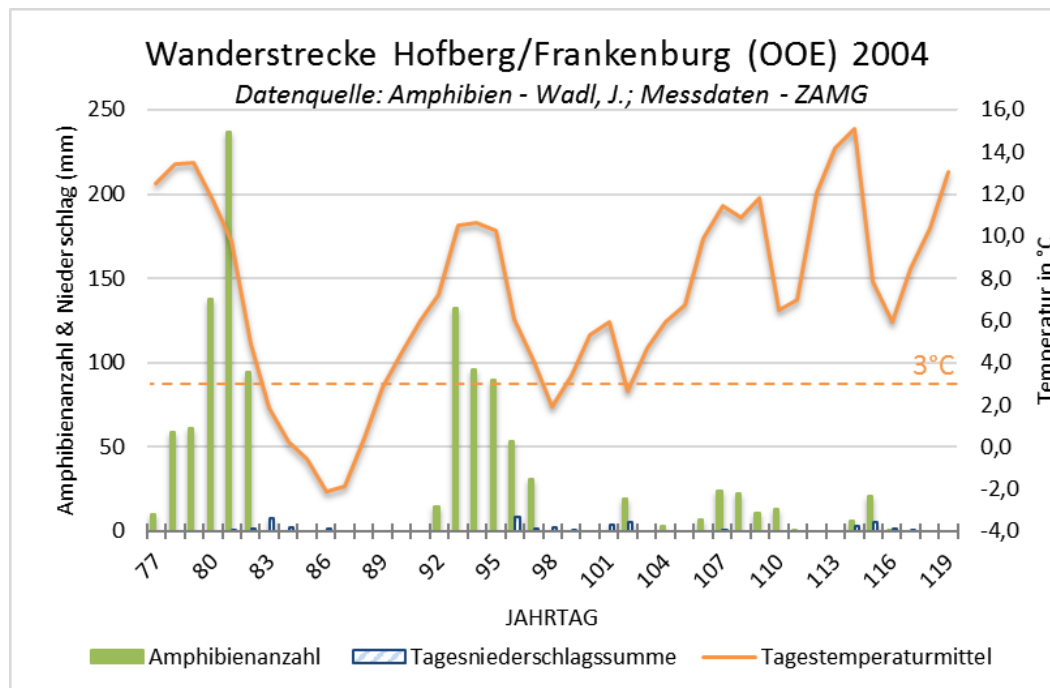


Abb. B- 24: Verlauf der Wanderung am Hofberg bei Frankenburg (OOE) im Jahr 2004 im Vergleich mit dem Tagesmittel der Lufttemperatur sowie der Tagesniederschlagssumme

B-4.3.3 Zusammenhang zwischen pflanzenphänologischen Erscheinung und Beginn der Wanderung

Zur Überprüfung etwaiger Zusammenhänge von pflanzenphänologischen Erscheinungen mit dem Beginn der Laichwanderung erfolgte eine Gegenüberstellung des Beginns der Wanderung mit ausgewählten phänologischen Erscheinungen von im PEP725 erfassten Pflanzen in einem Radius von maximal 10 km um die verfügbaren Wanderstrecken.

Um einen raschen Überblick über mögliche Zusammenhänge zwischen dem Beginn der Wanderung und den pflanzenphänologischen Phasen zu erhalten, wurden die vorhandenen Daten mittels Korrelationen verglichen. Dabei stellte sich heraus, dass die mangelnde Datenbasis zu einer Verfälschung der Ergebnisse führt. Die Korrelationen weisen zwar teils hohe Signifikanzen auf, die Ergebnisse sind jedoch auf Grund der geringen Anzahl an Datensätzen mit Vorbehalt zu interpretieren und lassen keine gesicherten Aussagen zu.

Da die Auswahl basierend auf einer Entfernung von maximal 10 km (angenommene maximale Wanderdistanz der Amphibien) von der Wanderstrecke erfolgt, war der

verfügbare Datensatz von phänologischen Daten stark eingeschränkt. Zudem stellte sich heraus, dass ein Großteil der verfügbaren Daten in Zeiträumen beobachtet wurden, die vor den verfügbaren Wanderstreckendaten liegen und deren Einbeziehung in die Analyse somit als nicht sinnvoll erachtet wurde.

Nach Ausschluss der Datensätze mit zu geringer Stichprobengröße lässt sich lediglich die Blattentfaltung der Hasel (Korrelationskoeffizient $r=0,55$, $n=66$) und der ersten Blüte der Forsythie (Korrelationskoeffizient $r=0,73$, $n=72$) ein Zusammenhang erkennen (siehe auch Abb. B- 27).

Betrachtet man die Einzelauswertungen für die jeweiligen Standorte, zeigt sich für die Wanderstrecke Unternberg in Salzburg zudem hohe Korrelationen mit der Blattentfaltung der Hänge-Birke (Korrelationskoeffizient $r=0,75$, $n=11$) und dem Maitrieb der Lärche (Korrelationskoeffizient $r=0,78$, $n=8$). Für die Standorte Puch und Großmain in Salzburg, ergab sich neben der Forsythienblüte auch für die Haselblüte eine hohe Korrelation (Korrelationskoeffizient Puch $r=0,78$, $n=7$; Großmain $r=0,90$, $n=6$). Für die in Wien gelegene Wanderstrecke Exelberg ergab sich eine hohe Korrelation des Wanderbeginnes mit der Blattentfaltung der Hasel (Korrelationskoeffizient $r=0,73$, $n=11$), für die Strecke in Fiming in Kärnten eine hohe Korrelation mit der Forsythienblüte ($r=0,82$, $n=14$) und der Blattentfaltung der Lärche ($r=0,83$, $n=14$).

Tab. B- 6: Errechnete Korrelationskoeffizienten für den Beginn der Wanderung und die als mögliche Auslöser der Wanderung identifizierten Klimaparameter

