

## Monitoring von Klimawandel- auswirkungen auf die Biodiversität

Umweltbundesamt

PERSPEKTIVEN FÜR  
UMWELT & GESELLSCHAFT **umwelt**bundesamt<sup>U</sup>

ProjektmitarbeiterInnen und AutorInnen des Berichts

Stefan Schindler

Irene Oberleitner

Wolfgang Rabitsch

Franz Essl

Maria Stejskal-Tiefenbach

Gestaltung der Seite bis auf Impressum frei

Diese Publikation sollte folgendermaßen zitiert werden:

Schindler, S, Oberleitner, I., Rabitsch, W., Essl, F., Stejskal-Tiefenbach, M. (2017): Monitoring von Klimawandelauswirkungen auf die Biodiversität. Endbericht von StartClim2016.A in StartClim2016: Weitere Beiträge zur Umsetzung der österreichischen Anpassungsstrategie, Auftraggeber: BMLFUW, BMWF, ÖBf, Land Oberösterreich

Wien, im September 2017

StartClim2016.A

Teilprojekt von StartClim2016

Projektleitung von StartClim2016:

Universität für Bodenkultur, Department für Wasser – Atmosphäre – Umwelt

Institut für Meteorologie, Gregor Mendel-Straße 33, 1190 Wien

URL: [www.startclim.at](http://www.startclim.at)

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

## Inhaltsverzeichnis

<b>Kurzfassung</b>	<b>6</b>
<b>Abstract 6</b>	
<b>A-1 Einleitung</b>	<b>8</b>
<b>A-1.1 Projektziele und Projektinhalte</b>	<b>9</b>
<b>A-2 Biodiversitätsmonitoring-Programme sowie relevante Forschungsprojekte</b>	<b>10</b>
<b>A-2.1 Relevante Biodiversitätsmonitoring-Programme</b>	<b>10</b>
<b>A-2.2 ACRP- und StartClim-Projekte</b>	<b>12</b>
<b>A-3 Methodologische Ansätze zur Erfassung von Klimawandelauswirkungen auf die Biodiversität</b>	<b>13</b>
<b>A-3.1 Methodologische Ansätze basierend auf Trends in Abundanz, Verbreitung, Reichtum und Diversität von Arten</b>	<b>13</b>
<i>A-3.1.1 Vergleich von Populationstrends wärme- und kälteadaptierter Arten</i>	<i>13</i>
<i>A-3.1.2 Änderung der Thermophilie-Indizes von Artengemeinschaften</i>	<i>14</i>
<i>A-3.1.3 Zeitliche Änderung der altitudinalen Verbreitungsmuster</i>	<i>16</i>
<b>A-3.2 Klimadaten</b>	<b>17</b>
<i>A-3.2.1 Vergleich zweier Ansätze: Analyse von Klimawandelauswirkungen mit und ohne Klimadaten</i>	<i>17</i>
<i>A-3.2.2 Für Österreich verfügbare Klimadaten</i>	<i>18</i>
<b>A-4 Klimawandelfolgen in unterschiedlichen Ökosystemen und Artengruppen und Priorisierung von Monitoringprogrammen</b>	<b>19</b>
<b>A-5 Bestehende Biodiversitätsmonitoring-Systeme und deren Nutzbarkeit zur Identifizierung von Klimawandelauswirkungen</b>	<b>22</b>

<b>A-5.1</b>	<b>Biodiversitätsmonitoring-Systeme im Gebirge</b> -----	<b>22</b>
	<i>A-5.1.1</i> <i>Detaillierte Beschreibung der vorhandenen Daten</i> -----	22
	<i>A-5.1.2</i> <i>Methodologische Ansätze und analytische Arbeitsschritte</i> -----	22
	<i>A-5.1.3</i> <i>Verwendung von Klimadaten</i> -----	22
<b>A-5.2</b>	<b>Biodiversitätsmonitoring-Systeme in Wäldern</b> -----	<b>23</b>
	<i>A-5.2.1</i> <i>Detaillierte Beschreibung der vorhandenen Daten</i> -----	23
	<i>A-5.2.2</i> <i>Methodologische Ansätze und analytische Arbeitsschritte</i> -----	24
	<i>A-5.2.3</i> <i>Verwendung von Klimadaten</i> -----	24
<b>A-5.3</b>	<b>Biodiversitätsmonitoring-Systeme der offenen Kulturlandschaft</b> -----	<b>24</b>
	<i>A-5.3.1</i> <i>Detaillierte Beschreibung der vorhandenen Daten</i> -----	24
	<i>A-5.3.2</i> <i>Methodologische Ansätze und analytische Arbeitsschritte</i> -----	26
	<i>A-5.3.3</i> <i>Verwendung von Klimadaten</i> -----	27
<b>A-5.4</b>	<b>Biodiversitätsmonitoring-Systeme für limnische Biodiversität</b> -----	<b>27</b>
	<i>A-5.4.1</i> <i>Detaillierte Beschreibung der vorhandenen Daten</i> -----	27
	<i>A-5.4.2</i> <i>Methodologische Ansätze und analytische Arbeitsschritte</i> -----	29
	<i>A-5.4.3</i> <i>Verwendung von Klimadaten</i> -----	29
<b>A-5.5</b>	<b>Biodiversitätsmonitoring-Systeme für Arten und Habitate von gemeinschaftlichem Interesse</b> -----	<b>29</b>
	<i>A-5.5.1</i> <i>Detaillierte Beschreibung der vorhandenen Daten</i> -----	29
	<i>A-5.5.2</i> <i>Methodologische Ansätze und analytische Arbeitsschritte</i> -----	30
	<i>A-5.5.3</i> <i>Verwendung von Klimadaten</i> -----	31
<b>A-5.6</b>	<b>Vogel-Monitoring (BirdLife Österreich)</b> -----	<b>31</b>
<b>A-6</b>	<b>Phänologie und Klimawandelfolgenmonitoring</b> -----	<b>32</b>
<b>A-7</b>	<b>Das Konzept „Monitoring von Klimawandelauswirkungen auf die Biodiversität“ und seine Umsetzung</b> -----	<b>34</b>
<b>A-8</b>	<b>Danksagung</b> -----	<b>38</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b> -----	<b>39</b>
	<b>Abbildungs- und Tabellenverzeichnis</b> -----	<b>44</b>
	<b>Anhang</b> -----	<b>46</b>

<b>Anhang 1 – Monitoring-Programme und Erfassung von Klimawandelauswirkungen auf die Biodiversität</b>	<b>46</b>
<i>Monitoring-Systeme zur Erfassung von Klimawandelauswirkungen auf Verbreitung und Abundanz von Arten (und Habitaten)</i>	46
<i>Monitoring-Systeme zur Erfassung von Klimawandelauswirkungen auf die Phänologie von Arten (und Habitaten)</i>	50
<i>Monitoring-Systeme, die die Erfassung von Klimawandelauswirkungen auf Verbreitung und Abundanz von Arten (und Habitaten) ermöglichen</i>	54
<i>Monitoring-Systeme, die die Erfassung von Klimawandelauswirkungen auf die Phänologie von Arten (und Habitaten) ermöglichen</i>	89
<i>Monitoring-Systeme, für die die Erfassung von Klimawandelauswirkungen auf Biodiversität keine Rolle spielt</i>	91
<b>Anhang 2 – Relevante ACRP- und StartClim-Projekte</b>	<b>93</b>
<i>ACRP-Projekt „SPEC-Adapt“: Klimawandel-Auswirkungen auf Artverbreitung</i>	93
<b>Projektbeschreibung</b>	<b>93</b>
<b>Projektergebnisse</b>	<b>93</b>
<i>StartClim2015.C: „Monitoring-Programm für den Einfluss des Klimawandels auf die österreichische Vogelfauna“</i>	94
<i>Klimafondsprojekt „Klimawandel und sein Einfluss auf die Biodiversität“</i>	96
<i>Weitere ACRP-Projekte</i>	97
<i>Weitere StartClim-Projekte</i>	98

## Kurzfassung

„Monitoring von Klimawandelauswirkungen auf die Biodiversität“ stellt ein Konzept vor, das der Erfassung der Auswirkungen des Klimawandels auf die österreichische Biodiversität dient. Das Konzept deckt sowohl Auswirkungen auf Biotoptypen als auch auf Artenreichtum, -diversität, -verbreitung und -abundanz als auch phänologische Veränderungen ab. Im Konzept ist vorgeschlagen, dass sowohl Datensätze aus bestehenden Biodiversitätsmonitoring-Programmen zur Analyse von Klimawandelauswirkungen herangezogen, als auch komplementäre Datenerhebungen zu besonders relevanten Artengruppen initiiert werden sollen. Das Konzept beinhaltet eine Zusammenstellung jener Ökosysteme und Organismengruppen, für die ein Erkenntnisgewinn zu den Klimawandelfolgen notwendig ist. Für bestehende österreichweite Monitoring-Programme (GLORIA, ÖWI, BINATS, ÖBM-Kulturlandschaft, WRRL-Monitoring, FFH-Monitoring; Vogelmonitoring-Programme) werden vorhandene Datensätze und adäquate Analysemöglichkeiten vorgestellt und mit einem Zeitrahmen versehen. Folgende zusätzliche Monitoring-Programme sollten eingerichtet werden: In nivalen und alpinen Höhenzonen sollten die GLORIA-Erhebungen für Gefäßpflanzen auf weitere österreichische Gebirgsregionen ausgeweitet werden. Ein Monitoring der Biotoptypen wäre an feuchten und trockenen Sonderstandorten prioritär zu initiieren, im Wald ein Gefäßpflanzenmonitoring und in Fließ- und Stillgewässern ein Amphibien- und Libellenmonitoring. Für feuchte Sonderstandorte sollte ein Monitoring von Moosen, Gefäßpflanzen, Bäumen, Amphibien und Libellen eingerichtet werden, an trockenen Sonderstandorten ein Monitoring von Gefäßpflanzen, Reptilien, Schnecken, Heuschrecken, Tagfaltern und Bienen. Prioritär sollte auch für alle geschützten Arten ein Monitoring eingerichtet werden. Die Programme sollte 2018/19 vorbereitet und ab 2020 in Fünfjahresintervallen durchgeführt werden.

## Abstract

*“Monitoring the effect of climate change on biodiversity”* presents a concept for assessing the effects of climate change on biodiversity in Austria. The concept covers effects on habitats, species richness, diversity, distribution and abundance, and phenological changes. For this purpose, data sets from existing biodiversity monitoring programmes should be regularly analysed and complementary surveys on particularly relevant species groups initiated. The concept includes an overview of combinations of ecosystems and taxa, for which knowledge of climate change impacts is essential. Data sets, suitable approaches for their analysis and timeframes are presented for existing biodiversity monitoring programmes at the national level (GLORIA, ÖWI, BINATS, ÖBM-Kulturlandschaft, WRRL-Monitoring, FFH-Monitoring, Vogelmonitoring). In the course of the prioritisation of the ecosystems and taxa for which monitoring of climate change impacts are necessary, several ecosystem/taxon combinations were identified for which a new monitoring programme needs to be established: in the nival and alpine zones, the monitoring of vascular plants following the GLORIA approach should be extended to further Austrian mountain regions; vascular plants should be monitored in forests, and amphibians and dragonflies along rivers and lakes; mosses, vascular plants, trees, amphibians, dragonflies and habitat types in wet habitats and vascular plants, reptiles, snails, grasshoppers, butterflies, bees and habitat types in dry habitats. Protected species that have not been monitored so far should also be a priority target in all ecosystems. Priority should also be given to monitoring all protected species. The programme should be prepared in 2018/19 and implemented at five-year intervals from 2020 onwards.

## A-1 Einleitung

Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Biodiversität sind vielfältig: Tier- und Pflanzenarten können durch Klimawandelauswirkungen ihre Abundanz, ihr Verbreitungsgebiet, ihre Phänologie und ihre Physiologie verändern (Bellard et al., 2012, Dawson et al., 2011, Devictor et al., 2012, Gottfried et al., 2012, Parmesan, 2006, Parmesan & Yohe, 2003, Stephens et al., 2016). Um getrieben vom Klimawandel neue Gebiete besiedeln zu können, müssen neben der klimatischen Eignung auch eine biotische Eignung (z.B. Offenlandarten können sich nur im Offenland ansiedeln) sowie die Erreichbarkeit der neuen Gebiete gegeben sein (Peterson, 2006). Dies ist jedoch oftmals nicht der Fall. Rezente Studien für den Ostalpenraum zeigen, dass der Klimawandel ohne umfassende Naturschutzmaßnahmen zu einem dramatischem Arealrückgang und zum Aussterben von heimischen Organismen führen kann (Essl et al., 2016, Wessely et al., in Druck).

Neben direkten Auswirkungen auf Organismen durch Hitze und Trockenheit, sind in Österreich vor allem die Veränderung von Habitaten und Konkurrenzphänomene wesentliche Faktoren. Phänologische Fehlanpassungen wie zum Beispiel zwischen Blühzeitpunkt und Insektenvorkommen oder Insektenvorkommen und Phase der Aufzucht und Wachstum von juvenilen insektivoren Vertebraten, können sich auf Organismen (Both & Visser, 2001), aber auch auf Ökosystemfunktionen und -leistungen auswirken. Ein wesentlicher Aspekt ist, dass in den meisten Ökosystemen Mitteleuropas, Auswirkungen des Klimawandels gemeinsam mit anderen wesentlichen Gefährdungsfaktoren interagieren. Für Österreich sind dies z.B. hydrologische Veränderungen sowie Veränderungen in der land- und forstwirtschaftlichen Nutzung (Umweltbundesamt, 2016), aber auch der Stickstoffeintrag (Dirnböck, 2016, Haemmerle et al., in Begutachtung). Da Naturschutzstrategien derzeit zumeist den Klimawandel unberücksichtigt lassen, gleichzeitig aber dessen Auswirkungen nicht kompensieren können (Essl et al., 2016, Wessely et al., in Druck), ist es entscheidend, die Effekte des Klimawandels auf die Biodiversität frühzeitig zu erkennen.

In den Anfängen der Klimawandelfolgenforschung waren der Nachweis des Klimawandels und das Aufzeigen erster Klimawandelauswirkungen mittels besonders anfälliger Indikatorarten wesentlich (Grabherr et al., 1994). In der Folge wurden empirische Studien räumlich erweitert (Pauli et al., 2012, Gottfried et al., 2012) und gleichzeitig wurden mittels sich etablierender Klimaszenarien klimatische Nischenmodelle zur Vorhersage von Klimawandelfolgen etabliert und in großem Ausmaß angewandt (Dawson et al., 2011, Guisan & Thuiller, 2005). Diese Modelle und Simulationen wurden mittlerweile durch Inkludieren von demographischen Prozessen, Ausbreitungsfunktionen und Habitateignung weiterentwickelt (Dullinger et al., 2012, Wessely et al., in Druck).

Jeder Lebensraum Österreichs, jede Artengruppe, jede Art und jedes Individuum ist dem Klimawandel in unterschiedlichem Ausmaß ausgesetzt und reagiert potenziell unterschiedlich auf Stress durch Klimawandel. Es ist deshalb vor allem wesentlich, dass empirische Daten und Erkenntnisse zu den Klimawandelauswirkungen auf Biodiversität zunehmen und der Schritt von räumlich und taxonomisch begrenzten Fallstudien zu einer breiteren Abdeckung vollzogen wird.

In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, dass lange Zeiträume abdeckende Datenreihen für die Analyse von Klimawandelauswirkungen auf die Biodiversität besonders wertvoll sind (Mirtl et al., 2015, Schindler et al., 2011). Deshalb wird im Folgenden empfohlen, dass vor allem Biodiversitätsmonitoring-Programme für die Ermittlung von Biodiversitätsauswirkungen durch den Klimawandel verwendet werden, die eine breite räumliche und taxonomische Abdeckung haben, sowie für die längere Zeitreihen bereits begonnen haben oder zumindest geplant sind.



### **A-1.1 Projektziele und Projektinhalte**

Im Folgenden wird ein Konzept für ein Monitoring-Programm vorgestellt, das der Erfassung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Biodiversität dient. Das Konzept basiert auf den folgenden Annahmen: (i) es ist wesentlich, die Auswirkungen des Klimawandels auf Biodiversität in großer taxonomischer und räumlicher Breite zu erfassen und (ii) die Erkenntnisse zu den Klimawandelauswirkungen auf Biodiversität sind zeitnah notwendig, um Naturschutzstrategien und –maßnahmen an die Realitäten des Klimawandels möglichst bald und möglichst gut anpassen zu können. Zu diesen Zwecken sollten Datensätze aus bestehenden Biodiversitätsmonitoring-Programmen zur Analyse von Klimawandelauswirkungen verwendet werden, sowie komplementäre Datenerhebungen zu besonders relevanten Artengruppen initiiert werden.