Standort	Wernberg (K)	Aichwaldsee (K)	Unternberg (S)	Puch (S)	Großmain (S)	Exelberg (W)	Fiming (K)	Götzis-Arbogast (V)	alle Standorte	n
Seehöhe	630	660	1029	500	494	301	560	454		
n	15	15	11	11	11	12	15	10		125
Betula_Leaf_unf :Beginn	0,82	0,99	0,75	-1,00	#	0,63	0,22	#	0,66	47
Betula_flow :Beginn	#	#	0,27	#	#	0,44	0,51	#	0,71	36
Corylus_Leaf_unf :Beginn	0,43	0,76	-0,09	0,60	0,41	0,73	-0,01	-0,14	0,55	66
Corylus_flow :Beginn	#	#	0,07	0,78	0,90	0,63	0,41	0,91	0,72	55
Forsythia_flow :Beginn	0,81	0,91	0,67	0,76	0,80	0,56	0,82	0,76	0,73	72
Larix_Leaf_unf :Beginn	0,42	0,72	0,54	0,53	0,74	0,41	0,83	#	0,52	36
Larix_leav_sep :Beginn	1,00	1,00	0,78	-0,13	0,13	#	0,34	-0,82	0,57	35
Leucojum_flow :Beginn	0,27	0,51	0,35	0,77	0,58	0,59	0,80	#	0,65	50
Syringa_flow :Beginn	0,64	0,53	0,53	0,36	-1,00	0,45	0,28	#	0,76	56
Tilia_flow :Beginn	1,00	1,00	0,00	-0,17	0,39	0,15	-0,39	0,84	0,33	52
Tilia_Leaf_unf :Beginn	0,75	0,85	0,56	0,16	0,67	0,31	0,24	0,99	0,77	56
Quercus_Leaf_unf :Beginn	0,31	0,57	0,00	0,84	0,99	0,35	0,20	#	0,76	43
Salix_flow :Beginn	-1,00	#	0,44	1,00	1,00	0,59	0,86	1,00	0,68	40
Picea_leav_sep :Beginn	0,89	0,90	0,50	#	#	-0,40	0,20	#	0,61	37
Picea_flow :Beginn	1,00	1,00	0,45	-0,39	-0,96	-0,13	0,40	1,00	0,44	48
Fagus_Leaf_unf :Beginn	1,00	1,00	#	0,93	0,85	0,45	0,38	0,90	0,47	39
Robinia_flow :Beginn	-1,00	-1,00	#	#	#	0,30	0,20	#	0,54	29
robinia_Leaf_unf :Beginn	#	#	#	1,00	1,00	#	-0,94	#	-0,52	8
Aesculus_flow :Beginn	#	#	0,52	0,07	-0,04	0,20	#	-1,00	0,63	32
Sambucus_flow :Beginn	1,00	0,98	0,28	-0,05	-0,01	0,13	0,44	0,37	0,66	62

Korrelationskoeffizient (r)	Einstufung
$r \leq +/- 0,2$	sehr gering
$+/- 0,2 \leq r \leq +/- 0,5$	gering
$+/- 0,5 \leq r \leq +/- 0,7$	mittel
$+/- 0,7 \leq r \leq +/- 0,9$	hoch
$r \geq +/- 0,9$	sehr hoch

"Zahl" ! Stichprobengröße der Pflanzenphänologischen Erscheinungen ist kleiner als 50% der Stichprobengröße Beginn

phenological data were provided by the members of the PEPT25 project (www.pep724.eu)

Unter Berücksichtigung der von ExpertInnen und StreckenbetreuerInnen angesprochenen **Vorlaufzeit von bis zu zwei Wochen** zeigt sich jedoch, dass sowohl die Blattentfaltung der Hasel als auch die erste Blüte der Forsythie unabhängig von der Seehöhe der Standorte zum größtem Teil erst nach dem Beginn der Wanderung eintreten (Abb. B- 25). Sie sind daher als Zeigerphasen für den Beginn der Wanderung nicht geeignet.

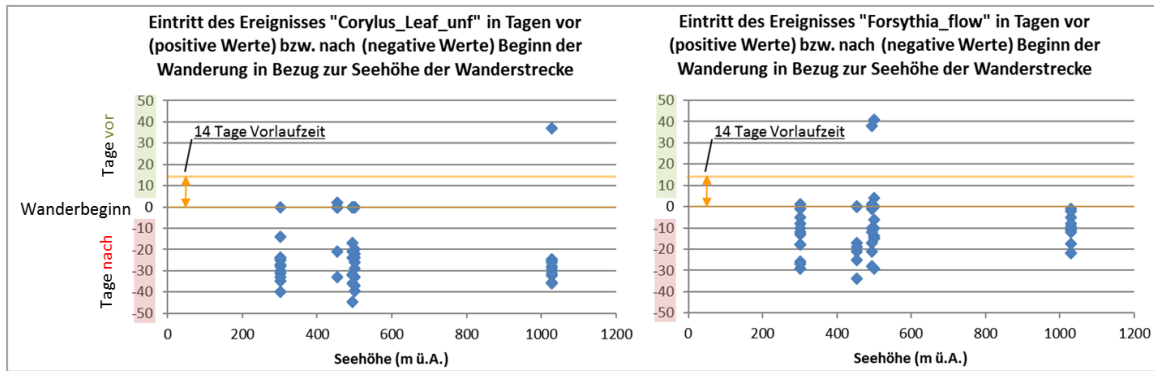


Abb. B- 25: Eintritt der Phänophasen Blattnentfaltung der Hasel und der ersten Blüte der Forsythie unter Berücksichtigung des Wanderbeginns und der Seehöhe

Lediglich die **erste Blüte von Hasel, Frühlingsknotenblume bzw. Salweide** kommen als „**Zeigerphasen**“ in Frage (Abb. B- 26), alle übrigen untersuchten Phänophasen traten erst nach Beginn der Amphibienwanderung ein: Die Tiere beginnen ca. 5 Tage nach Eintreten der ersten Blüte zu wandern; wobei es hier je nach Standort und Jahr zu großen Abweichungen kommt. Die pflanzenphänologischen Phasen zeigen eine mittlere Korrelation mit dem Wanderbeginn (Abb. B- 27), wobei sich die erste Blüte der Hasel an ehesten zur Vorhersage des Wanderbeginns eignet ($R^2=0,5788$). Eine gesicherte Auswahl von pflanzenphänologischen Phasen ist nur mit einer verbesserten Datenbasis bzw. langjährigen Beobachtungen an der Wanderstrecke möglich.