Dieses vorliegende Konzept deckt sowohl Auswirkungen bzgl. Artenreichtum, -diversität, -verbreitung und -abundanz als auch phänologische Veränderungen ab. Es beinhaltet eine Darstellung von Biodiversitätsmonitoring-Programmen mit Fokus auf Österreich und den Alpenraum, um dort verwendete Methoden und generierte Daten zusammenfassend darzustellen (Kapitel 0, Anhang 1 – Monitoring-Programme und Erfassung von Klimawandelauswirkungen auf die Biodiversität). Weiterführend werden relevante ACRP- und StartClim-Projekte vorgestellt (Kapitel 0, Anhang 2 – Relevante ACRP- und StartClim-Projekte). Anschließend werden methodologische Ansätze vorgestellt, die derzeit in der Forschung zu den Klimawandelauswirkungen auf die Biodiversität verwendet werden, sowohl Ansätze, die Klimadaten benötigen als auch jene, die ohne Klimadaten auskommen (Kapitel 0).

Das Konzept beinhaltet auch eine Zusammenstellung jener Ökosysteme und Organismengruppen sowie Biotoptypen, für die ein Erkenntnisgewinn zu den Klimawandelfolgen notwendig ist (Kapitel 0). Weiters enthält es eine detaillierte Vorstellung jener bereits vorliegenden oder geplanten Biodiversitäts-Datensätzen, die wesentliche Bereiche des österreichischen Bundesgebiets abdecken und deren Anwendbarkeit und Verfügbarkeit für den Zweck des Monitorings der Klimawandelauswirkungen auf die Biodiversität möglich und sinnvoll erscheinen (Kapitel 0 und 0). Diese Vorstellung beinhaltet auch konkret anwendbare methodologische Ansätze und analytische Arbeitsschritte sowie die anwendbaren Klimadaten.

Ein weiteres Element ist die Darstellung der notwendigen komplementären Datenerhebungen zu besonders relevanten Artengruppen. Die bestehenden und zu initiiierenden Monitoring-Programme werden im Kapitel 0 „A-7 Das Konzept „Monitoring von Klimawandelauswirkungen auf die Biodiversität“ und seine Umsetzung“ zusammengefasst und mit einem Zeitrahmen zur Umsetzung versehen.

## A-2 Biodiversitätsmonitoring-Programme sowie relevante Forschungsprojekte

In Österreich fehlt bis dato ein landesweites Biodiversitätsmonitoring – ausgenommen für Vögel. Das BirdLife Brutvogel-Monitoring überwacht die Bestände häufiger österreichischer Brutvogelarten (Teufelbauer 2010, 2014). Für Europa wurden paneuropäische Monitoring-Programme für Vögel und Tagfalter sowie nationale Monitoring-Programme zu unterschiedlichen Lebensraum- und Organismengruppen in Großbritannien, Nordirland, Norwegen, der Schweiz und Schweden bekannt und kürzlich von Herzog & Franklin (2016) zusammengefasst. Die meisten europäischen Monitoring-Programme sind jedoch nicht mit dem Ziel entwickelt worden, Klimawandelfolgen zu identifizieren (Lexer et al., 2014).

### A-2.1 Relevante Biodiversitätsmonitoring-Programme

Bei den Recherchen für das gegenständliche Konzept mit Schwerpunktsetzung auf Österreich, die Schweiz und Deutschland fanden wir 43 Monitoring-Programme (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**; Anhang 1 – Monitoring-Programme und Erfassung von Klimawandelauswirkungen auf die Biodiversität). Es handelte sich dabei um drei Monitoring-Programme zur Erfassung von Klimawandelauswirkungen auf Verbreitung und Abundanz von Arten (und Habitaten), vier Monitoring-Programme zur Erfassung von Klimawandelauswirkungen auf die Phänologie von Arten (und Habitaten), 34 Monitoring-Programme, die die Erfassung von Klimawandelauswirkungen auf Verbreitung und Abundanz von Arten (und Habitaten) ermöglichen könnten, aber nicht explizit für diesen Zweck entwickelt wurden, sowie zwei Monitoring-Programme, die die Erfassung von Klimawandelauswirkungen auf die Phänologie von Arten (und Habitaten) ermöglichen könnten, aber nicht explizit für diesen Zweck entwickelt wurden (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

Diese Monitoring-Programme sind in Anhang 1 – Monitoring-Programme und Erfassung von Klimawandelauswirkungen auf die Biodiversität mittels Factsheets dargestellt. Diese Factsheets beinhalten Angaben zur Zielsetzung, zum Untersuchungsgebiet, zu den behandelten Ökosystemen, zum methodologischen Ansatz, zu den inkludierten Lebensraumtypen und Organismengruppen, zu den Erhebungsintervallen, zu Größe und Anzahl der Rasterzellen (oder Erhebungsbereichen), Einschränkungen und Schlussfolgerungen. Die Factsheets zu den Monitoring-Programmen zur Erfassung von Klimawandelauswirkungen auf Verbreitung und Abundanz von Arten (und Habitaten) sowie zur Phänologie erhalten zusätzlich Information zu klimawandelspezifischen Zielsetzungen, Ansätzen und Ergebnissen.

Für zwei weitere Monitoring-Programme (Bacchus, Phänoflex) wurden Factsheets erstellt, obwohl sie letztendlich keine relevanten Biodiversitätsdaten enthalten (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

**Tab. A- 1:** Überblick über ausgewählte Biodiversitätsmonitoring-Programme (vgl. Anhang 1 – Monitoring-Programme und Erfassung von Klimawandelauswirkungen auf die Biodiversität)

	<b>Monitoring-Programm</b>	<b>Land</b>
<i>Zur Erfassung von KW-Auswirkungen auf Verbreitung und Abundanz von Arten (und Habitaten)</i>		
	Global Observation Research Initiative in Alpine Environments (GLO-RIA)	AT (etc.)
	Klima-Einfluss-Index für die Brutvögel Österreichs	AT
	Klimawandel und sein Einfluss auf die Biodiversität - Grundlagen für ein Monitoring ausgewählter Indikatorarten	AT

<i>Zur Erfassung von KW-Auswirkungen auf Phänologie von Arten (und Habitaten)</i>		
	PhenoWatch	AT
	DATAPHEN	AT
	Phänologie und Arealerweiterung von Heuschrecken	DE
	Historische Phänologische Datenbank (HPDB)	DE (v.a.)
<i>Erfassung von Klimawandelauswirkungen auf Verbreitung und Abundanz von Arten (und Habitaten) möglich</i>		
	Pan-European Common bird monitoring scheme – PECBMS	Europa
	Butterfly Monitoring – Europe	Europa
	BINATS 2 (Biodiversity-Nature-Safety)	AT
	Österreichisches Biodiversitätsmonitoring ÖBM-Kulturlandschaft	AT
	Österreichische Waldinventur – ÖWI	AT
	MOBI-e Entwicklung eines Konzeptes für ein Biodiversitätsmonitoring in Österreich	AT
	SINUS – Spatial Indices for Land Use Sustainability	AT
	Naturbeobachtung.at	AT
	Stunde der Wintervögel	AT
	LTER (Long-term Ecological Research) Zöbelboden	AT
	Moosmonitoring	AT
	Zustand der Biodiversität in der Schweiz - BDM	CH
	Landscape Monitoring Switzerland	CH
	Arten und Lebensräume Landwirtschaft – ALL-EMA	CH
	Vogelmonitoring in Deutschland	DE
	Wasservogelzählung	DE
	Tagfalter-Monitoring Deutschland - TMD	DE
	Fledermausmonitoring in Bayern	DE
	Langfristiges vegetationsökologisches Monitoring auf Dauerbeobachtungsflächen in Naturwaldreservaten in Nordrhein-Westfalen	DE
	Ökologische Flächenstichprobe – ÖFS	DE
	Biotopmonitoring	DE
	Wildnisgebietsmonitoring	DE
	Umweltmonitoring im Wald	DE
	Klima- und Landschaftswandel in Rheinland-Pfalz (KlimLandRP)	DE
	United Kingdom Butterfly Monitoring Scheme	UK
	Mammal monitoring	UK
	UK Countryside Survey	UK
	Northern Ireland Countryside Survey - NICS	UK
	Bumblebee Monitoring Scheme	IE
	Irish Butterfly Monitoring Scheme	IE
	Netzwerk Ökologische Monitoring (NEM)	NL
	De Vlinderstichting - Conservation of butterflies, moths and dragonflies	NL
	Nationell inventering av landskapet i Sverige, NILS	SE
	The Norwegian Monitoring Programme for Agricultural Landscapes (“3Q programme”)	NO
<i>Erfassung von Klimawandelauswirkungen auf die Phänologie von Arten (und Habitaten) möglich</i>		
	Österreichisches Borkenkäfer-Monitoring	AT
	Die Internationalen Phänologischen Gärten Europas	Europa
<i>Erfassung von Klimawandelauswirkungen auf Biodiversität nicht möglich</i>		
	Bacchus	AT
	Phänoflex - Flexibilisierung der WF-Schnittzeitpunkte nach phänologischem Modell	AT

## A-2.2 ACRP- und StartClim-Projekte

Es wurden die vom Klimafonds geförderten Projekte hinsichtlich ihrer Relevanz für das gegenständliche Konzept überprüft. Drei ACRP- und StartClim-Projekte werden als besonders wesentlich erachtet, da die Ergebnisse wichtige Erkenntnisse zu den Klimauswirkungen auf Biodiversität liefern oder die verwendeten methodologischen Ansätze auf die vorliegende Fragestellung übertragbar sind. Diese drei Projekte sind in Anhang 2 – Relevante ACRP- und StartClim-Projekte ausführlich dargestellt.

- In „SPEC-Adapt“ (Essl et al., 2016, Wessely et al., in Druck) wurden Verbreitungen von insgesamt 60 Pflanzen-, Heuschrecken- und Tagfalterarten modelliert und sehr starke Arealrückgänge tlw. sogar Aussterbeereignisse prognostiziert, die mit herkömmlichen Naturschutzmaßnahmen (Schutzgebiete, Korridore, Maßnahmen in ungeschützten Flächen) nur teilweise zu kompensieren sind.
- In „Monitoring-Programm für den Einfluss des Klimawandels auf die österreichische Vogelfauna“ (Nemeth et al., 2016) ist relevant, dass für Vögel österreichweite Analysen zu Klimawandelfolgen auf Abundanzen vorliegen, dass der methodologische Ansatz der Einteilung in wärme- und kälteadaptierte Arten kombiniert mit vergleichender Trendanalyse der Abundanz in Österreich und international erfolgreich angewandt wird (Stephens et al., 2016) und für viele Artengruppen und Habitate potenziell anwendbar wäre.
- In „Klimawandel und sein Einfluss auf die Biodiversität“ (Ökoteam, 2012) ist relevant, dass Grundlagendaten für die Binsenspornzikade entlang eines Höhen-Gradienten vorliegen und dass die Methodik der Evaluierung der relativen Häufigkeit oder Antreffwahrscheinlichkeit entlang von Höhen-Transekten für viele österreichische Habitate und besonders für Arten anwendbar ist.

Weitere ACRP- und StartClim-Projekte zu den Themen Biodiversität und Klimawandel sind in Anhang 2 – Relevante ACRP- und StartClim-Projektekurz dargestellt. Dabei handelt es sich um CCN-Adapt, SCHRANKOGEL\_20YEARS, HighEnd:Extremes und STARC-Impact bzw. um „Zur Bedeutung des Klimawandels für Ernährung und Krankheiten alpiner Wildarten“, „GIS-gestützte Ermittlung der Veränderung des Lebensraumes alpiner Wildtierarten (Birkhuhn, Schneehuhn, Gamswild, Steinwild) bei Anstieg der Waldgrenze aufgrund Klimaveränderung“, „Wie und wo verändern sich die österreichischen Flüsse durch den Klimawandel? Interdisziplinäre Analyse im Hinblick auf Fischfauna und Nährstoffe“ sowie „Thermischer Stress der Bachforelle an der Oberen Traun während des Sommers“ (Anhang 2 – Relevante ACRP- und StartClim-Projekte).

## **A-3 Methodologische Ansätze zur Erfassung von Klimawandelauswirkungen auf die Biodiversität**

Die Identifizierung von Klimawandelauswirkungen auf die Biodiversität wird verkompliziert durch Ungewissheiten bzgl. Ausmaß, Rate und Wesen des projizierten Klimawandels, durch möglicherweise neu auftretende und verschwindende Klimate, durch die Diversität der Reaktionen der unterschiedlichen Arten und Habitats auf die miteinander interagierenden Klimaparameter, sowie der Interaktion des Klimawandels und der Klimawandelauswirkungen mit biotischen Faktoren und Gefährdungsfaktoren (Dawson et al., 2011).

Die derzeit dominierende Methode für die Identifizierung von Klimawandelauswirkungen auf Biodiversität sind klimatische Nischenmodelle mit welchen Artverbreitungen unter Verwendung von Klimaparametern und Klimaszenarien in die Zukunft projiziert werden (Guisan & Thuiller, 2005). Wegen einiger methodologischer Schwachpunkte steht das Verlassen der Naturschutzpolitik auf diese eine Methode jedoch unter Kritik und eine Erweiterung um mechanistische Ansätze (ökophysiologische Modelle, Populationsmodelle, experimentelle Ansätze), paläoökologische Daten und empirische Monitoringdaten ist anzustreben (Dawson et al., 2011). Neue Erkenntnisse ergeben sich aus empirischen Monitoringdaten zu Reaktionen von Arten und Habitats auf den Klimawandel, und können in Kombination mit mechanistischen Ansätzen zur Prognose von Risiken oder der intrinsischen Anpassungsfähigkeit von Arten und Populationen verwendet werden (Dawson et al., 2011).

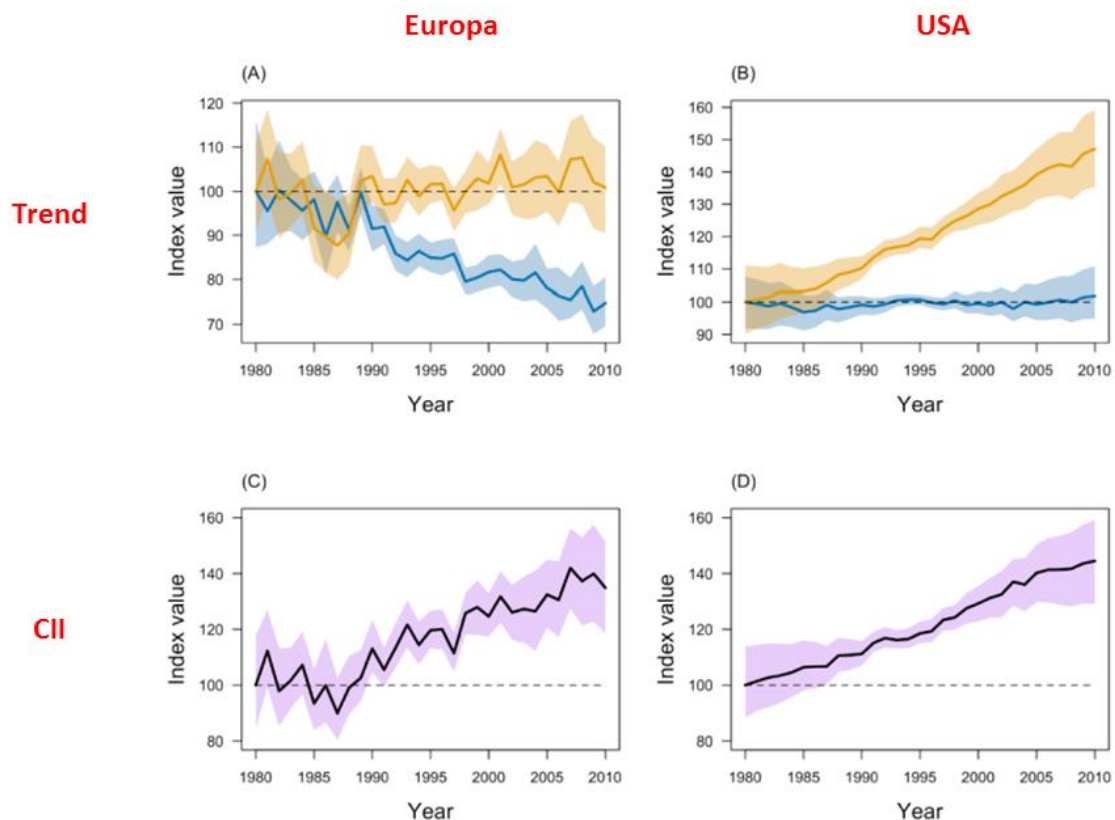
Der Klimawandel kann Veränderungen in der klimatischen Eignung eines Gebiets für Arten bewirken, die in der Folge zu Veränderungen der Artenabundanz und bei lokalen Aussterbe- und Besiedelungsereignissen zu Veränderungen in der Artverbreitung führen kann. Änderungen in der Verbreitung von Arten bedingen in der Folge eine Änderung des Artenreichtums, der Artenzusammensetzung und der Artendiversität. Außerdem kann der Klimawandel zu phänologischen sowie zu evolutiven Veränderungen führen (Parmesan & Yohe, 2003).

Die standardisierte regelmäßige Erfassung von Biodiversitätsdaten ermöglicht den Vergleich von Abundanz, Verbreitung, Reichtum, Zusammensetzung, Diversität und Phänologie von Arten und Habitats. Veränderungen dieser Parameter können mit adäquaten Methoden die Identifizierung von Klimawandelauswirkungen ermöglichen.