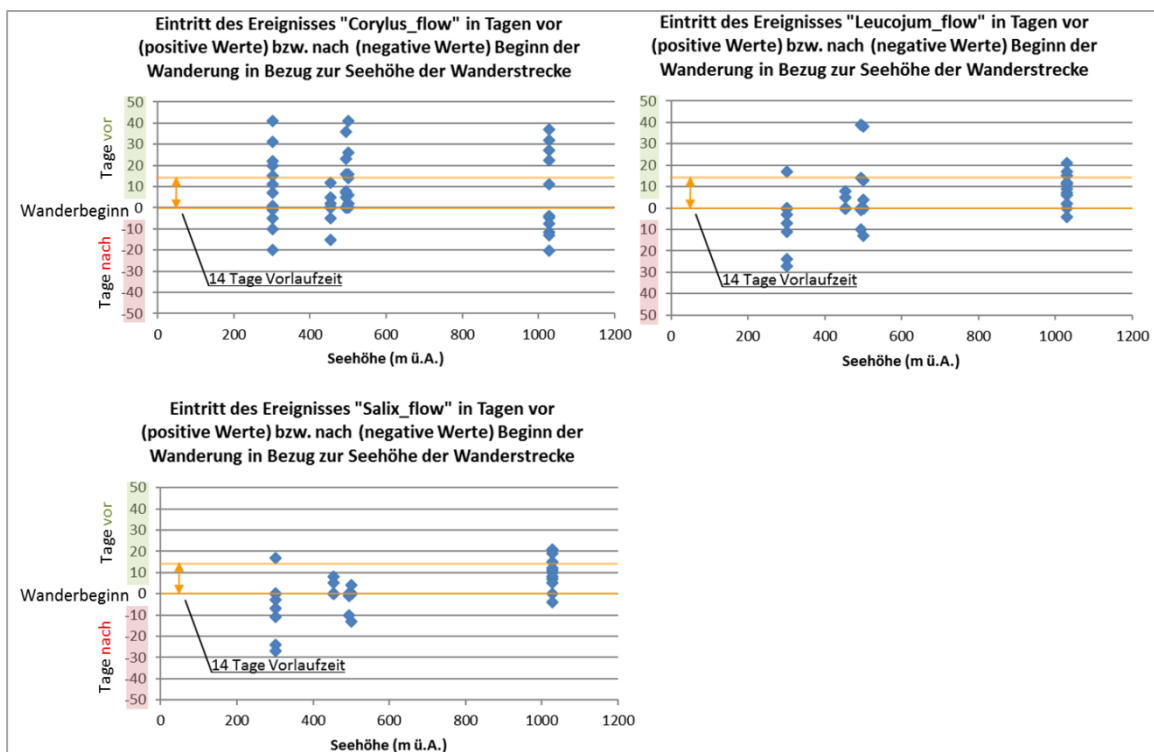


Abb. B- 26: Eintritt der Phänophasen der ersten Blüte der Hasel, der Forsythie und der Salweide unter Berücksichtigung des Wanderbeginns und der Seehöhe

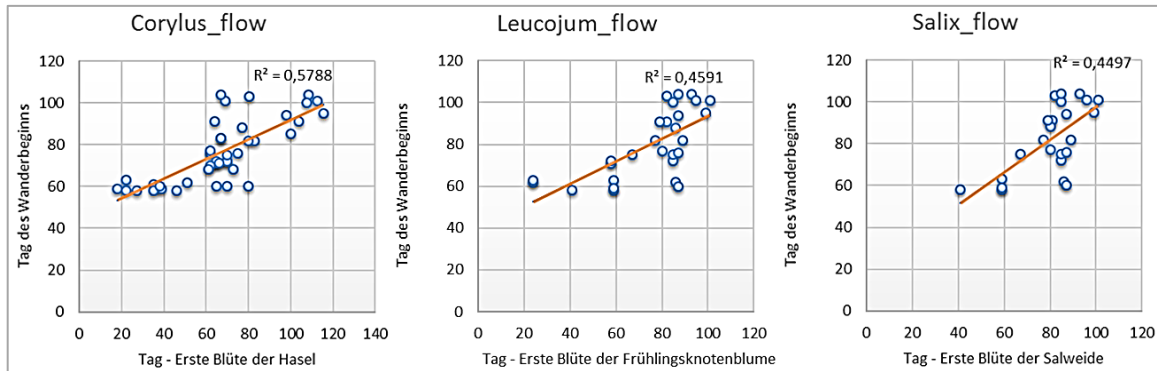


Abb. B- 27: Zusammenhang Beginn der Wanderung und der ersten Blüte der Hasel, der Forsythie und der Salweide

B-4.3.4 Mögliche Nutzung der Erkenntnisse zur Abgrenzung von Wanderzeitpunkten

Im Rahmen der gängigen Managementsysteme und angesichts der aktuellen Situation im Umgang mit den Daten und der knappen Betreuungsressourcen scheint eine standardisierte Nutzung von Pflanzen als Indikatoren derzeit als unsicher, zumal die Betreuung der Wanderstrecken sowie eine standardisierte Erhebung von Arten, Anzahl der Individuen sowie anderer relevanter Daten vorrangig erscheint. Lokal werden Pflanzen z.T. bereits jetzt (indirekt oder „unbewusst“) als Zeiger für den nahenden Wanderbeginn wahrgenommen, jedoch nicht als Entscheidungshilfe für den Start der Betreuungsmaßnahmen herangezogen. Die knappen Betreuungsressourcen lassen laut ExpertInnen zudem keine Ausweitung der Betreuungszeiten (Zaunaufbau/-kontrolle vor den ersten Wanderbewegungen) zu. Eine Anwendung des „Zeigersystems“ wäre daher erst denkbar, wenn ein lokaler pflanzenphänologischer Ansatz so ausgereift ist, dass er verlässliche Hinweise auf den Beginn der Wanderzeiten liefert. Um die Möglichkeit der Pflanze als Zeiger für die Amphibienwanderung voranzutreiben, müssen StreckenbetreuerInnen für das Thema sensibilisiert und auffällige pflanzenphänologische Phasen im Zeitraum der Wanderaktivitäten der Amphibien über mehrere Jahre aufgezeichnet werden. Der Aufbau eines Beobachtungsnetzes bis hin zur Entwicklung von Apps/Aktionen im Rahmen von Citizen Science wären hierbei mögliche Schritte. Zudem sollte die Verknüpfung mit anderen, lokalen Aktionen geprüft werden. Die vorliegende Untersuchung lässt erwarten, dass mit einer verbesserten Datenbasis hinreichend verlässliche Aussagen über den Nutzen von Zeigerpflanzen zur Eingrenzung der Wanderzeitpunkte ermöglicht würden und sich dadurch der zusätzliche Aufwand der Dokumentation auch für die Freiwilligen lohnen würde. Da sich mit fortschreitendem Klimawandel die Zeigerpflanzen verändern könnten – unterschiedliche Arten reagieren unterschiedlich schnell auf Klimaveränderungen –, müsste die Dokumentation kontinuierlich weitergeführt und hinsichtlich der möglichen Zeigerpflanzen angepasst werden.

Angesichts der Situation der Amphibien (alle heimischen Arten sind gefährdet) und der Klimaszenarien für die zukünftigen Jahre kann nur durch ein Maßnahmenpaket aus Lebensraummanagement, -vernetzung (Landschaftsstrukturen und permanente Schutzanlagen) und Schutzmaßnahmen ein Fortbestand der Amphibienpopulationen gesichert werden.

Die Ergebnisse der Analyse zeigen, dass zur Abschätzung der Einflüsse des Klimawandels auf Amphibien Daten in besserer Auflösung und vor allem längere Zeitreihen an Daten erforderlich sind, was auch von den ExpertInnen betont wurde. Nachfolgend werden basierend auf den Ergebnissen, Empfehlungen für ein ein langfristiges Monitoring der Laichwanderungen von Amphibien formuliert, wobei der

Begriff Monitoring im Rahmen dieser Arbeit in erster Linie die Erfassung der Amphibien im Rahmen der Betreuung von Amphibienwanderstrecken meint:

- österreichweite Datenbank, in der alle erhobenen Daten zusammengeführt werden
- österreichweite Verwendung von vereinheitlichten/standardisierten Aufnahmebögen
- Verstärkte Aufklärung und Einschulung der BetreuerInnen sowie gezielte Öffentlichkeitsarbeit (mehr Anerkennung für ehrenamtliche HelferInnen)
- Förderung des Baus permanenter Anlagen, auch bei bereits bestehenden Straßen in Verbindung mit der Erhaltung/Verbesserung von Landschaftsstrukturen und Laichgewässern
- Budgetierte Funktionskontrollen
- Einbeziehung von Landschaftsstrukturen und Gewässerbewirtschaftung in ein Monitoring

Wünschenswert wäre zudem die Bereitstellung von finanziellen Ressourcen zur Erhebung und digitalen Erfassung der Daten, die derzeit nur analoger Form vorliegen, um längere Zeitreihen für künftige Untersuchungen zur Verfügung zu haben.

Um eine mögliche Alternative für die Möglichkeit des Einsatzes der Pflanzenphänologie als Indikator für Wanderbewegungen von Tieren zu überprüfen, wäre die Auswahl einer anderen Artengruppe denkbar. Hier wäre beispielsweise eine Untersuchung von Zusammenhängen mit Vogelzug oder die Flugperioden von Libellen, da für diese Arten laut Literatur (siehe Tab. B- 8) weit längere Monitoringzeiträume verfügbar sind anzudenken. Jedoch ist auch hier die Qualität der verfügbaren Daten zu prüfen.

B-5 Diskussion der Ergebnisse

B-5.1 Auslöser der Frühjahrswanderung der Amphibien

Laut Fachliteratur werden Amphibienaktivitäten und Entwicklungsphasen der Pflanzen v.a. von Temperatur, Wasserverfügbarkeit (Niederschlag) und Tageslänge gesteuert. Auch in ExpertInneninterviews wurde die Temperatur als stärkster äußerer Anreiz zum Start der Wanderung genannt, der jedoch immer im Kontext mit Niederschlag zu sehen ist. Vor allem für den Parameter Niederschlag können derzeit allerdings lediglich grobe Prognosen auf großer Maßstabsebene getätigt werden. Mögliche Unschärfen sind auch dadurch bedingt, dass der eigentliche Beginn der Frühjahrswanderung an den teils kilometerweit von der Wanderstrecke entfernten Winterquartieren nicht erfassbar ist. Die Tiere sind zum Zeitpunkt des Eintreffens am Amphibienschutzzaun bereits längere Zeit unterwegs und der eigentliche Impuls, welcher die Tiere dazu bewegt, ihr Winterquartier zu verlassen, ist daher kaum erfassbar. Die erste und für das Monitoring effizienteste Möglichkeit, die Amphibienwanderung zu erheben, ist daher die Erfassung der Tiere an den Amphibienwanderstrecken, die sie jedoch mitunter erst Wochen später erreichen.

Einen **Zusammenhang** zwischen dem **Beginn der Wanderung** (hier: Tag des Aufbaus der Schutzanlagen/Beginn der Betreuungsmaßnahmen) und der **Temperatur** (Durchschnittstemperatur des Tages, durchschnittliche Temperatur um 7 Uhr) wies auch die statistische Gegenüberstellung dieser Faktoren auf. Der Zusammenhang von Temperatur und Wanderung zeigte sich etwa bei der Analyse der täglichen Amphibienzahlen einer Wanderstrecke, bei der im Großteil der untersuchten Jahre die Amphibienzahlen parallel zur Temperatur stiegen und/oder sanken. Fehlender **Niederschlag** kann dazu führen, dass Amphibien trotz geeigneter Temperaturen nicht wandern, sodass dieser **in Kombination mit der Temperatur** auch als wanderungsauslösender Faktor definiert wird. Umgekehrt findet an niederschlagsreichen Tagen mit zu geringen Temperaturen (ca. $<3^{\circ}\text{C}$) jedoch keine Wanderung statt. In der Literatur sind hinsichtlich Schwellenwerten bzw. die Wanderung auslösenden Faktoren nur wenige konkrete Angaben zu finden: als Schwellenwerte für die Wanderung werden oftmals Tagesdurchschnittstemperaturen im Bereich von 3 bis 6 Grad definiert (vgl. u. a. Kromp-Kolb et al., 2003; Münch, 1998). Auch zu den bevorzugten Niederschlagsverhältnissen fehlen quantitative Angaben. Laut Literatur und ExpertInneninterviews finden vor allem in lauen, niederschlagsreichen Frühjahrsnächten die größten Wanderbewegungen statt. Andererseits beginnen Amphibien auch bei lange anhaltender Trockenheit und passender Temperatur trotz fehlender Niederschläge zu wandern.

B-5.2 Phänologische Änderung

Der in den Eingangsthesen formulierte frühere Beginn der Wanderung auf Grund zunehmender Temperaturen konnte in der vorliegenden Studie nicht nachgewiesen werden. Es lassen sich keine signifikanten Trends zu einem früheren Einsetzen der Wanderung aufzeigen, was die Annahme des früheren Wanderbeginns auf Grund steigender Temperaturen widerlegt. Als **phänologische Änderung** wurde seitens der ExpertInnen festgestellt, dass sich die Abfolge des Auftretens der Arten im Frühjahr zu verändern scheint. Die Auswertung der verfügbaren Daten zeigte starke **Schwankungen im Wanderbeginn**, welche laut ExpertInnen jedoch nicht ungewöhnlich sind (siehe Kapitel B-4.1). Weiter ist eine **Tendenz hin zu einem späteren Wanderbeginn** bzw. einer zunehmenden **Komprimierung der Wanderung** unabhängig der Amphibienarten (Arten wandern zunehmend zeitgleich) auf wenige Wochen erkennbar, wodurch sich auch die

Wandersaison insgesamt verkürzt (vgl. Kapitel B-4.3.1). Springfrosch, Grasfrosch und Erdkröte treten somit teilweise parallel auf. Sollte sich diese Beobachtung auch in den kommenden Jahren bestätigen, könnte es weitreichende Folgen für die einzelnen Arten haben. Nicht nur die Konkurrenz am Laichgewässer und an den geeigneten Laichablageplätzen könnte zum Thema werden, sondern auch der Prädatorendruck der sich dann parallel und nicht mehr zeitlich versetzt entwickelnden Larven der verschiedenen Arten. Auch sind **zwei** sogenannte **Wanderpeaks** zu erkennen (vgl. Abb. B- 24 sowie Auswertungen zur Wanderstrecke am Hofberg/Frankenburg OOE – Kapitel B-9.6 im Anhang). Seitens der ExpertInnen wird davon ausgegangen, dass der erste Peak der der Amphibienwanderung langfristig mehr Bedeutung erlangen könnte.