### **A-3.1 Methodologische Ansätze basierend auf Trends in Abundanz, Verbreitung, Reichtum und Diversität von Arten**

#### **A-3.1.1 Vergleich von Populationstrends wärme- und kälteadaptierter Arten**

Eine relevante Methode zur Erfassung der Klimawandelauswirkungen ist die Einteilung der Arten einer Artengruppe in wärme- und kälteadaptierte Arten, verbunden mit der Gegenüberstellung von Populationstrends (zu Abundanz, Verbreitungsareal oder Artenreichtum) der beiden Gruppen. Dieser Ansatz wurde des Öfteren für Vogelabundanz gewählt, z.B. in den USA (Stephens et al., 2016), in Europa (Gregory et al., 2009; Stephens et al., 2016) (Abb. A- 1) und auch für Österreich (Nemeth et al., 2016) (Anhang 2 – Relevante ACRP- und StartClim-Projekte). Durch die Klimaerwärmung ist zu erwarten, dass wärmeadaptierte Arten in einem gegebenen Gebiet im Vergleich zu kälteadaptierten Arten zunehmen. Um diese Veränderung in der Zusammensetzung der Arten zu quantifizieren, kann ein climate impact index berechnet werden, der den Quotienten aus dem Abundanz-Indexwert der wärmeadaptierten und der kälteadaptierten Artengruppe darstellt (Nemeth et al., 2016; Stephens et al., 2016) (Abb. A- 1).



**Abb. A- 1:** Abundanztrends wärmeadaptierter (orange) und kälteadaptierter (blau) Vogelarten in Europa (A) und den USA (B). Daraus berechneter climate impact index (CII; violett) für Europa (C) und die USA (D), der das Verhältnis der Indexwerte der wärmeadaptierten zu den kälteadaptierten Arten darstellt (nach Stephens et al., 2016).

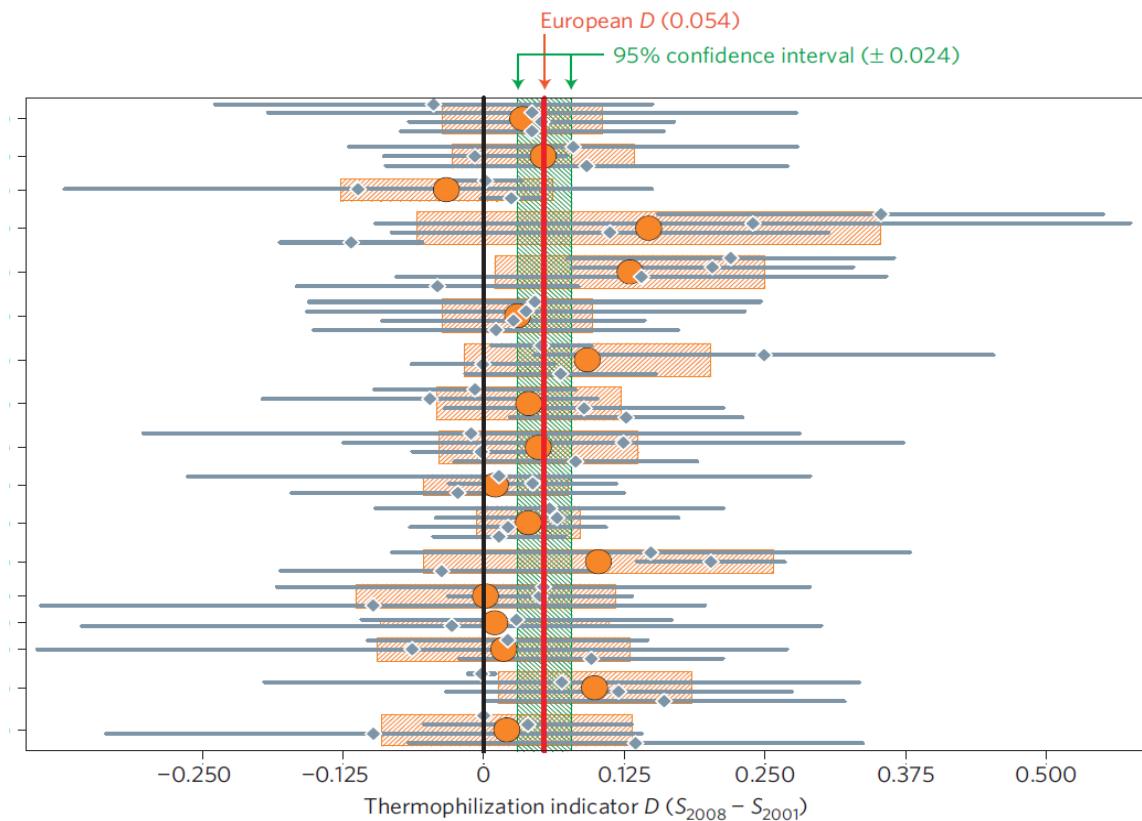
Zur Einteilung der Arten in wärme- und kälteadaptierte wurden klimatische Nischenmodelle verwendet (Gregory et al., 2009), man könnte die Einteilung aber auch ohne Modellierung direkt aus Verbreitungsdaten durchführen, z.B. indem man die Arten nach Höhenstufen gruppiert (vgl. Gottfried et al., 2012) oder über Verbreitungsatlas-Daten die mittlere Seehöhe oder die mittlere Jahresmitteltemperatur der Rasterzellen mit Präsenzen als Gruppierungskriterium verwendet (vgl. Zografou et al., 2014).

### A-3.1.2 Änderung der Thermophilie-Indizes von Artengemeinschaften

Unterschiedliche Populationstrends von wärme- und kälteadaptierten Arten bewirken eine Änderung des Thermophiliegrads der Artengemeinschaft. Dieser basiert auf Temperaturindizes. So kann für jede Art mit gut bekanntem Verbreitungsgebiet ein species temperature index (STI) berechnet werden, der eine Schätzung der mittleren Temperatur im Verbreitungsgebiet der Art darstellt (Thuiller et al., 2005). Zuerst kann man für eine gegebene Art den Langzeitplan abschätzen. Daraus lässt sich für jede Artengemeinschaft aus Arten mit bekannter Abundanz und bekanntem STI ein Community temperature index (CTI) berechnen, indem der Mittelwert der STIs aller Individuen der Artengemeinschaft gebildet wird (Devictor et al., 2008).

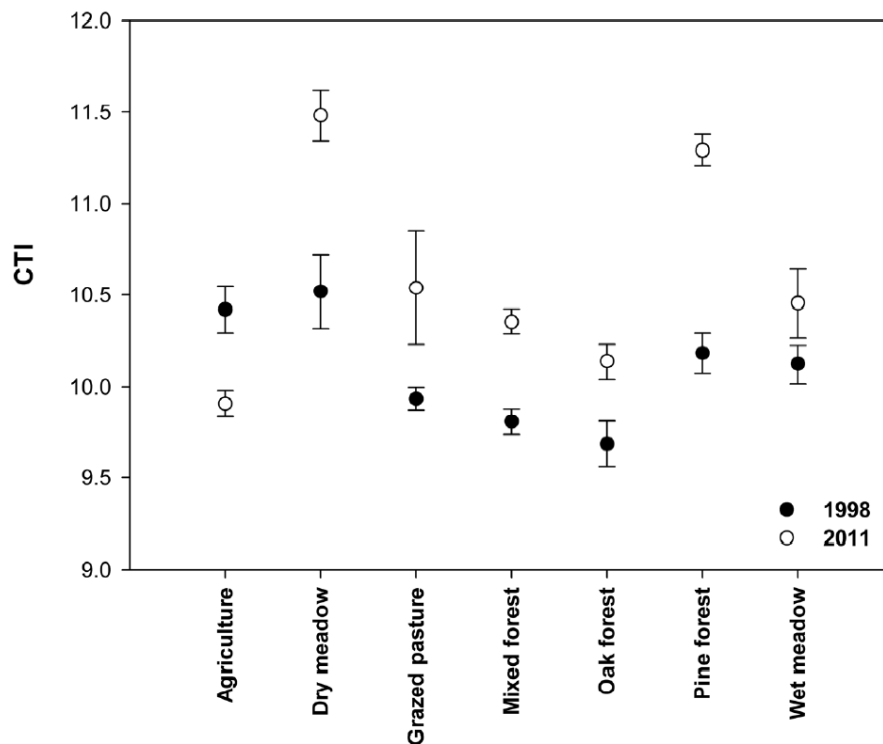
Durch die Klimaerwärmung ist zu erwarten, dass die mittlere Thermophilie der Individuen einer Artengemeinschaft zunimmt, da die klimatische Eignung des Standorts für

thermophile Arten im Vergleich zu kälteadaptierten zugenommen hat. Evidenz dafür wurde unter anderem durch das von einem österreichischen ForscherInnenteam entwickelte globale Monitoring-Programm für Gebirgsvegetation Global Observation Research Initiative in Alpine Environments (GLORIA) (Anhang 1 – Monitoring-Programme und Erfassung von Klimawandelauswirkungen auf die Biodiversität) geliefert (Gottfried et al., 2012). Auf den je (drei bis) vier Berggipfeln der 17 beprobten europäischen Gebirgsregionen nahm der Thermophilisationsindikator im Vergleich zwischen 2001 und 2007 signifikant zu (Abb. A- 2).



**Abb. A- 2:** Der Thermophilisationsindikator D stellt auf europäischem Maßstab die Thermophilisierung der Gefäßpflanzengemeinschaften in 17 beprobten Gebirgsregionen von 2001 bis 2008 dar. Er ist signifikant positiv (D: rote Linie; 95% Konfidenzintervall: grüne Schattierung; Referenzlinie bei  $D=0$ : schwarze Linie). Gebirgsregionen sind von Norden nach Süden aufgelistet (D und 95% Konfidenzintervalle für die Gebirgsregionen: orange Symbole und Balken). Berggipfel sind innerhalb der Gebirgsregionen vom höchsten zum niedrigsten Gipfel geordnet (D und 95% Konfidenzintervalle für die Berggipfel: blaugraue Symbole und Linien) (nach Gottfried et al., 2012).

Ein Beispiel für eine lokale Studie mit tierischen Organismen stellt jene von Zografou et al. (2014) in Nordgriechenland dar. Dabei wurden Schmetterlingsdaten von 1998 und 2011 von je drei Aufnahmestandorten in je sieben verschiedenen Habitattypen verglichen. In den sechs naturnahen Habitattypen nahm der Thermophilieindex CTI zu, in den landwirtschaftlichen Standorten nahm er ab (Abb. A- 3)



**Abb. A- 3:** Community temperature index (CTI) der beprobten Habitate in den Jahren 1998 und 2011. Für jeden der sieben Lebensräume (x-Achse) wurde CTI als mittlerer species temperature index (STI) berechnet. STI ergibt sich als durchschnittliche Temperatur der geographischen Gebiete jeder Art in Europa und wurde mit der Abundanz der Arten gewichtet, die 1998 (volle Kreise) und 2011 (leere Kreise) in jedem der Lebensräume erfasst wurde. Die Abbildung zeigt eine signifikante Zunahme der CTIs in allen Lebensräumen mit Ausnahme der landwirtschaftlichen Habitate (nach Zografou et al. 2014).

### A-3.1.3 Zeitliche Änderung der altitudinalen Verbreitungsmuster

Wenn man den Fokus von vorgegebenen Erhebungsstandorten und sich ändernden Artenzusammensetzung auf vorgegebene Arten und sich ändernde Seehöhe umlegt, kann man die Änderung der Thermophilie der Artengemeinschaft als Auswirkung der Klimawandels quantifizieren. Monitoring entlang von Höhengradienten eignet sich hervorragend für diesen Zweck (Pauli et al., 2012, Ökoteam 2012). Durch die Klimaerwärmung ist zu erwarten, dass einzelne Arten, aber auch Artengruppen entlang des Höhengradienten bergauf wandern, Evidenz wurde diesbezüglich durch das GLORIA-Monitoring für Gebirgsregionen geliefert, so bewegten sich die Gefäßpflanzenarten auf je (drei bis) vier Berggipfel in 17 europäischen Gebirgen während sieben Jahren (2001 bis 2008) durchschnittlich 2.7 m bergauf (Pauli et al., 2012).

Pauli et al., (2012) verwendeten dazu den folgenden Höhenindex, der die Verbreitung der Arten in einer Gebirgsregion für jeden der zwei Kampagnen (d.h. 2001 und 2008) folgendermaßen darstellt:

$$Index_{i,r,M} = \frac{\sum_{s=1}^n \Delta m_{s,r} * SAS_{i,s,r,M}}{\sum_{s=1}^n SAS_{i,s,r,M}}$$



Der Indexwert der Art  $i$  innerhalb der Gebirgsregion  $r$  während der Kampagne  $M$  ist berechnet als gewichtete Summe der relativen Seehöhen  $\Delta m_{s,r}$  aller Gipfel-Erhebungsflächen  $s$  der Region. Der Gewichtungsfaktor  $SAS_{i,s,r,M}$  ist die Stetigkeit der Art  $i$  in der spezifischen Gipfel-Erhebungsfläche während der Kampagne  $M$ . Diese gewichtete Summe wird mittels Division durch die Summe gesamte Stetigkeit der Art innerhalb der Region  $r$  während der Kampagne  $M$  auf die Einheit  $m$  Seehöhe skaliert (Pauli et al., 2012). Der Index repräsentiert somit den gewichteten Durchschnitt der Höhenverteilung einer Art innerhalb einer bestimmten Region und Erhebungskampagne.

Ein vergleichbares Monitoring mit tierischen Organismen, wurde von Ökoteam (2012) entwickelt (Anhang 2 – Relevante ACRP- und StartClim-Projekte). Die Studie umfasst zwar nur zwei Arten (die Binsenspornzikaden *Conomelus anceps* und *C. lorifer*) und zwei Gebiete, liefert allerdings gute Grundlagendaten für 308 Standorte und sollte 2019/20 wiederholt werden (Anhang 2 – Relevante ACRP- und StartClim-Projekte).

Ein ähnlicher Ansatz wäre grundsätzlich auch für Verbreitungsmuster entlang eines altitudinalen Nord-Südgradienten durchführbar, allerdings ist in Österreich der altitudinale Klimagradient schwächer und von Seehöhenunterschieden und regionalen Mesoklimaten überlagert.

## A-3.2 Klimadaten

### A-3.2.1 Vergleich zweier Ansätze: Analyse von Klimawandelauswirkungen mit und ohne Klimadaten

Der Erfassung von Klimawandelauswirkungen auf die Biodiversität kann generell ohne und mit der Verwendung von Klimadaten erfolgen. Die bis dato unter (0) vorgestellten Methoden, sind ohne die Verwendung von Klimadaten sinnvoll und angewandt worden, in zusätzlichen Analysen teilweise aber auch mit Klimadaten (vgl. Gottfried et al., 2012, Pauli et al., 2012).

Bei methodologischen Ansätzen ohne Verwendung von Klimadaten wird davon ausgegangen, dass der Klimawandel vor allem durch einen Erwärmung charakterisiert ist und das Ausmaß der Auswirkungen durch die dargestellten Maßzahlen (z.B. Populations-trends von wärmeadaptierten im Vergleich zu kaltadaptierten Arten, Veränderung der Thermophilie von Artengemeinschaften, Veränderung der mittleren Seehöhe von Artverbreitungen) ausgedrückt werden kann. Die Maßzahlen müssen daher gegenüber anderen Gefährdungsfaktoren (z.B. Land- und Forstwirtschaft, hydrologische Veränderungen, Fragmentierung, invasive Arten, etc.; Maxwell et al., 2016, Umweltbundesamt 2016) aber auch Schutzmaßnahmen robust sein. So kann generell davon ausgegangen werden, dass abgesehen vom Klimawandel, Gefährdungsfaktoren auf warm- und kaltadaptierte Arten gleich oder ähnlich wirken. Die selbe Annahme sollte etwas abgeschwächt auch auf altitudinale Gradienten zutreffen, hier ist jedoch zu berücksichtigen, dass manche Gefährdungsfaktoren (z.B. landwirtschaftliche Intensivierung, Fragmentierung, invasive Arten) in tieferen Lagen stärker wirken als in hohen Lagen und deshalb das Bergaufwandern der Verbreitungsschwerpunkte streng genommen auch durch diese Gefährdungsfaktoren verursacht werden kann und daher ausschließlich klimawandelbedingtes Bergwärtswandern nur für Gebiete angenommen werden kann, wo andere Gefährdungsfaktoren bedeutungslos sind; wie z.B. auf ungenutzten entlegenen Berggipfeln (Gottfried et al., 2012; Pauli et al., 2012).

Die Anwendung von Klimawandeldaten zur Analyse von Klimawandelauswirkungen auf Biodiversität kann erfolgen, um regionale Unterschiede in den Klimawandelauswirkungen zu begründen. Gottfried et al. (2012) und Pauli et al. (2012) schließen zum Beispiel aus den europäischen Gloriadaten zur Hochgebirgsvegetation unter Anwendung von

Klimadaten, dass das Bergaufwandern in mediterranen Gipfelregionen deshalb langsamer stattfindet, weil dort die Erwärmung verstärkt Trockenstress und nicht nur eine Verschiebung der Temperaturnische bergauf bewirkt.