Auch in Bezug auf die Endzeitpunkte der Amphibienwanderung konnten keine signifikanten Trends in Richtung einer klimabedingten Veränderung festgestellt werden.

Generell ist schwer abzuleiten, ob es sich bei den beobachteten Veränderungen um Trends oder klimawandelbedingte Veränderungen handelt. Im Vergleich zu anderen Arten (z.B. Vögel) sind Amphibien ortsgebundener. Ihr Aktionsradius innerhalb des Jahreslebensraumes beträgt nur wenige Kilometer (max. 10 km). Zudem bleiben sie oft ihr Leben lang einem bestimmten Laichgewässer treu. Dieser Umstand sowie ihre Bindung an sowohl Wasser- (Fortpflanzung), als auch Landlebensräume (Sommer- und Winterquartiere), machen eine Abschätzung möglicher Auswirkungen des Klimawandels auf die Amphibien schwierig. Derzeitige Klimawandelmodelle und -prognosen sind meist sehr grob skaliert, wohingegen man beim Jahreslebensraum einer Amphibienpopulation von Kleinhabitaten spricht. Prognosen und Wirkmodellberechnungen für solche Kleinhabitate sind auf Basis der bestehenden Klimamodelle nicht belastbar.

Das spätere Einsetzen der Frühjahrswanderung ist unter anderem auf die **zunehmende Trockenheit** zurückzuführen, was die Bedeutung von Temperatur und Niederschlag im Zusammenhang mit der Amphibienwanderung unterstreicht. Dies bezieht sich sowohl auf die Wintermonate – kein Schnee bedeutet wenig Schmelzwasser und damit verbundenen Mangel an verfügbaren Laichgewässern im Frühjahr –, als auch auf geringe Niederschläge im Frühjahr selbst.

Ein Faktor, der auch im Zuge der Interviews von den ExpertInnen erwähnt wurde ist, dass die Tiere den optimalen Wanderzeitpunkt abzuwarten scheinen – bis zu einer gewissen zeitlichen Schwelle, die eventuell durch endogene Einflüsse definiert ist. Wenn diese Einflüsse drängend werden, wird die Wanderung trotz Trockenheit gestartet. Eine etwaige Artabhängigkeit könnte hier eine Rolle spielen. Laut ExpertInnen verhalten sich Grasfrosch und Springfrosch flexibler in Bezug auf Trockenheit als die Erdkröte, die warme und regennasse Nächte für ihre Wanderung bevorzugt. Dies könnte im Hinblick auf klimawandelbedingte Temperaturerhöhung und Niederschlagsrückgänge Auswirkungen auf Phänologie, aber auch auf das Überleben der Froschlurche haben. Nach Einschätzung der ExpertInnen wird v.a. die zunehmende Trockenheit unter den Amphibien Klimagewinner (Wechselkröte) und -verlierer (Grasfrosch, Springfrosch) hervorbringen. Die Wechselkröte könnte aufgrund ihrer Vorliebe für karge, offene Landschaften ohne Beschattung als Pionierart nicht nur von den klimatischen Veränderungen profitieren, sondern auch, weil andere Arten den Entwicklungen nicht so erfolgreich entgegenwirken können und somit auch die Konkurrenz um Habitate geringer wird. Die Erdkröte könnte eventuell anpassungsfähiger sein als z.B. Springfrosch oder Grasfrosch, die auf Dauer mit der Trockenheit nicht gut zurechtkommen könnten.

Die zunehmende Trockenheit wirkt auch indirekt über die fortschreitende **Ausräumung der Landschaft** (Entwässerung, Fragmentierung, Habitats- und Arealverlust, Entfernen von Gehölzen, Windschutzgürteln, etc. und damit einhergehende Strukturlosigkeit) auf die Amphibien. Bereits jetzt kommt es in den Frühjahrsmonaten zu einem vermehrten Trockenfallen von Laichgewässern, umso wichtiger erscheint es somit, neben dem

Schutz der Frühjahrswanderungen auch einen funktionsfähigen Jahreslebensraum für Amphibien zu schaffen bzw. notwendige Landschaftsstrukturen zu erhalten. Aus Sicht der ExpertInnen und StreckenbetreuerInnen scheinen Lebensraumverluste und -veränderungen und das Fehlen geeigneter Landschaftsstrukturen derzeit einen größeren Stellenwert hinsichtlich des Rückgangs und der Gefährdung von Amphibienpopulationen einzunehmen, als klimatische Veränderungen. Bereits punktuelle Maßnahmen wie die Anlage neuer Gewässer und die Schaffung von Wanderkorridoren können zur Verbesserung der Situation der Amphibien beitragen und ihnen die Anpassung an künftige klimatische Veränderungen erleichtern.

B-5.3 Amphibienschutzmaßnahmen und Monitoring

Generell ist die **Betreuung der temporären Amphibienschutzanlagen** laut ExpertInnen **personell am Limit**. Durchschnittlich wird eine Wanderstrecke von 5 Personen betreut, zum Teil jedoch auch von Einzelpersonen. Organisation und Durchführung von Amphibienschutzmaßnahmen stellen Verantwortliche (KordinatorInnen) z.T. vor große Herausforderungen (Personalressourcen, eingeschränkte finanzielle Mittel, etc.) und werden äußerst unterschiedlich gehandhabt. Die Organisation der Streckenbetreuung wird teilweise durch Vereine geregelt und beinhaltet z.B. Koordination von Aufbau (z.B. durch die Straßenmeisterei) und Betreuung der temporären Anlagen (Zaun-Kübel-Methode), die v.a. durch freiwillige HelferInnen (idealerweise mehrere Personen) erfolgt. Es wird hier dringender Handlungsbedarf manifest, die Problematik der Personalressourcen zu verbessern bzw. im Idealfall zu lösen, z.B. durch den Bau permanenter Anlagen – auch würden dann sämtliche Wanderphasen der Tiere (Laich-, Rück-, Jungtierwanderung) abgedeckt und somit optimal geschützt werden. Ein etwaiger nachteiliger Effekt permanenter Leitanlagen wäre allerdings, dass die Möglichkeit der Amphibienzählung und des Monitorings wegfallen bzw. hohen technischen Aufwandes (Fotofallen, etc.) benötigen würden.

Angesichts der knappen Betreuungsressourcen wäre eine Anwendung des „Zeigersystems“ erst denkbar, wenn ein lokaler pflanzenphänologischer Ansatz soweit ausgereift ist, dass er verlässliche Hinweise auf den Beginn der Wanderzeiten liefert. Erst dann ließe sich eine Ausweitung der Betreuungszeiten (Zaunaufbau/-kontrolle vor den ersten Wanderbewegungen) basierend auf den pflanzenphänologischen Ereignissen rechtfertigen.