Weitere potenzielle Anwendungsmöglichkeiten von Klimadaten zur Erfassung von Klimawandelauswirkungen auf Biodiversität sind:

- (i) räumliche und zeitliche Unterschiede der Klimawandelauswirkungen mit räumlichen bzw. zeitlichen Unterschieden im Klimawandel in Zusammenhang zu setzen,
- (ii) den Einfluss unterschiedlicher Klimaparameter zu ermitteln, indem diese Parameter mit den Artendaten in Zusammenhang gesetzt werden,
- (iii) das Ausmaß der Klimawandeleffekte über die durch Klimaparameter erklärte Varianz in zeitlichen Vergleichen zu ermitteln
- (iv) und die Wichtigkeit der Klimawandeleffekte im Vergleich zu anderen Faktoren mittels Varianzpartition zu ermitteln.

### **A-3.2.2 Für Österreich verfügbare Klimadaten**

Folgende Gitterdatensätze wären für Analysen zu Klimawandelauswirkungen auf Biodiversität potenziell geeignet und stehen über die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) österreichweit zur Verfügung<sup>1</sup>:

- Minimum und Maximum der Lufttemperatur: zeitliche Auflösung: 1 Tag; räumliche Auflösung: 1 km; Zeitspanne: 1961-laufend (Hiebl & Frei, 2015);
- Niederschlagssumme: zeitliche Auflösung: 1 Tag; räumliche Auflösung: 1 km; Zeitspanne: 1961-laufend;
- Index der klimatischen Wasserbilanz: zeitliche Auflösung: 1 Tag; räumliche Auflösung: 1 km; Zeitspanne: 1961-laufend (Haslinger & Bartsch, 2015);
- Schneehöhe, Schneewasseräquivalent, mittlere Schneetemperatur: zeitliche Auflösung: 15 Minuten; räumliche Auflösung: 100 m; Zeitspanne: 1961-laufend;
- Direkt-, Diffus-, und Globalstrahlung (horizontale, reale, beliebig geneigte Fläche), Sonnenscheindauer: zeitliche Auflösung: 15 Minuten; Zeitspanne: 2006-laufend;
- Temperatur, Niederschlag, fester Niederschlag (historische Daten): zeitliche Auflösung: 1 Monat; räumliche Auflösung: 5 Bogenminuten (ca. 6-9 km); Zeitspanne: 1800-laufend (Chimani et al., 2011, 2012).

Weitere Klimadatensätze sind im Rahmen derzeit stattfindender ACRP-Projekte in Arbeit (Anhang 2 – Relevante ACRP- und StartClim-Projekte).

---

<sup>1</sup> [http://www.zamg.ac.at/cms/de/dokumente/klima/dok\\_projekte/grids/broschuere-zamg-gitterdatensaetze-klima](http://www.zamg.ac.at/cms/de/dokumente/klima/dok_projekte/grids/broschuere-zamg-gitterdatensaetze-klima)

## **A-4 Klimawandelfolgen in unterschiedlichen Ökosystemen und Artengruppen und Priorisierung von Monitoringprogrammen**

Manche Ökosysteme und Artengruppen sind aus unterschiedlichen Gründen vom Klimawandel stärker betroffen als andere. Dabei handelt es sich zum Beispiel um Ökosysteme und Arten der Gebirge und Polargebiete, da das potenziell verfügbare Verbreitungsgebiet Richtung Berggipfel und Pole kleiner wird und eine Verschiebung der klimatischen Zonierung bergauf und polwärts kleinere Verbreitungsgebiete zur Folge hätte (MEA, 2005). Bei den Gebirgsregionen kommt hinzu, dass Berggipfel einen stärkeren Isolationsgrad als Tieflandgebiete aufweisen (MEA, 2005) und dass viele nach oben begrenzt sind und ein weiteres Bergaufwandern, z.B. in den nordöstlichen Ostalpen, dem Schwerpunkt von Endemismen in Österreich (Rabitsch & Essl, 2009), oftmals nicht mehr möglich ist (Wessely et al., in Druck). Weiters sind stenöke Ökosysteme und Arten stärker betroffen, sowie jene, die ohnehin durch andere Gefährdungsfaktoren überdurchschnittlich stark in Mitleidenschaft gezogen werden. Ein typisches Beispiel hierfür sind die Moore (Lexer et al., 2014), aber auch Bach- und Flusslandschaften sind wegen klimabedingten Änderungen in Wassertemperatur, Abfluss und Abflusssphänologie (Melcher et al., 2010) sowie der Vielzahl an Gefährdungsfaktoren (Schindler et al., 2016) stark betroffen. Bzgl. der Organismengruppen, kommen zusätzlich zu jenen, die die hier genannten Ökosysteme bewohnen, noch weitere hinzu. Stenöke, wechselwarme, kälteadaptierte oder feuchteabhängige Organismen(gruppen), sowie jene die im Laufe ihres Lebenszyklus auf zwei oder mehrere Ökosysteme angewiesen sind, sollten eher von Klimawandelauswirkungen negativ betroffen sein als euryöke, endotherme, warmadaptierte, trockenheitsresistente Organismen, die nur auf ein Ökosystem angewiesen sind.

Die folgenden Kriterien werden als relevant erachtet, um zu beurteilen, ob eine Organismengruppe in einem Ökosystem prioritär zu monitoren ist. Jene Artengruppen sollten prioritär Monitoring erfahren, (i) für die durch den Klimawandel Bestandsrückgänge zu erwarten sind, (ii) die als guter Indikator für den Klimawandel anzusehen sind, da sie klimasensibel sind und relativ rasch reagieren sollten (positiv wie auch negativ); (iii) die aus anderen Gründen gefährdet sind, bzw. für die anzunehmen ist, dass weitere Gefährdungsfaktoren im Zusammenspiel mit dem Klimawandel einen besonders starken Rückgang verursachen könnten; (iv) für das Ökosystem besonders relevante Arten(gruppen) bzw. Arten(gruppen), die wegen der Bereitstellung von Ökosystemleistungen für den Menschen wesentlich sind; (v) Artengruppen, für die ein Monitoring aus praktischen Aspekten (z.B. Kosten, ExpertInnenverfügbarkeit, etc.) einfacher zu realisieren ist.

Die Anwendung dieser Kriterien führte zu einem Überblick über prioritär umzusetzende Monitoring-Programme zur Erfassung der Klimawandelauswirkungen auf die Biodiversität (Tab. A- 2). Die folgenden konkreten Überlegungen spielten bei der Auswahl der prioritär zu erfassenden Schutzgüter eine Rolle:

Biotoptypen, Gefäßpflanzen und gefährdete Arten sind prioritär zu monitoren. Biotoptypen und Gefäßpflanzen sind jene Schutzgüter, die die Habitate charakterisieren, gefährdete Arten sind vom Aussterben bedroht, ein Monitoring ist notwendig und für die Arten von gemeinschaftlichem Interesse teilweise schon in Umsetzung begriffen.

In alpinen und nivalen Gebieten, sind einzelne Biotoptypen jedoch nur sehr schwer abzugrenzen und sie sollten auch auf den Klimawandel langsamer reagieren als die Artenzusammensetzung. Ein Monitoring der Gefäßpflanzen wäre mit GLORIA und den globalen GLORIA-Monitoring-Aktivitäten kompatibel. Im Wald sind Biotoptypen sehr stark durch die forstliche Nutzung geprägt. Hier würde sich anbieten, die Österreichische

Waldinventur mit einem Monitoring aller Gefäßpflanzen zu ergänzen und über Thermophilie-Indizes die Auswirkungen des Klimawandels zu dokumentieren.

In der offenen Kulturlandschaft ist das Monitoring der Biotoptypen, Gefäßpflanzen und gefährdeten Arten mit jenem der Vögel zu ergänzen. Feldvögel sind intensiv studierte Indikatoren der Biodiversität der offenen Kulturlandschaft und die Aktivitäten von Bird-Life Österreich sollten fortgeführt und unterstützt werden. In urbanen Gebieten sind Biotoptypen stark anthropogen überprägt und die dort auftretenden Hitzeinseln sind prädestiniert für ein Monitoring von Arten unter Einfluss von Klimawandel.

In Fließ- und Stillgewässern werden derzeit Erhebungen zu Fischen, Makrophyten, Makrozoobenthos und Phytoplankton im Rahmen der Beurteilung des ökologischen Zustandes durchgeführt. Diese Daten sollten für ein Monitoring der Klimawandelauswirkungen auf Biodiversität genutzt werden. Ergänzende Erhebungen wären sinnvoll für jene Artengruppen, die neben dem aquatischen Lebensraum auch mit (durch den Klimawandel) veränderten Bedingungen in terrestrischen Lebensräumen zurechtkommen müssen. Libellen und Amphibien wären hierfür sehr gut geeignet. Letztere sind zwar aufgrund der geringen Artenzahl für Auswertungen bzgl. Änderungen im Artenreichtum oder der Artenzusammensetzung nur geringfügig geeignet, durch die weltweite Bedrohung durch Chytridpilze (Stuart et al., 2004, Martel et al., 2014), ist jedoch ein besonders hohes Gefährdungspotenzial gegeben und ein Monitoring als Frühwarnsystem auch aus diesem Grund auf jeden Fall durchzuführen.

Feuchte und trockene Sonderstandorte sind in den Landschaften Österreichs zwar oftmals durch menschliche Nutzung beeinträchtigt, diese sollte aber in der Regel geringer sein als in Wäldern und in der offenen Kulturlandschaft. Der Klimawandel kann jedenfalls in bzgl. Temperatur, Feuchtigkeit und Wasserstand im Jahresverlauf sensiblen Ökosystemen, wie Moore, Auen und Trockenrasen, wesentliche Auswirkungen haben.

Neben Biotoptypen, Gefäßpflanzen und gefährdeten Arten sollte deshalb in feuchten Sonderstandorten ein Monitoring für Moose, Amphibien und Libellen durchgeführt werden, auf trockenen Sonderstandorten für Reptilien, Schnecken, Heuschrecken, Tagfalter und Bienen.

Aus der Aufstellung (Tab. A- 2) ist zu erkennen, dass eine Vielzahl (n = 40) von prioritären und wichtigen Monitoring-Programmen durch bestehende Aktivitäten bereits mehr oder minder abgedeckt wird (siehe Kapitel 0 „A-5 Bestehende Biodiversitätsmonitoring-Systeme und deren Nutzbarkeit zur Identifizierung von Klimawandelauswirkungen“). Es gibt jedoch eine große Anzahl (n=12) prioritärer Monitoring-Programme für die bis jetzt keine österreichweiten Aktivitäten gesetzt wurden (siehe Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** „**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**“).

**Tab. A- 2:** Prioritäre Monitoring-Programme zur Erfassung von Klimawandelauswirkungen auf die österreichische Biodiversität. Dargestellt sind Monitoring-Programme für Artengruppen (inkl. Biotoptypen) in den Ökosystemen Nival, Alpin, Subalpin, Wald, Offenes Kulturland, Urban, Fließ- und Stillgewässer, feuchte Sonderstandorte sowie trockene Sonderstandorte. Grüner Hintergrund: Prioritäres Monitoring-Programm; gelber Hintergrund: Monitoring-Programm sinnvoll, aber nicht prioritär; oranger Hintergrund: Monitoring-Programm nicht notwendig. Grauer Hintergrund: Artengruppe ist im Lebensraum (fast) nicht existent. ☑: Bestehendes Monitoring-Programm. Superscript: Nummer des Kapitels, indem das jeweilige bestehende Monitoring-Programm beschrieben ist.

Artengruppe (inkl. Biotoptypen)	Nival	Alpin	Subalpin	Wald	Offenes Kulturland	Urban	Fließgewässer	Stillgewässer	Feuchtgebiete <sup>1</sup>	Trockenrasen <sup>2</sup>
Biotoptypen			☑ <sup>5.3</sup>		☑ <sup>5.3</sup>		☑ <sup>5.4</sup>	☑ <sup>5.4</sup>		
Pilze										
Bodenorganismen										
Moose										
Phytoplankton							☑ <sup>5.4</sup>	☑ <sup>5.4</sup>		
Makrophyten							☑ <sup>5.4</sup>	☑ <sup>5.4</sup>		
Gefäßpflanzen	☑ <sup>5.1</sup>	☑ <sup>5.1</sup>	☑ <sup>5.3</sup>		☑ <sup>5.3</sup>					
Bäume			☑ <sup>5.3</sup>	☑ <sup>5.2</sup>	☑ <sup>5.3</sup>					
Säugetiere										
Vögel			☑ <sup>5.6</sup>	☑ <sup>5.6</sup>	☑ <sup>5.6</sup>	☑ <sup>5.6</sup>	☑ <sup>5.6</sup>	☑ <sup>5.6</sup>		
Reptilien										
Amphibien										
Fische							☑ <sup>5.4</sup>	☑ <sup>5.4</sup>		
Schnecken										
Spinnen										
Makrozoobenthos							☑ <sup>5.4</sup>	☑ <sup>5.4</sup>		
Libellen										
Heuschrecken			☑ <sup>5.3</sup>		☑ <sup>5.3</sup>					
Tagfalter			☑ <sup>5.3</sup>		☑ <sup>5.3</sup>					
Wanzen										
Käfer										
Bienen										
Ameisen										
Stechmücken						☑			☑	
geschützte Arten (z.B. FFH)	☑ <sup>5.5</sup>	☑ <sup>5.5</sup>	☑ <sup>5.5</sup>	☑ <sup>5.5</sup>	☑ <sup>5.5</sup>	☑ <sup>5.5</sup>	☑ <sup>5.5</sup>	☑ <sup>5.5</sup>	☑ <sup>5.5</sup>	☑ <sup>5.5</sup>

<sup>1</sup> feuchte Sonderstandorte wie z.B. Moore, Auen, Feuchtwiesen, etc.

<sup>2</sup> trockene Sonderstandorte, wie z.B. Trockenrasen, Halbtrockenrasen, Sanddünen, etc..

## **A-5 Bestehende Biodiversitätsmonitoring-Systeme und deren Nutzbarkeit zur Identifizierung von Klimawandelauswirkungen**

### **A-5.1 Biodiversitätsmonitoring-Systeme im Gebirge**

#### **A-5.1.1 Detaillierte Beschreibung der vorhandenen Daten**

Die Gebirge Österreichs weisen wesentliche Zentren für Endemismen (Rabitsch & Essl, 2009) und Biodiversitätshotspots auf. In manchen Hochgebirgsregionen ist der menschliche Einfluss abgesehen vom Klimawandel minimal und Biodiversitätstrends können gut auf den Klimawandel zurückgeführt werden (Gottfried et al., 2012).

Wesentliche Biodiversitätsdatensätze werden von der Initiative GLORIA (Global Observation Research Initiative in Alpine Environments (GLORIA) erhoben (Anhang 1 – Monitoring-Programme und Erfassung von Klimawandelauswirkungen auf die Biodiversität). Das Ziel von Gloria ist die langfristige Erfassung der Veränderung der Artenvielfalt und -zusammensetzung der Vegetation ungestörter Bergregionen durch den Klimawandel. Die Erhebungen erfolgen deshalb mittels standardisierter Methoden (Pauli et al., 2015). Bedingt durch die globale Ausrichtung der Initiative gibt es jedoch in Österreich derzeit „nur“ drei Gipfelregionen an denen Erhebungen stattfinden: Schrankogel (2900-3450 m; Tirol), Hochschwab (1900-2255 m, Steiermark) und National Park Gesäuse (1850-2120 m, Steiermark). Grundsätzlich beschränken sich die Erhebungen auf Gefäßpflanzen. Am Schrankogel und im Gesäuse liegen auch Basiserhebungen für manche Arthropoden vor, am Schrankogel zusätzlich für Mikroorganismen (Hofmann et al., 2016). Die Erhebungen am Hochschwab und im Gesäuse erfolgen in 7-Jahres-Intervallen (2001, 2008, 2015, 2022, etc.), jene am Schrankogel alle 10 Jahre.

Die Datenerhebung und -analyse wird von GLORIA betrieben. Keine zusätzlichen Tätigkeiten sind notwendig allerdings gibt es viele Anknüpfungspunkte und Ergänzungsmöglichkeiten (Pauli et al., 2015). Prioritär wäre anzustreben, die Erhebung von Gefäßpflanzen an weiteren Gipfeln in Österreich durchzuführen, um die geographische (und damit klimatische) Abdeckung zu erweitern. Konkret sind bei gegebener Finanzierung weitere Standorte in den Hohen Tauern und in den Südostalpen geplant. Erhebungen zu weiteren Organismengruppen an bestehenden Gipfeln wären erstrebenswert, zumal Synergien mit den Gefäßpflanzenerhebungen die Nutzbarkeit der Daten erhöhen (man könnte Trends bei Pflanzen und anderen Organismengruppen vergleichen und dadurch Rückschlüsse auf Änderungen im Ökosystem ziehen) und die Kosten reduzieren (Synergien bei ein aufwendigen Erhebungskampagnen im Hochgebirge).