Personelle Engpässe im Bereich der Betreuung der Wanderstrecken vor Ort, aber auch verschiedene Zugänge bei Auswertung und Archivierung der erhobenen Daten, führen in Österreich zu sehr unterschiedlicher **Datenqualität**. Diese variieren zwischen analogen Aufzeichnungen und computergestützten statistischen Auswertungen, in Bezug auf ihren Detaillierungsgrad (Anzahl der Tiere, Artbestimmung, Geschlecht, Temperaturaufzeichnungen, Kübelnummern, etc.) und hinsichtlich der zurückreichenden Zeitspanne der Aufnahmen nicht nur österreichweit, sondern teilweise auch innerhalb der Bundesländer, stark. So sind teilweise Daten in entsprechender Qualität vorhanden, allerdings nicht flächendeckend für ganze Bundesländer. Auch bundeslandübergreifende Aussagen sind daher sehr schwierig zu treffen. Ebenso beeinflussen die unterschiedliche Organisation des Managements der Schutzmaßnahmen und Datenerfassung die weitere Verarbeitung der Daten.

Eine bundesweit einheitliche standardisierte Methode der Datenaufnahme und eine österreichweite Datenbank, in die sämtliche erhobenen Daten eines Jahres implementiert werden und die im Bedarfsfall zur Auswertung herangezogen werden können, wäre ein Gewinn hinsichtlich Qualität und Verfügbarkeit. Im Zuge dieser Arbeit erwiesen sich die stark unterschiedlichen Datenqualitäten als besonders

herausfordernd. Detaillierungsgrad, zeitliche und qualitative Auflösung der verfügbaren Daten waren nicht ausreichend, um belastbare Trends bzw. Prognosen abzuleiten.

Um besser abgesicherte und präzisere Aussagen für Vorhersage und zeitliche Entwicklung des Beginns der Laichwanderungen zu ermöglichen, müssten eine vereinheitlichte/standardisierte Datenerfassung (Aufnahmebögen) und eine österreichweite Datenbank eingeführt werden. Die vorliegende Untersuchung lässt erwarten, dass mit einer verbesserten Datenbasis hinreichend verlässliche Aussagen über den Nutzen von Zeigerpflanzen zur Eingrenzung der Wanderzeitpunkte ermöglicht würden und sich dadurch der zusätzliche Aufwand der Dokumentation auch für die Freiwilligen lohnen würde. Da sich mit fortschreitendem Klimawandel die Zeigerpflanzen/-phasen ändern könnten – unterschiedliche Arten reagieren unterschiedlich schnell auf Klimaveränderungen – müsste die Dokumentation kontinuierlich weitergeführt und hinsichtlich der möglichen Zeigerpflanzen angepasst werden. Neben dem Einfluss des Klimawandels auf die Amphibien selbst, ist daher auch eine kontinuierliche Untersuchung der Auswirkungen auf die potenziellen Zeigerpflanzen nötig. Beides kann jedoch nur mit einem erheblich größeren Forschungsaufwand als bisher erreicht werden.

B-6 Literaturverzeichnis

- APCC. (2014). *Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014 (AAR14). Austrian Panel on Climate Change (APCC)*. Wien, Österreich: Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften.
- Arnfield, H., Grant, R., Monk, C., & Uller, T. (2012). Factors influencing the timing of spring migration in common toads (*Bufo bufo*). *Journal of Zoology*, 288, S. 112-118.
- Benard, M. (2015). Warmer winters reduce frog fecundity and shift breeding phenology, which consequently alters larval development and metamorphic timing. *Global Change Biology* 21, 1058-1065.
- Blab, J. (1986). *Biologie, Ökologie und Schutz von Amphibien*. Bonn - Bad Godesberg: Kilda-Verlag.
- Blaustein, A., Belden, L., Olson, D., Green, D., Root, T. &, & Kiesecker, J. (2001). Amphibian Phenology and Climate Change. *Conservation Biology* Vol.16, Nr.6, 1454-1455.
- Böhme, W., & Rödder, D. (2014). Amphibien und Reptilien: Verbreitungs- und Verhaltensänderungen aufgrund der Erderwärmung. In J. Lozán, H. Grassl, & L. & Karbe, *Warnsignal Klima: Gefahren für Pflanzen, Tiere und Menschen. 2. Auflage. Elektron. Veröffent. (Kap.2.5)*. Abgerufen am 02. 08 2016 von http://www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de/wp-content/uploads/2014/06/boehme_roedder.pdf
- Brandt, K., & Pagenkopf, T. (2011). *Phänologie - eine interdisziplinäre Wissenschaft zwischen Meteorologie, Klimatologie und Biologie*. Norderstedt: Books on Demand GmbH.
- Cabela, A., Grillitsch, H., & Tiedemann, F. (2001). *Atlas zur Verbreitung und Ökologie der Amphibien und Reptilien in Österreich: Auswertung der Herpetofaunistischen Datenbank der Herpetologischen Sammlung des Naturhistorischen Museums in Wien*. Wien: Umweltbundesamt.
- Carroll, E. A., Sparks, T., Collinson, N., & Beebee, T. (2009). Influence of temperature on the spatial distribution of first spawning dates of the common frog (*Rana temporaria*) in the UK. *Global Change Biology* 15, 467-473.
- Corn, P. (2005). Climate change and amphibians. *Animal Biodiversity and Conservation* 28.1, S. 59-67.
- Czachs, C., & Höbart, K. (2010). *Phänologie und Aktivitätsmuster von Amphibien. Masterarbeit*. Wien: Universität für Bodenkultur.
- Ficetola, G., & & Maiorano, L. (2016). Contrasting effects of temperature and precipitation change on amphibian phenology, abundance and performance. *Oecologia* 181, 683–693.
- Fu, Y., Zhao, H., Piao, S., Peaucelle, M., Peng, S., Zhou, G., . . . Janssens, I. (2015). Declining global warming effects on the phenology of spring leaf unfolding. *Nature*, Vol. 526.