#### **A-5.1.2 Methodologische Ansätze und analytische Arbeitsschritte**

Die im Rahmen von GLORIA entwickelten und durchgeführten Ansätze sind im vorliegenden Konzept bereits ausführlich dargestellt (Kapitel 0) und sollten auch weiterhin zur Anwendung kommen.

#### **A-5.1.3 Verwendung von Klimadaten**

Da im Rahmen von GLORIA bewusst Gipfel mit geringer anthropogener Störung ausgewählt werden, ist davon auszugehen, dass der Klimawandel den größten Einfluss auf die Biodiversität ausübt und den Hauptgrund für Biodiversitätsveränderungen darstellt. Es ist deshalb nicht notwendig zu versuchen mittels Klimadaten, den Anteil des Klimawandels an den Veränderungen zu errechnen. Andererseits kann es jedoch durchaus relevante Fragestellungen geben, die die Verwendung von Klimadaten sinnvoll machen,

zum Beispiel die Frage nach klimatischen Begründungen für das unterschiedliche Ausmaß der Klimawandelauswirkungen in verschiedenen Regionen (Gottfried et al., 2012, Pauli et al., 2012).

## A-5.2 Biodiversitätsmonitoring-Systeme in Wäldern

### A-5.2.1 Detaillierte Beschreibung der vorhandenen Daten

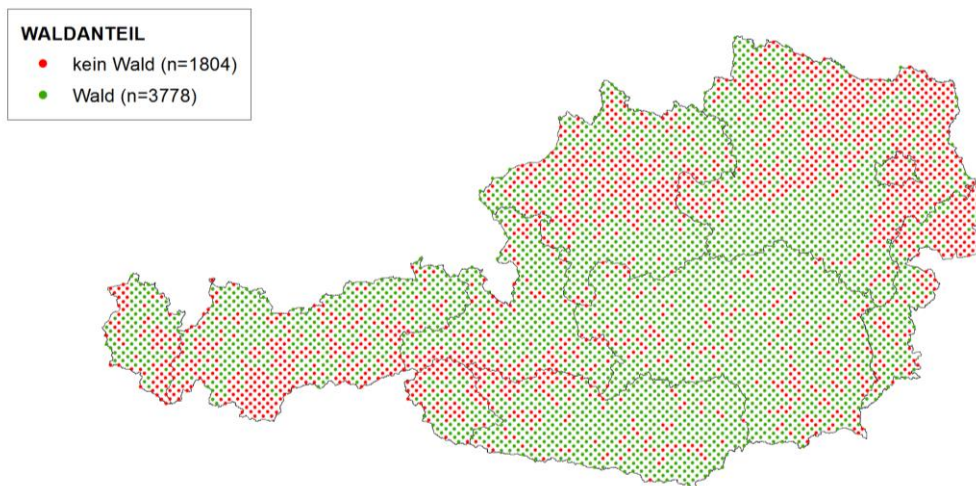
Der Waldanteil der Gesamtfläche Österreichs liegt derzeit bei ca. 48%, die Tendenz ist eindeutig steigend (Russ, 2011, Umweltbundesamt, 2016). Zielsetzung der Österreichischen Waldinventur (ÖWI)<sup>2</sup> ist es, ein ökologisch und ökonomisch orientiertes Waldmonitoring-System zu sein, das als Entscheidungshilfe für die Forstpolitik und Forstpraxis Datengrundlagen für wissenschaftliche Projekte liefert (Hauk & Schadauer, 2009). Bei der Konzeption der Österreichischen Waldinventur 2007/09 wurden neben klassischen Inventurergebnissen die Gesichtspunkte Nachhaltigkeit, Biomasse, Biodiversität sowie Schutzwirkung des Waldes gegen Naturgefahren verstärkt berücksichtigt. Darüber hinaus wird durch Feststellung der Art der Nichtwaldflächen auch ein Schritt in Richtung Landschaftsmonitoring unternommen (Hauk & Schadauer, 2009).

Die Datensätze der ÖWI bestehen aus 5582 Erhebungsflächen, 1804 davon weisen derzeit keinen Wald auf, 3778 weisen Wald auf (Abb. A- 4). Vor allem die Parameter bzgl. der Baumartenzusammensetzung und zum Totholzvorrat sind biodiversitätsrelevant (Umweltbundesamt, 2016), Artendaten werden derzeit nur für Bäume erhoben, eine Ergänzung um andere Organismengruppen (z.B. Gefäßpflanzen oder Totholzorganismen) wäre erstrebenswert.

---

Aufnahmen der Österreichischen Waldinventur (ÖWI)

---



---

Quelle: BfW

---

**Abb. A- 4:** Aufnahme-Raster der Österreichischen Waldinventur (ÖWI). Quelle: BfW

---

<sup>2</sup> <http://bfw.ac.at/rz/wi.home>

### **A-5.2.2 Methodologische Ansätze und analytische Arbeitsschritte**

Durch die gute Abdeckung der österreichischen Waldgebiete mit ÖWI-Erhebungsflächen ist es empfehlenswert die Seehöhenverbreitung der einzelnen Baumarten zu analysieren. Die Inventur 2007/09 ergab bereits, dass die Neubewaldung vor allem in der Seehöhenstufe über 1800 m stattfindet (Russ, 2011). Aber auch die anderen beiden vorgestellten Methoden, Thermophilieindizes für Artengemeinschaften und Trends von wärme- versus kälteadaptierten Arten sind vielversprechende methodologische Ansätze für die Identifizierung von Klimawandelauswirkungen auf die Biodiversität der österreichischen Wälder.

Die Waldinventur erfolgte bisher ungefähr in Sechsjahresintervallen. Das BFW wird ab Ende 2018 jedoch jährlich Ergebnisse der Waldinventur veröffentlichen<sup>3</sup>. Die Vorteile des permanenten Systems liegen in der besseren Aussagekraft der Ergebnisse, da für einige Parameter künftig Jahresergebnisse möglich sind, und auch die räumliche Informationsdichte gesteigert wird.

### **A-5.2.3 Verwendung von Klimadaten**

Wegen der großen Stichprobe und den nutzungsbedingten Einflussfaktoren im Wald, ist die Anwendung von Klimadaten zur Identifizierung von Klimawandelauswirkungen auf die Biodiversität des Waldes sinnvoll und empfehlenswert.

## **A-5.3 Biodiversitätsmonitoring-Systeme der offenen Kulturlandschaft**

### **A-5.3.1 Detaillierte Beschreibung der vorhandenen Daten**

Die offenen Kulturlandschaften Österreichs weisen wesentliche Biodiversitätshotspots auf (Pascher et al., 2010). Sie sind durch die menschliche Nutzung charakterisiert und dementsprechend gibt es eine Vielzahl an Faktoren, die neben dem Klimawandel zu Auswirkungen auf die Biodiversität führen (Umweltbundesamt, 2016).

Wesentliche Biodiversitätsdatensätze für die offene Kulturlandschaft werden durch die Monitoring-Programme BINATS und ÖBM-Kulturlandschaft generiert (Anhang 1 – Monitoring-Programme und Erfassung von Klimawandelauswirkungen auf die Biodiversität).

In BINATS (Biodiversity-Nature-Safety) wurden die Lebensraumtypen, Gefäßpflanzen, Heuschrecken und Tagfalter der Raps- und Maisanbaugebiete bis dato einmal (2007/08) erfasst (Pascher et al., 2010, 2011). Die Grundgesamtheit von BINATS sind jene 1x1 km<sup>2</sup> Rasterzellen, die mehr als 80% landwirtschaftliche Nutzfläche aufweisen. Die BINATS-Aufnahmeflächen repräsentieren die Biodiversität im ackerbaudominierten Teil der offenen Kulturlandschaft. Es wurden 100 Aufnahmeflächen im Ausmaß von 625 m x 625 m ausgewählt und an je zehn Probekreisen mit einem Radius von 20 m beprobt (Pascher et al., 2010, 2011). Eine Wiederholung der Erhebungen findet derzeit (2017/18) unter dem Projektnamen BINATS2 statt.

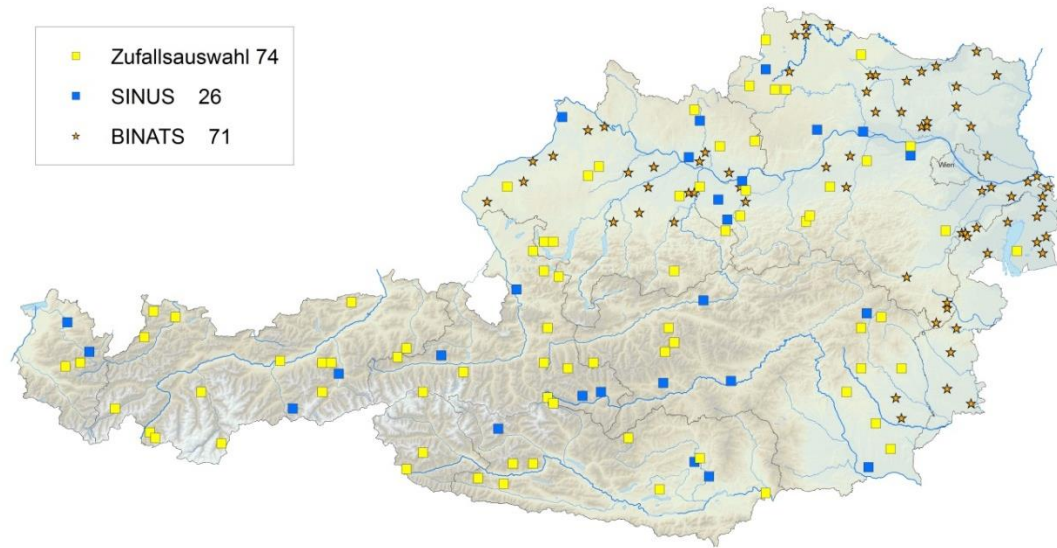
ÖBM-Kulturlandschaft hat die Zielsetzung der Erfassung von Status und Trends der österreichischen Biodiversität im Rahmen eines österreichischen Biodiversitätsmonitorings der offenen Kulturlandschaft. Die Grundgesamtheit von ÖBM-Kulturlandschaft sind jene 1x1 km<sup>2</sup> Rasterzellen, die mehr als 50% landwirtschaftliche Nutzfläche aufweisen, und die innerhalb sowie außerhalb von Raps- und Maisanbaugebieten liegen. Die Grundgesamtheit von ÖBM-Kulturlandschaft schließt somit die Grundgesamtheit von BINATS ein (Abb. A- 5) und ergänzt sie um drei weitere Straten, 80-100 % landwirt-

---

<sup>3</sup> <http://www.waldverband.at/ergebnisse-der-oesterreichischen-waldinventur-ab-2018-jaehrlich/>



schaftlich genutzte Fläche außerhalb von Raps- und Maisanbaugebieten, 50-80 % landwirtschaftlich genutzte Fläche außerhalb von Raps- und Maisanbaugebieten sowie 50-80 % landwirtschaftlich genutzte Fläche innerhalb von Raps- und Maisanbaugebieten (Abb. A- 6).



Raumeinheiten: 1 km - Raster Statistik Austria  
Bearbeitung: G. Banko, Oktober 2016

umweltbundesamt<sup>®</sup>

**Abb. A- 5:** ÖBM-Kulturlandschaft: Ausgewählte Biodiversitätsstichprobe mit 100 Quadranten aus kontrollierter Zufallsauswahl (gelbe und blaue Quadrate) sowie 71 aliquoten BINATS-Quadranten (braune Sterne) (Umweltbundesamt, in Vorbereitung).

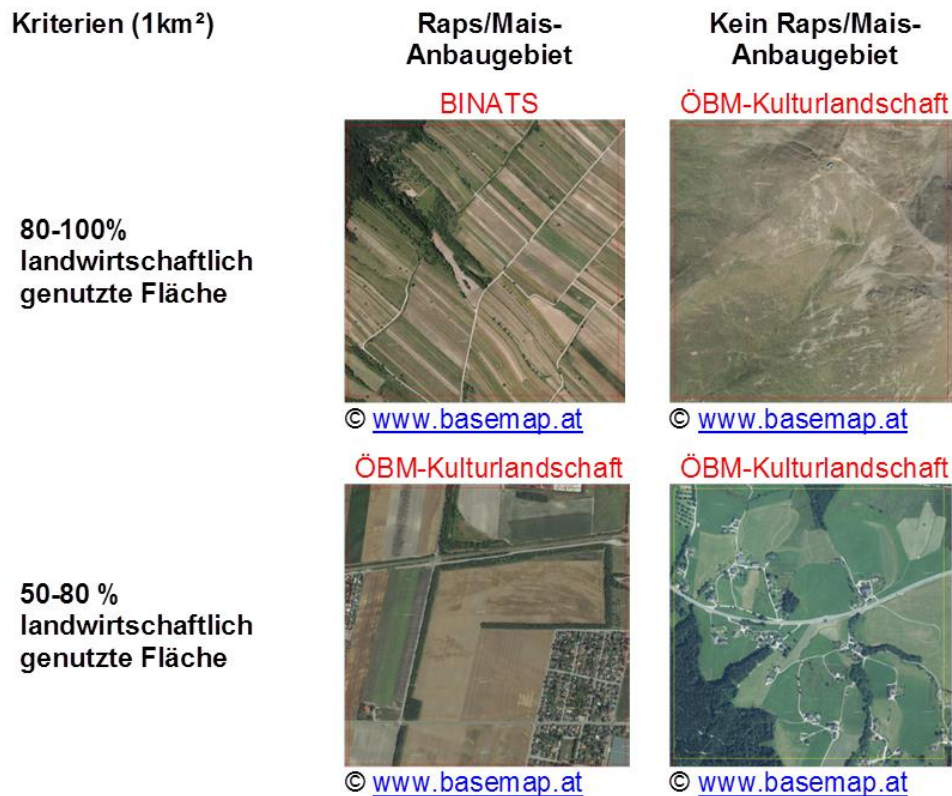
ÖBM-Kulturlandschaft erweitert somit BINATS geographisch und thematisch um Freilandhebungen in Gebieten mit Grünlandnutzung, Wald-Wiesenmosaike, Almen, aber in geringerem Umfang auch ackerbaudominierte Gebiete, in denen Siedlungs- und Verkehrsinfrastruktur 20-50% ausmachen (Abb. A- 6).

Die BINATS-Aufnahmeflächen repräsentieren die Biodiversität im ackerbaudominierten Teil der offenen Kulturlandschaft. Dabei werden Lebensraumtypen und ausgewählte Organismengruppen systematisch erhoben und biodiversitätsrelevante Variablen mittels Fernerkundung erfasst. Eine Bewertung der Surrogateignung, der Wichtigkeit für Ökosystemfunktionen und -leistungen, und der praktischen Umsetzbarkeit ergab, dass die drei in BINATS kartierten Artengruppen, für ÖBM-Kulturlandschaft geeignet sind (Umweltbundesamt, in Vorbereitung). Um bestehende und im Rahmen von Folgedurchgängen zu erhebende BINATS-Daten möglichst gut nutzen zu können, wurden die BINATS-Methoden größtenteils übernommen bzw. auf die Gegebenheiten von ÖBM-Kulturlandschaft angepasst (z.B. Biotoptypen der Wald- und Gebirgsstandorte, Phänologie der mittleren und höheren Lagen).

Fernerkundungsdaten werden im Rahmen von ÖBM-Kulturlandschaft auf drei unterschiedlichen Ebenen genutzt, und zwar für (i) phänologische Charakterisierungen der Lebensraumtypen innerhalb von 625 m x 625 m Aufnahmeplatten, (ii) die Erfassung von Änderungen von Ökosystemfunktionen (z. B. normalisierter differenzierter Vegetationsindex - NDVI) und Ökosystemstrukturen (z. B. Landbedeckung) auf Landschaftsebene rund um die Probefläche in einem 3 x 3 km<sup>2</sup> Landschaftsausschnitt und (iii) österreichweite Analysen der Landbedeckungsveränderung anhand der EU-weit vorliegenden COPERNICUS-Produkte.

Die Erhebungen für ÖBM-Kulturlandschaft finden zum ersten Mal in den Jahren 2017/2018 (parallel zu BINATS2) statt und sollen alle fünf Jahre wiederholt werden (Umweltbundesamt, in Vorbereitung).

Im Rahmen von BINATS1 wurden in 100 Aufnahmeflächen 900 Gefäßpflanzenarten, 53 Heuschreckenarten und 41 Tagfalterarten festgestellt (Pascher et al., 2011). Diese Zahlen sollen sich durch die zusätzlichen 100 Aufnahmeflächen von ÖBM-Kulturlandschaft beträchtlich erhöhen.



**Abb. A- 6:** Abdeckung der offenen Kulturlandschaft durch BINATS (Raps- und Maisanbaugebiete mit >80% landwirtschaftlich genutzter Fläche im 1 km<sup>2</sup> Quadranten) und ÖBM-Kulturlandschaft (restliche 1 km<sup>2</sup> Quadranten mit >50% landwirtschaftlich genutzter Fläche).

### A-5.3.2 Methodologische Ansätze und analytische Arbeitsschritte

Von den drei vorgestellten methodologischen Ansätzen sind „Populationstrends wärmeadaptierter vs. kälteadaptierter Arten“ sowie „Änderung der Thermophilie-Indizes von Artengemeinschaften“ sowohl für BINATS als auch für ÖBM-Kulturlandschaft (inkl. BINATS) gut anwendbar. Der dritte vorgestellte Ansatz, „Änderung der altitudinalen Verbreitungsmuster einzelner Arten“, wäre für ÖBM-Kulturlandschaft (inkl. BINATS) hervorragend geeignet, für BINATS hingegen weniger, da BINATS nur einen geringen Anteil des Höhengradienten der offenen Kulturlandschaft abdeckt.

Die Analysen können sowohl für Arten als auch für Biotoptypen erfolgen. Sie können auf dem Maßstab der 625 m x 625 m Aufnahmeflächen durchgeführt werden als auch auf jenem der je zehn Probekreise, die in den Aufnahmeflächen verteilt sind (Pascher et al., 2011; Umweltbundesamt, in Vorbereitung). Während für Pflanzen und Heuschrecken

Präsenz-/Absenzdaten oder die Antreffraten in den zehn Aufnahmepunkten pro 625 m x 625 m Aufnahme­fläche verwendet werden können, sind für Tagfalter auch Abundanzdaten verfügbar.

Welche dieser Analyse­möglichkeiten die zielführendste ist, hängt stark von den Daten­eigenschaften (Verteilung, etc.) ab und muss nach Vorliegen der Daten im Rahmen der Umsetzung beurteilt werden.

### **A-5.3.3 Verwendung von Klimadaten**

Da insbesondere im Bereich der offenen Kulturlandschaft eine Vielzahl von Faktoren biodiversitätsbeeinflussend wirkt, sollte man die empfehlenswerten methodologischen Ansätze auf eine Art und Weise durchführen, die Klimadaten miteinbezieht. Dies würde ein gutes Argument für die potenzielle Kausalität von Zusammenhängen zwischen Änderungen in der Seehöhenverbreitung oder der Thermophilie einerseits sowie dem Klimawandel andererseits liefern. Außerdem kann dadurch zwischen zwei Arten von Klimawandelauswirkungen auf die Biodiversität der offenen Kulturlandschaft differenziert werden, einerseits direkte Auswirkungen von Änderungen in Klimaparametern auf die Artenzusammensetzung und zweitens indirekte Auswirkungen, die dadurch entstehen, dass der Klimawandel zu Änderungen in Landbedeckungs- und Landnutzungsmustern führt, die ihrerseits die Artenzusammensetzung beeinflussen.

## **A-5.4 Biodiversitätsmonitoring-Systeme für limnische Biodiversität**

### **A-5.4.1 Detaillierte Beschreibung der vorhandenen Daten**

Limnische Biodiversität ist durch Klimawandel stark betroffen. Sich ändernde Gewässer­temperaturen und Abflussmengen sind wesentlich für viele Organismen, wie z.B. Fische (Melcher et al., 2010).

In der Fischdatenbank Bund (FDB) werden ausgewählte Inhalte und Ergebnisse der Fischdatenbank Austria (FDA), die lokal beim Bundesamt für Wasserwirtschaft in Scharfling verwaltet wird, für berechnete Benutzer in den Bundesländern verfügbar gemacht. Enthalten sind Stammdaten und Qualitätsdaten der Befischungsstellen, Informationen zu verwendeten Methoden und Befischungsaufwand, Artenlisten, biometrische Fischdaten, Ergebnisse von Bestandsberechnungen und die fischökologische Bewertung (Fisch Index Austria).

Neben den Befischungen, die im Rahmen der Erhebungen für die WRRL durchgeführt wurden, sind auch weitere Standorte und Befischungen enthalten (z.B. Bundes- und Landesmessstellen, das operative Messnetz). All jene Befischungsstandorte in Österreich sind dabei potenziell für die Erfassung von Klimawandelauswirkungen relevant, die zumindest zwei Erhebungsdurchgänge in unterschiedlichen Jahren aufweisen. Derzeit (Stand Mai 2017) sind 317 Standorte mit zwei Erhebungsdurchgängen, 59 Standorte mit drei Erhebungsdurchgängen, 13 Standorte mit vier Erhebungsdurchgängen und zwei Standorte mit fünf Erhebungsdurchgängen enthalten. Weitere 1090 Standorte wurden einmal befischt, diese sind derzeit nicht für die Analyse von Klimawandelauswirkungen verwendbar, nach potenziellen zukünftigen Wiederholungen wären sie aber nutzbar.

Bezüglich der in Summe 391 Standorte mit (laut derzeitigem Stand) mehrfachen Erhebungsdurchgängen ist festzustellen, dass die Erhebungen nicht in Komplettdurchgängen stattfanden. Die meisten der Erhebungen fanden in den Jahren 2007 bis 2009 und in geringerem Ausmaß in den Jahren 2013 und 2014 statt (Abb. A- 7).

An den in Summe 391 Standorten mit (laut derzeitigem Stand) mehrfachen Erhebungsdurchgängen wurden 70 Fischarten gefunden, 8 davon sind Neozoen. Die einzelnen

Standorte enthalten 1 bis 36 Fischarten, die 70 Fischarten kommen an unterschiedlich vielen dieser Standorte vor (Abb. A- 8). In Summe wurden an den Standorten mit mehrfacher Befischung ca. 366 000 Fische gefangen.

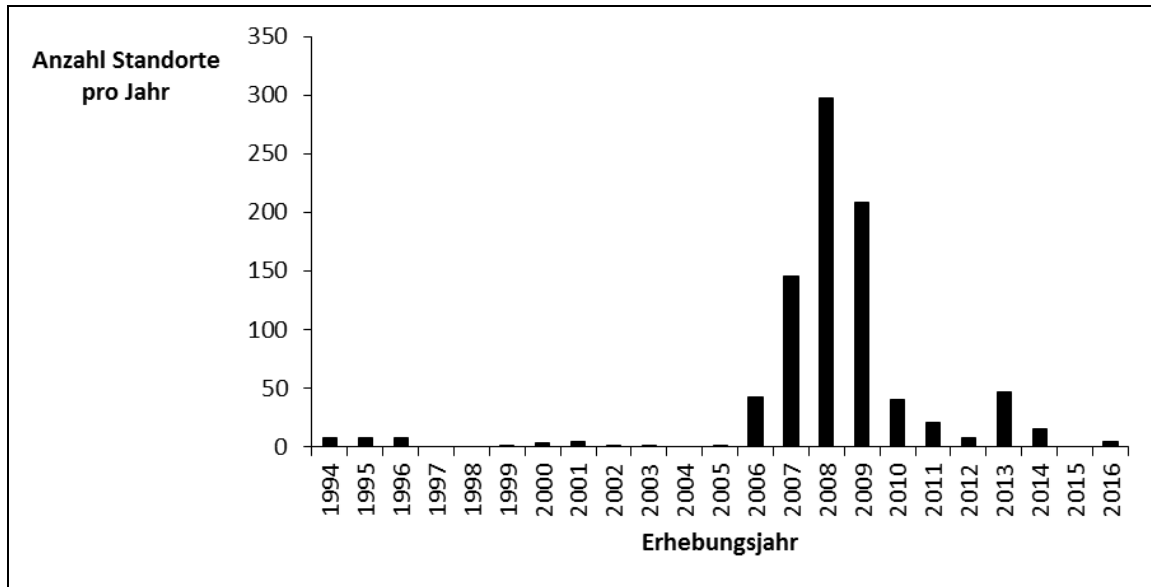


Abb. A- 7: Anzahl der Standorte mit Befischungen pro Jahr

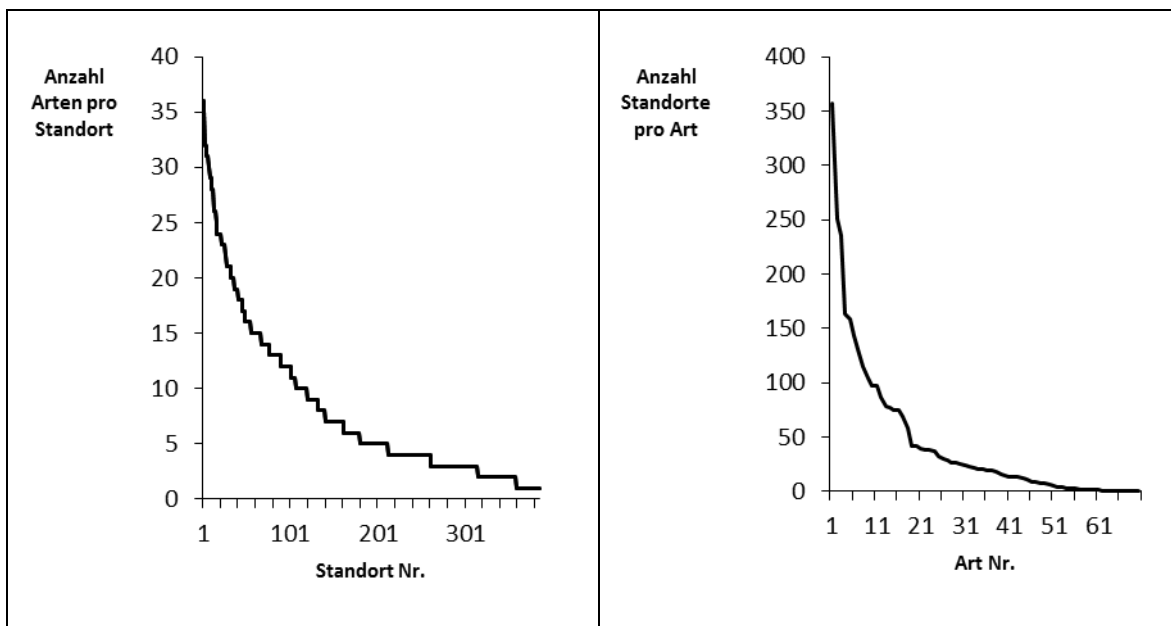


Abb. A- 8: Fischartenreichtum der befischten Standorte. Dargestellt ist (links) der Gesamtartenreichtum, d.h. die Anzahl der im Rahmen aller Befischungen eines Standorts mit mehrfacher Befischung (n = 391) gefundenen Fischarten (n=70), sowie (rechts) für jede Fischart die Anzahl der Standorte mit mehrfacher Befischung (n = 391) an denen die Art gefangen wurde.

Es ist davon auszugehen, dass auch die im Rahmen der Verpflichtungen für die WRRL erhobenen Daten zu Makrozoobenthos, Phytoplankton und Makrophyten für Analysen der Klimawandelauswirkungen geeignet sein könnten.

#### **A-5.4.2 Methodologische Ansätze und analytische Arbeitsschritte**

Alle drei vorgestellten methodologischen Ansätze wären für die Fischdaten gut anwendbar. Da Ökologie und Verbreitung der Fischarten gut dokumentiert ist, sollte eine Einteilung in wärmeadaptierte vs. kälteadaptierte Arten sowie die Erstellung eines Thermophilie-Indexes auf robuste und nachvollziehbare Arten und Weise möglich sein. Änderungen der altitudinalen Verbreitungsmuster sollten ebenfalls auftreten, zumal die Verbreitung mancher Fischarten durch die Notwendigkeit kühler Temperaturen und relativ hohen Sauerstoffgehalts limitiert ist.

Die Analysen können mit der gesamten Stichprobe der Standorte mit Mehrfachbefischung durchgeführt werden (wie hier exemplarisch vollzogen) oder nur mit dem Subset jener Standorte die im Rahmen der WRRL-Befischungen regelmäßige Wiederholungen erfahren werden. Das sollten ab dem Jahr 2016 101 Standorte sein, 9 davon (sogenannte Überblicksmessstellen Ü2) sind in Oberläufen unter der Annahme eingerichtet worden, dass sie keiner direkten menschlichen Beeinflussung (ausgenommen des Klimawandels) ausgesetzt sind. Die Analysen können sowohl mittels Präsenz-/Absenzdaten, Fangdaten oder hochgerechneten Abundanzangaben (inkl. Biomasse) durchgeführt werden. Welche dieser Analysemöglichkeiten die zielführendste ist, hängt stark von den Dateneigenschaften (Verteilung, etc.) ab und muss nach Vorliegen der Daten im Rahmen der Umsetzung beurteilt werden.

#### **A-5.4.3 Verwendung von Klimadaten**

Da Fließgewässer einer Vielzahl von biodiversitätsbeeinflussenden Faktoren ausgesetzt sind (z.B. Schindler et al., 2014, 2016), sollte man grundsätzlich Analyseverfahren wählen, die Klimadaten miteinbeziehen, um die potenzielle Kausalität der Verbreitungsveränderungen und des Klimawandel zu testen.

### **A-5.5 Biodiversitätsmonitoring-Systeme für Arten und Habitate von gemeinschaftlichem Interesse**

#### **A-5.5.1 Detaillierte Beschreibung der vorhandenen Daten**

Für die in den Anhängen der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (kurz: FFH-RL) gelisteten Lebensraumtypen und Arten (kurz: Schutzgüter) fordert Artikel 11 dieser Richtlinie eine Überwachung ihres Erhaltungszustandes. Die Ergebnisse dieses Monitorings sind nach Artikel 17 FFH-RL alle 6 Jahre an die Europäische Kommission zu übermitteln (Umweltbundesamt, 2017). In Vorbereitung auf die Erfüllung der Monitoringverpflichtung wurde vom Umweltbundesamt im Auftrag der Bundesländer ein Monitoringkonzept erarbeitet (Moser & Ellmauer 2009). Aufbauend auf diesem Konzept wurden in den Jahren 2011/2012 für 15 Arten und 23 Lebensraumtypen eine Basiserhebung sowie die Einrichtung von Monitoringflächen durchgeführt (ARGE Basiserhebung 2012). Im Jahr 2016 wurde das Umweltbundesamt beauftragt, für 38 Arten und 31 Lebensraumtypen mit Erhebungen im Rahmen eines Monitorings zu beginnen (Umweltbundesamt, 2017). Für 45 in Österreich vorkommende Lebensraumtypen des Anhangs I sowie für 182 in Österreich vorkommende Arten des Anhangs 2 der FFH-Richtlinie gibt es somit 2016/17 keine Erhebungen. Von den 31 Lebensraumtypen mit Erhebungen 2016/17 sind jeweils acht „natürliche und naturnahem Grasland“ bzw. „Wäldern“ zuzuordnen; weitere vier sind „Hoch- und Niedermoore“. Von den 38 Arten sind neun Gefäßpflanzen und je sieben Käfer und Schmetterlinge, der Rest verteilt sich auf andere Gruppen (Tab. A- 3).

Für diese 38 Arten und 31 Lebensraumtypen werden in den Jahren 2016/17 die folgenden Aktivitäten durchgeführt (Umweltbundesamt, 2017):

- Vorkommen aus der Funddatenbank werden überprüft, verschollene oder erloschene Funde identifiziert und weitere Funde ergänzt.
- Auf Basis der aktualisierten Funddatenbank werden die zu bearbeitenden Quadranten festgelegt (alle Vorkommensquadranten bei Totalzensus, Stichprobenquadranten bei Stichprobenerfassung; Moser & Ellmauer, 2009).
- Die zu bearbeitenden Quadranten werden im Freiland begangen und alle Vorkommen in diesen Quadranten (Lebensraumtypenflächen bzw. Habitatflächen bei Arten) auf Luftbildern abgegrenzt und mittels Erhebungsbogen zu dokumentieren.
- Ausgehend von einem zufällig durchnummerierten Probeflächenraster ist eine Probefläche in welcher das Schutzgut vorkommt zufällig auszuwählen.
- Innerhalb der ausgewählten Probefläche sind bis zu vier Untersuchungsflächen in repräsentativen Beständen des Schutzgutes anzulegen, an diesen werden mittels eines Monitoring- Erhebungsbogens Abundanzen und weitere Parameter (Umweltbundesamt, 2017) erfasst.

**Tab. A- 3:** Für das Monitoring nach Artikel 11 der FFH Richtlinie in den Jahren 2016/17 berücksichtigte/unberücksichtigte Arten.

Artengruppe	Monitoring 2016/17	kein Monitoring 2016/17
Gefäßpflanzen	9	31
Schmetterlinge	7	15
Käfer	7	11
Neunaugen und Fische	4	24
Libellen	3	8
Fledermäuse	2	26
Amphibien	2	14
Muscheln	2	0
Nagetiere	1	8
Reptilien	1	8
Schnecken	1	8
Moose	0	13
Raubtiere	0	5
Heuschrecken	0	4
Krebse	0	3
Huftiere	0	2
Egel	0	1
Flechten	0	1

#### **A-5.5.2 Methodologische Ansätze und analytische Arbeitsschritte**

Da im Rahmen des FFH-Monitoring-Programms nicht ganze Artengemeinschaften, sondern einzelne Arten erfasst werden, sind Thermophilieindizes für ganze Artengemeinschaften nicht anwendbar, um die Auswirkungen des Klimawandels zu identifizieren. Für jene Arten, die entlang von Höhengradienten vorkommen, kann die Änderung der Höhenverbreitung verwendet werden (siehe Kapitel 0). Man könnte die FFH-Arten auch in wärme- und kälteadaptierte Arten einteilen und Bestandstrends vergleichen (siehe Kapi-

tel 0). Es ist jedoch zu beachten, dass es sich bei den FFH-Arten um gänzlich unterschiedliche Organismen (Pflanzen, Evertebraten, Vertebraten, terrestrische, limnische) handelt und die Wahl des methodologischen Ansatzes und der damit zu bewertenden Arten wohl erst dann durchgeführt werden kann, wenn die Verbreitungsdaten der Arten im Detail vorliegen. Ähnliches gilt analog für die Lebensraumdaten.