- Gebhart, H., Rammert, U., Schröder, W., & Wolf, H. (2010). Klima-Biomonitoring: Nachweis des Klimawandels und dessen Folgen für die belebte Umwelt. *Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung*(22), S. 7-19.
- Glandt, D. (2016). *Amphibien und Reptilien. Herpetologie für Einsteiger*. Berlin Heidelberg: Springer Spektrum.
- GPM. (2016). *Global Phenological Monitoring*. (Humboldt-Universität zu Berlin) Abgerufen am 09. 10 2016 von <http://gpm.hu-berlin.de/>
- Grant, R., Chadwick, E., & Halliday, T. (2009). The lunar cycle: a cue for amphibian reproductive phenology? *Animal Behaviour*, 78, S. 349-357.
- Green, D. (2016). Amphibian breeding phenology trends under climate change: predicting the past to forecast the future. *Global Change Biology* .
- Karsten, M. (1986). Eine Analyse der phänologischen Methode in der Stadtklimatologie am Beispiel der Kartierung Mannheims. Heidelberg: Geografisches Institut der Universität Heidelberg.
- Koch, E., & Scheifinger, H. (2005). Phänologie, ein Bio-Indikator für den Klimawandel. *Raumberg Gumpenstein, 50 Jahre meteorologische Beobachtungen in Gumpenstein 1955 - 2004*, 29. November 2005, 17-26.
- Kordges, T., & Weddeling, K. (2015). Immer früher? Langzeitmonitoring (1979–2013) zum Laichbeginn des Grasfrosches (*Rana temporaria*) im Felderbachtal in Hattingen (NRW). *Zeitschrift für Feldherpetologie* 22, 211-222.
- Kromp-Kolb, H., & Gerersdorfer, T. (. (2003). *Auswirkungen von Klimaänderungen auf die Tierwelt - derzeitiger Wissenstand, fokussiert auf den Alpenraum und Österreich*. Universität für Bodenkultur Wien.: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.
- Maletzky, A. (2010). Verbreitung und Bestand des Springfrosches (*Rana dalmatina* Bonaparte, 1840) im Bundesland Salzburg. (H. d. Salzburg, Hrsg.) *Mitt. Haus der Natur* 18, 18, S. 11-28.
- Malkmus, R. (2012). Eine innere Uhr bestimmt den Lebensrhythmus der Frösche. *Spessart*, 17-22.
- Malkmus, R. (2012). Eine innere Uhr bestimmt den Lebensrhythmus der Frösche. *Spessart*, S. 17-22.
- Menzel, A. (1997). Phänologie von Waldbäumen unter sich änderenden Klimabedingungen - Auswertung der Beobachtungen in den Internationalen Phänologischen Gärten und Möglichkeiten der Modellierung von Phänodaten. *Forstliche Forschungsberichte München*, 164. München: Forstwissenschaftliche Fakultät der Universität München und Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft.

- Menzel, A. (2006). Zeitliche Verschiebungen von Austrieb, Blüte, Fruchtreife und Blattverfärbung im Zuge der rezenten Klimaerwärmung. *Forum für Wissen: Wald und Klimawandel*, S. 47-53.
- MONAS HELCOM. (2010). Climate change in the Baltic Sea Area, Draft HELCOM thematic assessment in 2006, Helsinki. In H. Gebhart, U. Rammert, W. Schröder, & H. Wolf, *Klima-Biomonitoring: Nachweis des Klimawandels und dessen Folgen für die belebte Umwelt. Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung(22)*, S. 7-19. (S. 7-19).
- ÖKL - Österreichisches Kuratorium für Landtechnik und Landentwicklung. (o.J.). Abgerufen am 28. 11 2016 von <http://www.mahzeitpunkt.at/index.php>
- Pampus, M. (2005). Einschätzungen zu möglichen und bereits nachweisbaren Auswirkungen des globalen Klimawandels auf die Biodiversität in Hessen. *Integriertes Klimaschutzprogramm Hessen INKLIM 2012, Projektbaustein II: Klimawandel und Klimafolgen in Hessen*, 48-52. Wiesbaden: Hessisches Landesamt für Umwelt u. Geologie.
- Parmesan, C. (2007). Influences of species, latitudes and methodologies on estimates of phenological response to global warming. *Global Change Biology* 13, 1860-1872.
- PEP725. (2016). *Pan European Phenology DB*. Abgerufen am 09. 10 2016 von <http://www.pep725.eu/dataset.php>
- Rabitsch, W., & Herren, T. (2013). Klimawandeleffekte heute: Welche Änderungen finden bereits statt? In F. Essl, & W. Rabitsch, *Biodiversität und Klimawandel Auswirkungen und Handlungsoptionen für den Naturschutz in Mitteleuropa*. Heidelberg: Springer Spektrum.
- Reading, C. (2003). The effects of variation in climatic temperature (1980-2001) on breeding activity and tadpole stage duration in the common toad, *Bufo bufo*. *The Science of the Total Environment* 310, 231-236.
- Schnelle, F. (1955). *Pflanzen- Phänologie (Probleme der Bioklimatologie)*. Leipzig: Akad. Verl. Ges. Geest & Portig.
- Schröder, W., Pesch, R., & Schmidt, G. (2010). Projektion jahreszeitlicher Pflanzenentwicklungen im Klimawandel. *Angewandte Geoinformatik 2010 - Beiträge zum 22. AGIT-Symposium*. Salzburg.
- Seyfert, F. (2007). *Phänologie* (2. unveränderte Auflage, Nachdruck der 1. Auflage von 1960 Ausg.). Hochwarsleben: Westarp Wissenschaften-Verlagsgesellschaft mbH.
- Staatsministerium, f. U. (o.J.). Abgerufen am 28. 11 2016 von <https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/Phaenologie.pdf>
- Szabó, B., Vincze, E., & Czúcz, B. (2016). Flowering phenological changes in relation to climate change in Hungary. *International Journal of Biometeorology*, 60 (9).

- Technische Universität, D. (2010). *Entwicklung und Evaluierung eines phänologischen Indikatorsystems zur Optimierung von Mahdterminen für Mahdgutübertragungen und Wiesenpflege am Modell submontaner und montaner Wiesen im Osterzgebirge*. Dresden: TU Dresden.
- Tryjanowski, P., Rybacki, M., & Sparks, T. (2003). Changes in the first spawning dates of common frogs and common toads in western Poland in 1978-2002. *Ann. Zool. Fennici* 40, 459-464.
- Umweltbundesamt. (2016). Abgerufen am 31. 10 2016 von http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltthemen/naturschutz/PDFs/Natura_2000/Referenzliste_und_Bewertungen_2007_2013.pdf
- Vu, M., & Trudeau, V. (2016). Neuroendocrine control of spawning in amphibians and its practical applications. *General and Comparative Endocrinology (Article in press)*.
- Wang, C., Tang, Y., & Chen, J. (2016). *Plant phenological synchrony increases under rapid within-spring warming*. Abgerufen am 17. 08 2016 von Scientific reports - a natureresearch journal: <http://www.nature.com/articles/srep25460>
- Wang, H., Rutishauser, T., Tao, Z., Zhong, S., Ge, Q., & Dai, J. (2016). Impacts of global warming on phenology of spring leaf unfolding remain stable in the long run. *Int J Biometeorol*.
- Young-Science. (o.J.). Abgerufen am 28. 11 2016 von ObstVerrückt: http://www.youngscience.at/young_citizen_science/citizen_science_award_2016/obstverrueckt/
- ZAMG. (2015). (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Herausgeber) Abgerufen am 25. 09 2016 von http://www.phenowatch.at/fileadmin/_migrated/content_uploads/Beobachtungsanleitung2015_8.pdf
- ZAMG. (o.J.). *PhenoWatch-ZAMG Pänologie: Über die Phänologie: Phänologie und ZAMG*. Abgerufen am 18. 11 2016 von ZAMG - Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik: <http://www.phenowatch.at/ueber-die-phaenologie/phaenologie-an-der-zamg.html>
- ZAMG, a. (o.J.). Abgerufen am 28. 11 2016 von ZAMG Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik: <http://www.phenowatch.at/ueber-die-phaenologie.html>
- ZAMG, b. (o.J.). Abgerufen am 28. 11. 2016 von Naturverrückt: <http://www.naturverrueckt.at/informationen/ueber-naturverrueckt>
- ZAMG, c. (o.J.). Abgerufen am 28. 11 2016 von FarbVerrückt: <http://www.naturverrueckt.at/farbverrueckt/backgroundinfos>