Für die in den Jahren 2016/17 erfassten 31 Lebensraumtypen und 39 Arten sollten in den Jahren 2022/23 Wiederholungserhebungen stattfinden. Es wären für einzelne Arten auch Vergleiche zu den Basiserhebungen (ARGE Basiserhebung, 2012) möglich, hier ist die Datenvergleichbarkeit jedoch nicht immer gegeben.

### **A-5.5.3 Verwendung von Klimadaten**

Arten und Lebensräume von gemeinschaftlichem Interesse sind grundsätzlich eine Teilmenge aller in Österreich vorkommenden Arten und Lebensräume, die in größerem Ausmaß durch eine Vielzahl von Gefährdungsfaktoren bedroht ist (Umweltbundesamt, 2016). Deshalb wäre es sinnvoll, Klimadaten zu verwenden, um stärkere Evidenz dafür zu schaffen, dass der Klimawandel neben den anderen Gefährdungsfaktoren auch tatsächlich für Änderungen in Abundanz und Verbreitung eine wesentliche Rolle spielt. Parameter zur lokalen Temperatur- und Niederschlagsverteilung sollten mit den Trends in Präsenz-/Absenz oder Abundanz-Daten der FFH-Arten und Flächen-Daten der FFH-Lebensraumtypen in Zusammenhang gesetzt werden.

### **A-5.6 Vogel-Monitoring (BirdLife Österreich)**

Die von BirdLife Österreich durchgeführten Vogelmonitoringprogramme (Teufelbauer, 2010, 2014, Teufelbauer et al., 2015) stellen einen Sonderfall dar, da die Erhebungen sowohl österreichweit durchgeführt werden und eine gute Abdeckung aufweisen als auch Klimawandeleffekte durch BirdLife Österreich analysiert wurden (Nemeth et al., 2016). Es wird empfohlen, diese Aktivitäten weiterhin durchzuführen sowie gegebenenfalls auszuweiten und zu unterstützen.



## A-6 Phänologie und Klimawandelfolgenmonitoring

Die Phänologie beschreibt das regelmäßige, meist jährliche, Auftreten bestimmter Ereignisse im Lebenszyklus von Organismen. So sind zum Beispiel die Knospenbildung, der erste Laubaustrieb, die Zahl der sich entwickelnden Generationen bei Insekten und bestimmte Verhaltensmuster (unter anderem) von der Temperatur abhängig und dementsprechend variabel bei sich ändernden Umweltbedingungen. Zahlreiche Analysen zeigen bereits heute eine Verschiebung phänologischer Muster von Tier- und Pflanzenarten in Europa, zum Beispiel eine Verlängerung der Vegetationsperiode (Menzel et al., 2006) oder veränderte Ankunfts- und Abflugzeiten bei Zugvögeln (Dunn & Winkler 2010). Auch für Österreich liegen Daten vor: So setzt laut ZAMG zum Beispiel die Hasel- und Kirschblüte im Frühjahr bei einem Temperaturanstieg von 1 °C um eine Woche früher ein.

Als „Klassiker“ der Erfassung von phänologischen Änderungen in Österreich kann das Beobachtungsprogramm der ZAMG gelten, das seit 1851 phänologische Daten ausgewählter Arten und Ereignisse erhebt, und das aktuell unter dem Namen „PhenoWatch“ als Citizen Science-Projekt betrieben wird ([www.phenowatch.at](http://www.phenowatch.at)). Neben interaktiven Karten werden verschiedene Abfragemöglichkeiten angeboten. Die Daten beziehen sich auf landwirtschaftliche Kulturarten (Getreide, Obst) und Ereignisse (Almauf- und Almbtrieb) sowie ausgewählte Wildpflanzen, während der Anteil an tierischen Indikatorarten sehr gering ist (z.B. ausgewählte Tagfalter, Honigbiene, Kuckucksruf; für diese Arten liegen mit Lücken Daten seit ca. 1950 vor).

Zu den am besten dokumentierten phänologischen Änderungen bei Tieren zählen veränderte Brutzeiten von Standvögeln sowie veränderte Ankunfts- und Abflugzeiten bei Zugvögeln. Im Unterschied zu den meisten europäischen Ländern besaß Österreich bis vor kurzem keine wissenschaftliche Vogelwarte, die sich gezielt mit der Vogelzugforschung beschäftigt (Lexer et al., 2014). Es ist zu erwarten, dass die kürzlich am Konrad-Lorenz-Institut für Vergleichende Verhaltensforschung gegründete österreichische Vogelwarte die Aktivitäten der österreichischen Ornithologen koordiniert und Methoden standardisiert, um phänologische Daten effizient auswerten zu können.

Aufgrund ihrer hohen wirtschaftlichen Relevanz werden phänologische Änderungen bei Schadinsekten im Wald besonders beachtet. Durch höhere Temperaturen können zum Beispiel Borkenkäfer zusätzliche Generationen im Jahr entwickeln. Es wird vermutet, dass die Fichte in submontanen Höhenlagen auf großen Flächenanteilen als Hauptbaumart für eine geregelte Forstwirtschaft nicht mehr geeignet sein wird, da sich durch eine Klimaerwärmung in diesen Höhenlagen regelmäßig 2–3 Generationen Fichtenborkenkäfer pro Jahr entwickeln können (Lexer et al., 2014). Das Bundesamt für Wald führt seit 2005 ein Borkenkäfer-Monitoring durch (Anhang 1 – Monitoring-Programme und Erfassung von Klimawandelauswirkungen auf die Biodiversität), das in Zukunft weitergeführt werden sollte.

Auch die gesundheitliche Belastung für Allergiker durch Pollen wird besonders beachtet (z.B. <https://www.pollenwarndienst.at/>) und eine Verschiebung des Pollenfluges mit dem früheren Frühlingsbeginn ist für einzelne Arten dokumentiert.

Einschränkend ist für ein Monitoring der Phänologie von Arten festzuhalten, dass in der freien Natur zahlreiche weitere biotische und abiotische Faktoren auf die Organismen einwirken, zum Beispiel die Interaktionen zwischen den Arten, sodass auftretende korrelative Muster nicht immer kausal mit nur einem Faktor, z.B. der Temperatur, zusammenhängen. Phänologische Ereignisse werden zudem neben den lokalen oder regionalen Veränderungen auch von überregionalen Klimamustern mitbestimmt (z.B. NAO-Index).



Mit dem unter dem COPERNICUS Programm entwickelten Satelliten der ESA (European Space Agency) ergeben sich neue technische Möglichkeiten zur Erfassung der Phänologie anhand von Fernerkundungsdaten. Die Bilddaten des Satelliten „Sentinel-2“ ermöglichen im wöchentlichen Rhythmus mit einer Auflösung von 10 x 10 m ein Monitoring der Vegetationsentwicklung (z.B. Laubaustrieb bei Bäumen). Im Vergleich zu den bisherigen optischen Satellitensystemen (z.B. Landsat) liegt damit erstmals eine langfristig gesicherte Datenbeschaffung (garantiert bis 2030) mit einer sehr genauen räumlichen und zeitlichen Wiedergabe vor.

Von den in Anhang 1 – Monitoring-Programme und Erfassung von Klimawandelauswirkungen auf die Biodiversität“ dargestellten Phänologie-Projekten besitzt Phenowatch (ZAMG) die besten Voraussetzungen für ein Biodiversitäts-Monitoring, wenngleich die Datenbasis ausgeweitet und gesichert werden sollte. Weitere Systeme, die auf ihre Tauglichkeit hinsichtlich der Abschätzung von Phänologie-Trends geprüft werden sollten, sind insbesondere Pollenflug (ZAMG) und Borkenkäfer-Monitoring (BFW/IFFF).

## **A-7 Das Konzept „Monitoring von Klimawandelauswirkungen auf die Biodiversität“ und seine Umsetzung**

Aus dem Bisherigen abgeleitet, schlagen wir ein Konzept für ein Monitoring von Klimawandelauswirkungen auf die Biodiversität vor, das sich aus einzelnen Modulen zusammensetzt, die aus bestehenden Monitoringprogrammen entnommen bzw. neu eingerichtet werden sollten. Das vorliegende Konzept deckt sowohl Auswirkungen auf Biotoptypen als auch auf Artenreichtum, -diversität, -verbreitung und -abundanz sowie phänologische Veränderungen ab. Es beinhaltet eine Zusammenstellung jener Ökosysteme, Organismengruppen und Biotoptypen, für die ein Erkenntnisgewinn zu den Klimawandelfolgen notwendig ist.

Im Zuge der Analyse der Ökosysteme und Artengruppen, für die ein Monitoring zu Klimawandelfolgen als notwendig erachtet wird, ergaben sich einige prioritär zu bewertenden Ökosystem/Artengruppe Kombinationen, für die derzeit noch kein Monitoring besteht (Tab. A- 2). Für diese sind zusätzliche Monitoring-Programme einzurichten oder bestehende System zu erweitern. In nivalen und alpinen Höhenzonen sollten die GLORIA-Erhebungen für Gefäßpflanzen auf weitere österreichische Gebirgsregionen ausgeweitet werden (auch eine Ergänzung um weitere Organismengruppen wäre sinnvoll, siehe Kapitel 0). Ein Monitoring der Biotoptypen wäre an feuchten und trockenen Sonderstandorten prioritär zu initiieren, im Wald eine Gefäßpflanzenmonitoring und in Fließ- und Stillgewässern ein Libellenmonitoring. Für feuchte Sonderstandorte sollte ein Monitoring von Moosen, Gefäßpflanzen, Bäumen und Libellen eingerichtet werden, an trockenen Sonderstandorten ein Monitoring von Gefäßpflanzen, Reptilien, Schnecken, Heuschrecken, Tagfaltern und Bienen. Ein Amphibienmonitoring sollte an Gewässern und feuchten Sonderstandorten durchgeführt werden; Amphibien sind zwar allesamt FFH-Arten, es unterliegen aber nur zwei Amphibienarten dem derzeitigen FFH-Monitoring (Umweltbundesamt, 2017). Prioritär sollte auch für alle geschützten Arten ein Monitoring eingerichtet werden (für jene, für die es noch keines gibt). Details zu methodologischen Ansätzen und weiteren Monitoringparametern sind in Tab. A- 4 dargestellt.

Da die Erkenntnisse zu den Klimawandelauswirkungen auf Biodiversität zeitnah notwendig sind, ist im Folgenden ein Zeitplan für deren mögliche Implementierung dargestellt. Die Erhebungsdurchgänge der bestehenden Monitoring-Programme sind dabei zu berücksichtigen, sie werden für die einzelnen Ökosysteme in unterschiedlichen Jahren durchgeführt (Tab. A- 5).

Für die Umsetzung des gegenständlichen Konzepts für ein Monitoring von Klimawandelauswirkungen auf die österreichische Biodiversität empfehlen wir nach einer Planungs-, Konzeptionalisierungs- und Ausschreibungsphase (2018 und 2019) die Durchführung von Analysen und zusätzlichen Erhebungen ab 2020 im Fünfjahresrhythmus (Tab. A- 6). Das heißt, dass in den Jahren 2020/21 die Datensätze bestehender Monitoring-Programme erstmals analysiert und die erstmaligen Basiserhebungen für die zu generierenden Monitoring-Programme durchgeführt werden sollten. Für die Monitoring-Programme GLORIA, ÖWI, BINATS, WRRL sowie für das Vogelmonitoring liegen 2020/21 bereits Daten aus mindestens zwei Erhebungsdurchgängen vor (Tab. A- 6) und können vergleichend hinsichtlich der Identifizierung von Klimawandelauswirkungen auf die Biodiversität analysiert werden. Auch für Phenowatch und andere ausgewählte Phänologiemonitoring-Programme (siehe Kapitel 0) sollten 2020/21 erste Analysen durchgeführt werden.

In den Jahren 2025/2026 sind zusätzliche Daten aus den derzeit bestehenden Monitoring-Programmen verfügbar (in der Regel ein weiterer Durchgang), für ÖBM-Kulturlandschaft und das FFH-Monitoring wären die Datensätze der zweiten Erhebungsdurchgänge verfügbar und somit könnten die Daten dieser beiden Monitoring-Programme erstmals hinsichtlich Klimawandelauswirkungen auf die Biodiversität analy-

siert werden. Bei den neu zu initiiierenden Monitoring-Programmen käme es zur Zweiterhebung, die im Anschluss (2026/2027) bereits erste Analysen zu Klimawandelfolgen zulassen würde. Weitere Durchgänge ab 2030/31 alle fünf Jahre sind notwendig, da der Klimawandel und seine Auswirkungen fortschreiten und die Datenreihen aufgrund der regelmäßigen Erhebungen immer länger und aussagekräftiger werden.

**Tab. A- 4:** Prioritär zu initiiierende Biodiversitätsmonitoring-Programme zur Identifizierung von Klimawandelauswirkungen

<b>Ökosystem</b>	<b>Schutzgüter</b>	<b>Sampling Design</b>	<b>Methodologische Ansätze</b>
Nival	Gefäßpflanzen	Ergänzende Standorte nach GLORIA-Methodologie	Thermophilie-Indizes von Artengemeinschaften; altitudinale Verbreitungsmuster
Alpin	Gefäßpflanzen	Ergänzende Standorte nach GLORIA-Methodologie	Thermophilie-Indizes von Artengemeinschaften; altitudinale Verbreitungsmuster
Wald	Gefäßpflanzen	An ÖWI-Standorten	Viele Möglichkeiten bedingt durch hohe Stichprobe entlang von Höhengradienten (siehe Kapitel 0)
Urban	Gefäßpflanzen	entlang von ca. 30 Transekten Urban-Suburban-Periurban-Rural	Thermophilie-Indizes von Artengemeinschaften
Fließgewässer	Amphibien, Libellen	An den Standorten des WRRL-Monitorings	Thermophilie-Indizes von Artengemeinschaften, Populationstrends wärme- und kälteadaptierter Arten, Bestandstrends von einzelnen Arten
Stillgewässer	Amphibien, Libellen	An den Standorten des WRRL-Monitorings	Thermophilie-Indizes von Artengemeinschaften, Populationstrends wärme- und kälteadaptierter Arten, Bestandstrends von einzelnen Arten
Feuchte Sonderstandorte	Biotoptypen, Moose, Gefäßpflanzen, Bäume, Amphibien, Libellen	An einer repräsentativen Stichprobe aus verschiedenen Typen von feuchten Sonderstandorten	Thermophilie-Indizes von Artengemeinschaften und Trends kalt- und warmadaptierter Biotoptypen
Trockene Sonderstandorte	Biotoptypen, Gefäßpflanzen, Reptilien, Schnecken, Heuschrecken, Tagfalter, Bienen	An einer repräsentativen Stichprobe aus verschiedenen Typen von trockenen Sonderstandorten	Thermophilie-Indizes von Artengemeinschaften und Trends kalt- und warmadaptierter Biotoptypen

**Tab. A- 5:** Übersicht über bestehende österreichweite Biodiversitätsmonitoring-Programme, die klimawandelfolgenrelevante Biodiversitätsdaten liefern

<b>Monitoring-Programm</b>	<b>Methodologische Ansätze</b>	<b>Abschluss eines kompletten Durchgangs<sup>1</sup></b>	<b>Kommentar</b>
GLORIA	Thermophilie-Indizes von Artengemeinschaften Altitudinale Verbreitungsmuster	2001, 2008, 2015 (2022)	Am Schrankogel alle 10 Jahre in anderen Intervallen
ÖWI	Thermophilie-Indizes von Artengemeinschaften Altitudinale Verbreitungsmuster	1985, 1990, 1996, 2002, 2009, 2015, ab 2018 jährlich	
BINATS	Thermophilie-Indizes von Artengemeinschaften (Populationstrends wärme- und kälteadaptierter Arten)	2008, 2018, (2023)	Gestaffelt auf 2 Jahre, Wiederholung geplant alle 5 Jahre (analog zu ÖBM-Kulturlandschaft)
ÖBM-Kulturlandschaft	Thermophilie-Indizes von Artengemeinschaften Altitudinale Verbreitungsmuster (Populationstrends wärme- und kälteadaptierter Arten)	2018, (2023)	Gestaffelt auf 2 Jahre, Wiederholung geplant alle 5 Jahre (analog BINATS)
WRRL	Thermophilie-Indizes von Artengemeinschaften Altitudinale Verbreitungsmuster (Populationstrends wärme- und kälteadaptierter Arten)	2007 <sup>2</sup> , 2010, 2013 <sup>2</sup> , 2016, 2019 <sup>2</sup> , 2022, 2025 <sup>2</sup>	Alle 6 Jahre (2007, 2013, 2019, etc.) umfassender Erhebung
FFH	Populationstrends wärme- und kälteadaptierter Arten (Altitudinale Verbreitungsmuster)	(2012), 2017, (2023)	Wiederholung geplant alle 6 Jahre
Vögel	Populationstrends wärme- und kälteadaptierter Arten (u.a.)	1989 bis laufend	Jährlich seit 1989

<sup>1</sup> Abschluss der Freilanderhebungen. Projektende in der Regel ein Jahr später; Daten sollten ein weiteres Jahr später verfügbar sein.