B-7 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abb. B- 1: Übersicht über die angewendeten Forschungsmethoden	10
Abb. B- 2: Übersicht über die Lage der ausgewählten Amphibienwanderstrecken, PEP-Stationen (Pflanzen) und ZAMG-Stationen	13
Abb. B- 3: Schematische Darstellung der jahreszeitlichen Amphibienwanderung	14
Abb. B- 4: Einflüsse auf die Pflanzenentwicklung, erstellt von Czachs, C. nach Höbarth, K.& Czachs, C. (2010), Schnelle (1955) und Karsten (1986).....	19
Abb. B- 5: Phänologische Trends in Europa erstellt von Hanreich, C. nach Menzel, et al. (2006) in Menzel (2006)	20
Abb. B- 6: Auslösende Faktoren der Amphibienwanderung im Überblick; erstellt von Hanreich & Czachs nach Höbarth, K.& Czachs, Ch. (2010), Blab, J. (1986), Malkmus, R. (2012), Vu, M. & Trudeau, V. (2016).....	23
Abb. B-7: Aufbauzeitpunkt der Zaunanlage(n).....	31
Abb. B-8: Dauer der Betreuungsmaßnahmen an den Schutzanlagen im Laufe einer Saison.....	31
Abb. B- 9: Fragen zum Monitoring der Amphibienschutzanlagen	32
Abb. B- 10: Angaben zur Weitergabe der gesammelten Amphibiendaten	32
Abb. B- 11: Einschätzung der Entwicklung der Amphibienpopulationen an den betreuten Standorten	33
Abb. B- 12: Gründe für abnehmende Populationen	34
Abb. B- 13: Gründe für schwankende Populationen	34
Abb. B- 14: Gründe für zunehmende Populationen	35
Abb. B- 15: Wahrgenommene Veränderung in Bezug auf Aktivitätsphasen der Amphibien	35
Abb. B- 16: Meinung zur Möglichkeit der Vorhersagbarkeit & Eingrenzung der Wanderzeitpunkte	36
Abb. B- 17: Eigenschaften/Voraussetzungen, die ein Indikatorsystem erfüllen müsste .	37
Abb. B- 18: Entwicklung des Wanderbeginns für alle verfügbaren Datensätze.....	38
Abb. B- 19: Entwicklung des Endzeitpunktes der Wanderung	38
Abb. B- 20: Entwicklung von Beginn und Ende der Wanderung an den für die Detailanalyse ausgewählten Wanderstrecken	39
Abb. B- 21: Dauer der Wanderung an den verfügbaren Österreichischen Amphibienwanderstrecken	39
Abb. B- 22: Abhängigkeit von Beginn zu Dauer der Wanderung	40
Abb. B- 23: Zusammenhang Beginn der Wanderung zu Temperatur	41
Abb. B- 24: Verlauf der Wanderung am Hofberg bei Frankenburg (OOE) im Jahr 2004 im Vergleich mit dem Tagesmittel der Lufttemperatur sowie der Tagesniederschlagssumme	42
Abb. B- 25: Eintritt der Phänophasen Blattentfaltung der Hasel und der ersten Blüte der Forsythie unter Berücksichtigung des Wanderbeginns und der Seehöhe.....	44
Abb. B- 26: Eintritt der Phänophasen der ersten Blüte der Hasel, der Forsythie und der Salweide unter Berücksichtigung des Wanderbeginns und der Seehöhe.....	44

Abb. B- 27: Zusammenhang Beginn der Wanderung und der ersten Blüte der Hasel, der Forsythie und der Salweide	45
Abb. B- 28: Phänologische Jahreszeiten - erstellt von Czachs nach Höbarth, K. & Czachs, C. (2010), Brandt, K. & Pagenkopf, T. (2011) und ZAMG (2015)	87
Abb. B- 29: Phänologische Entwicklungsphasen - erstellt von Czachs nach Höbarth, K. & Czachs, C. (2010), Brandt, K. & Pagenkopf, T. (2011) und ZAMG (2015)	88
Abb. B- 30: Jahreslebensraum und Wanderverhalten der Amphiben; nach Höbarth, K. & Czachs, Ch. (2010), Hödl et. al. (1997), Glandt, D. (2016)	89
Abb. B- 31: Verlauf der Amphibienwanderung am Exelberg (Wien) im Zeitraum 1999-2010	94
Abb. B- 32: Beginn und Ende der Wanderung am Exelberg Wien	95
Abb. B- 33: Verlauf der Wanderung an den drei Wanderstrecken in Salzburg	100
Tab. B- 1: Liste der für die Analyse herangezogenen Phänophasen	15
Tab. B- 2: Stationsliste der Messstationen der zur Analyse herangezogenen Klimaparameter	16
Tab. B- 3: Zur Beurteilung der Abhängigkeit des Wanderbeginns herangezogene Parameter	16
Tab. B- 4: Ergebnisse der Literaturanalyse	17
Tab. B- 5: Errechnete Korrelationskoeffizienten für den Beginn der Wanderung und die als mögliche Auslöser der Wanderung identifizierten Klimaparameter	41
Tab. B- 6: Errechnete Korrelationskoeffizienten für den Beginn der Wanderung und die als mögliche Auslöser der Wanderung identifizierten Klimaparameter	43
Tab. B- 7: Das phänologische Jahr der ausgewählten Amphibienarten Erdkröte (Bufo bufo), Springfrosch (Rana dalmatina) und Grasfrosch (Rana temporaria) basierend auf Cabela et al. (2001)	90
Tab. B- 8: Klimawandelbedingte phänologische Veränderungen bezogen auf Tiergruppen in Europa adaptiert nach Rabitsch&Herren (2013)	93