<sup>2</sup> umfassendere Erhebung.

**Tab. A- 6: Umsetzung des Monitorings von Klimawandelauswirkungen auf Biodiversität**

<b>Phase</b>	<b>Monitoring-Programm</b>	<b>verfügbare Durchgänge</b>
<b>2018/19</b>	Planungs-, Konzeptionalisierungs- und Ausschreibungsphase	
<b>2020/21*</b>	GLORIA	3
	ÖWI	≥7
	BINATS	2
	WRRL-Fische	3
	Phenowatch	Kontinuierliche Zeitreihe
	Neue Monitoring-Programme	Durchführung erster Erhebungsdurchgang
<b>2025/26</b>	GLORIA	4
	ÖWI	≥8
	BINATS	3
	ÖBM-Kulturlandschaft	2
	WRRL-Fische	3
	FFH-Monitoring	2
	Phenowatch	Kontinuierliche Zeitreihe
	Neue Monitoring-Programme	Durchführung erster Erhebungsdurchgang

\* von ÖBM-Kulturlandschaft und dem FFH-Monitoring ist in den Jahren 2020/21 je ein Durchgang abgeschlossen. Mindestens zwei Durchgänge sind jedoch notwendig, um Klimawandelauswirkungen zu analysieren (mehrere Durchgänge sind notwendig, um robuste Aussagen zu Klimawandelauswirkungen zu erhalten).

Abschließend ist festzuhalten, dass jede Art von Monitoring nur dann sinnvoll ist, wenn es langfristig abgesichert ist. Dies sollte unbedingt bei der Schaffung von neuen Monitoring-Programmen berücksichtigt werden. Die langfristige Absicherung der bestehenden Biodiversitätsmonitoring-Programme wäre somit der wichtigste Schritt, um für die Erfassung von Klimawandelauswirkungen auf die Biodiversität geeignete Datensätze zu generieren und somit für die Auswirkungen des derzeitigen und zukünftigen Klimawandels auf die Biodiversität gewappnet zu sein.

## **A-8 Danksagung**

Unser Dank gilt Gerald Hochedlinger, Robert Konecny, Dietmar Moser, Ulli Lamb, Barbara Kronberger-Kießwetter und Ruth Wallner für Besprechungen, Hinweise und Kommentare im Rahmen der Erstellung dieses Konzepts.

## Literaturverzeichnis

- ARGE Basiserhebung (2012). Endbericht zum Projekt "Basiserhebung von Lebensraumtypen und Arten von gemeinschaftlicher Bedeutung". Bearbeitung Revital Integrative Naturraumplanung GmbH, freiland Umweltconsulting ZT GmbH, eb&p Umweltbüro GmbH, Z\_GIS Zentrum für Geoinformatik. Im Auftrag der neun Bundesländer Österreichs. Lienz, Wien, Klagenfurt, Salzburg. 461 pp. + Anhang.
- Bellard, C., Bertelsmeier, C., Leadley, P., Thuiller, W., Courchamp, F. (2012). Impacts of climate change on the future of biodiversity. *Ecology Letters* 15.4 (2012): 365-377.
- Both, C., Visser, M. E. (2001). Adjustment to climate change is constrained by arrival date in a long-distance migrant bird. *Nature* 411, 296-298.
- Chimani, B., Böhm, R., Matulla, C., Ganekind, M. (2011). Development of a longterm dataset of solid/liquid precipitation *Adv. Sci. Res.* 6, 39–43. doi:10.5194/asr-6-39-2011
- Chimani, B., Matulla, C., Böhm, R., Hofstätter, M. (2012). A new high resolution absolute temperature grid for the Greater Alpine Region back to 1780. *Int. J. Climatol.*
- Dawson, T. P., Jackson, S. T., House, J. I., Prentice, I. C., Mace, G. M. (2011). Beyond predictions: biodiversity conservation in a changing climate. *Science*, 332(6025), 53-58.
- Deutz, A., Greßmann, G., Guggenberger, T., Blaschka, A. (2015). Zur Bedeutung des Klimawandels für die Ernährung und Krankheiten alpiner Wildarten. Endbericht von StartClim2014.D in StartClim2014: Beiträge zur Umsetzung der österreichischen Anpassungsstrategie, Auftraggeber: BMLFUW, BMWWF, ÖBF, Land Oberösterreich.
- Devictor, V., Julliard, R., Couvet, D., Jiguet, F. (2008). Birds are tracking climate warming, but not fast enough. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 275(1652), 2743-2748.
- Devictor, V., van Swaay, C., Brereton, T., Brotons, L., Chamberlain, D., Heliölä, J. et al. (2012). Differences in the climatic debts of birds and butterflies at a continental scale. *Nature Climate Change* 2, 121–124. doi:10.1038/nclimate1347
- Dirnböck, T. (2016). CCN-Adapt. Adaptation to Interactive Impacts of Climate Change and Nitrogen Deposition on Biodiversity. Final Report. ACRP.
- Dirnböck, T., Mirtl, M. (2009). Integrated Monitoring of the Effects of Airborne Nitrogen and Sulfur in the Austrian Limestone Alps. Is Species Diversity a Reliable Indicator? *Mountain Research and Development* 29(2),153-160.
- Dramstad, W. E., Fjellstad, W. J., Strand, G. H., Mathiesen, H. F., Engan, G., Stokland, J. N. (2002). Development and implementation of the Norwegian monitoring programme for agricultural landscapes. *Journal of Environmental Management* 64(1), 49-63.
- Dullinger, S., Gattringer, A., Thuiller, W., Moser, D., Zimmermann, N. E., Guisan, A. et al. (2012). Extinction debt of high-mountain plants under 21st century climate change. *Nature Climate Change* 2, 619–622. doi:10.1038/nclimate1514
- Dunn, P. O, Winkler, D. W. (2010). Effects of climate change on timing of breeding and reproductive success in birds. In: Møller, A. P., Fiedler, W., Berthold, P. (Eds.) *Effects of Climate Change on Birds*. Oxford University Press, Oxford, 113-128.
- Dvorak, M., Teufelbauer, N. (2008). *Monitoring der Brutvögel Österreichs. Arbeitsunterlagen.* 2. Auflage. Wien: BirdLife Österreich.
- Essl, F., Gattringer, A., Hülber, K., Kuttner, M., Moser, D., Rabitsch, W., Schindler, S., Wesely, J., Dullinger, S. (2016). Können Naturschutzmaßnahmen die klimawandelbedingten Risiken für Arten kompensieren? *Natur und Landschaft* 91, 480-482.

- Ficker, H. (2014). Thermischer Stress der Bachforelle an der Oberen Traun während des Sommers. End-bericht von StartClim2013.A in StartClim2013: Anpassung an den Klimawandel in Österreich – Themenfeld Wasser, Auftraggeber: BMLFUW, BMWWF, ÖBF, Land Oberösterreich.
- Gottfried, M., Hantel, M., Maurer, C., Toechterle, R., Pauli, H. & Grabherr, G. (2011). Coincidence of the alpine-nival ecotone with the summer snowline. *Environmental Research Letters*, 6: 014013.
- Gottfried, M., Pauli, H., Futschik, A., Akhalkatsi, M., Barancok, P., Benito Alonso, J. L. et al. (2012). Continent-wide response of mountain vegetation to climate change. *Nature Climate Change* 2, 111-115.
- Grabherr, G., Gottfried, M., Pauli, H. (1994). Climate effects on mountain plants. *Nature* 369, 448.
- Gregory, R. D., Willis, S. G., Jiguet, F., Vorisek, P., Klvanova, A., van Strien, A., Green, R. E. (2009). An Indicator of the Impact of Climatic Change on European Bird Populations. *Plos One*, 4(3).
- Guisan, A., Thuiller, W. (2005). Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters* 8, 993-1009.
- Haslinger, K., Bartsch, A. (2015). Creating long term gridded fields of reference evapotranspiration in Alpine terrain based on a re-calibrated Hargreaves method. *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.* 12, 5055-5082. doi:10.5194/hessd-12-5055-2015
- Hauk, E., Schadauer, K. (2009). Instruktion für die Feldarbeit der Österreichischen Waldinventur 2007 – 2009 (Fassung 2009). Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft.
- Heinrichs, S., Schulte, U., Schmidt, W. (2011). Veränderung der Buchenwaldvegetation durch Klimawandel? Ergebnisse aus Naturwaldzellen in Nordrhein-Westfalen. *Forstarchiv* 82, 48-61.
- Herzog, F., Franklin, J. (2016). State-of-the-art practices in farmland biodiversity monitoring for North America and Europe. *Ambio* 45: 857-871.
- Hiebl, J., Frei, C. (2015). Daily temperature grids for Austria since 1961 – concept, creation and applicability. *Theor. Appl. Climatol.* doi:10.1007/s00704-015-1411-4
- Hofmann, K., Lamprecht, A., Pauli, H., Illmer, P. (2016). Distribution of prokaryotic abundance and microbial nutrient cycling across a high-alpine altitudinal gradient in the Austrian Alps is affected by vegetation, temperature, and soil nutrients. *Soil Microbiology* 72(3): 704-716.
- Kienast, F., Frick, J., Steiger, U. (2013). Neue Ansätze zur Erfassung der Landschaftsqualität. Zwischenbericht Landschaftsbeobachtung Schweiz (LABES), Umwelt-Wissen Nr. 1325, Bundesamt für Umwelt, Bern und Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Birmensdorf: 75 S.
- Kienast, F., Frick, J., Van Strien, M. J., Hunziker, M. (2015). The Swiss landscape monitoring program - a comprehensive indicator set to measure landscape change. *Ecological Modelling*, 295, 136-150
- Koch E., Maurer C., Hammerl C., Hammerl T., Pokorny E. (2009). BAC-CHUS grape harvest days and temperature reconstruction for Vienna from the 16th to the 18th century. In: The 18th World IMACS Congress and MODSIM09 International Congress on Modelling and Simulation. Cairns, Australien, 13.–17.07.2009.
- Koordinationsstelle BDM (2014). Biodiversitätsmonitoring Schweiz BDM. Beschreibung der Methoden und Indikatoren. Umwelt-Wissen Nr. 1410. Bundesamt für Umwelt, Bern.
- Kühn, E., Wiemers, M., Feldmann, R., Musche, M., Harpke, A., Schweiger, O. et al. (2015). Tagfalter-Monitoring Deutschland (TMD) und europäische Indikatoren – erste Langzeiter-



gebnisse und ihre Verwendung im Natur-schutz. Jahrbuch für Naturschutz und Landschaftspflege 98-103.

Kuttner, M., Essl, F., Peterseil, J., Dullinger, S., Rabitsch, W., Schindler, S. et al. (2015). A new high-resolution habitat distribution map for Austria, Liechtenstein, southern Germany, South Tyrol and Switzerland. *Eco. Mont* 7: 18-29.

Lexer, M. J., Rabitsch, W., Grabherr, G. et al. (2014). Der Einfluss des Klimawandels auf die Biosphäre und Ökosystemleistungen. In: APCC (Eds) Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014, ÖAW, Wien: 467-556.

Maurer C., Koch E., Hammerl C., Hammerl T., Pokorny E. (2009). BACCHUS temperature reconstruction for the period 16th to 18th centuries from Viennese and Klosterneuburg grape harvest dates. *Journal of Geophysical Research* 114: D22106.

Martel, A., Blooi, M., Adriaensen, C., Van Rooij, P., Beukema, W., Fisher, M. C. et al. (2014). Recent introduction of a chytrid fungus endangers Western Palearctic salamanders. *Science*, 346(6209), 630-631.

Maxwell, S. L., Fuller, R. A., Brooks, T. M., Watson, J. E. (2016). Biodiversity: The ravages of guns, nets and bulldozers. *Nature* 536(7615), 143-145.

Melcher, A., Pletterbauer, F., Schmutz, S. (2010). Fischfauna und Klimaänderung. In: Auswirkungen des Klimawandels auf Hydrologie und Wasserwirtschaft in Österreich. Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband, Wien. 135-144.

Menzel, A., Sparks, T. H., Estrella, N., et al. (2006). European phenological response to climate change matches the warming pattern. *Global Change Biology* 12: 1969-1976.

Millennium Ecosystem Assessment (MEA) (2005). Ecosystems and Human Well-Being: Biodiversity Synthesis, Published by World Resources Institute, Washington, DC.

Mirtl, M., Bahn, M., Battin, T., Borsdorf, A., Dirnböck, T., Englisch, M. et al. (2015). Research for the Future – LTER-Austria White Paper 2015 – On the status and orientation of process oriented ecosystem research, biodiversity and conservation research and socio-ecological research in Austria. LTER-Austria Series, Vol. 2, ISBN 978-3-9503986-1-8. LTER Austria-Austrian Long-Term Ecosystem research Network, Vienna, Austria. 74 pp. + Annex 29 pp.

Moser, D., Ellmauer, T. (2009). Konzept zu einem Monitoring nach Artikel 11 der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie in Österreich. Im Auftrag der Verbindungsstelle der Bundesländer, 130 pp.

Nemeth, E., Auer, I., Hollòsi, B., Teufelbauer, N. (2016). Ein Klima-Einfluss-Index für die Brutvögel Österreichs. Endbericht von StartClim2015.C in StartClim2015: Weitere Beiträge zur Umsetzung der österreichischen Anpassungsstrategie, Auftraggeber: BMLFUW, BMWF, ÖBf, Land Oberösterreich.

Ökoteam (2012). Klimawandel und sein Einfluss auf die Biodiversität. Grundlagen für ein Monitoring ausgewählter Indikatorarten. Endbericht zum, Projekt Nr. A760674 des Klima- und Energiefonds des Bundes.

Parmesan, C. (2006). Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annu. Rev. Ecol. Evol.* 37, 637-669.

Parmesan, C., Yohe, G. (2003). A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*, 421(6918), 37.

Pascher, K., Moser, D., Dullinger, S., Sachslehner, L., Gros, P., Sauberer, N. et al. (2010). Biodiversität in österreichischen Ackerbaugebieten im Hinblick auf die Freisetzung und den Anbau von gentechnisch veränderten Kulturpflanzen (BINATS – Biodiversity-Nature-Safety). Forschungsbericht im Auftrag der Bundesministerien für Gesundheit, Sektion II und für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.

- Pascher, K., Moser, D., Dullinger, S., Sachslehner, L., Gros, P., Sauberer, N. et al. (2011). Setup, efforts and practical experiences of a monitoring program for genetically modified plants - an Austrian case study for oilseed rape and maize. *Environmental Sciences Europe* 23: 12.
- Pauli, H., Gottfried, M., Dullinger, S., Abdaladze, O., Akhalkatsi, M., Alonso, J. L. B. et al. (2012): Recent Plant Diversity Changes on Europe's Mountain Summits. *Science* 336: 353–355.
- Pauli, H., Gottfried, M., Lamprecht, A., Niessner, S., Rumpf, S., Winkler, M. et al. (2015). The GLORIA field manual – standard Multi-Summit approach, supplementary methods and extra approaches. 5th edition, GLORIA-Coordination, Austrian Academy of Sciences & University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna, Austria, 132 pp., doi 10.2777/823061, ISBN 978-92-79-47947-2.
- Pauli, H., Gottfried, M., Reier, K., Klettner, C., Grabherr, G. (2007). Signals of range expansions and contractions of vascular plants in the high Alps: observations (1994-2004) at the GLORIA master site Schrankogel, Tyrol, Austria. *Global Change Biology*, 13, 147-156.
- Peterson, A. T. (2006). Uses and requirements of ecological niche models and related distributional models. *Biodiversity Informatics*, 3, 59-72.
- Pfeifer, A., Niehuis, M. Renker, C. (Hrsg., 2011). Die Fang- und Heuschrecken in Rheinland-Pfalz. *Fauna und Flora in Rheinland-Pfalz*.
- Rabitsch, W., Essl, F. (2009). Endemiten. Kostbarkeiten in Österreichs Pflanzen- und Tierwelt. *Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Klagenfurt und Umweltbundesamt, Wien*, 924 pp.
- Rey L., Hunziker, M., Stremlo, M., Arn, D., Rudaz, G., Kienast, F. (2017). Wandel der Landschaft: Erkenntnisse aus dem Monitoringprogramm Landschaftsbeobachtung Schweiz (LABES), Bern, Umwelt-Zustand Nr. 1641, Bundesamt für Umwelt, Bern, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Birmensdorf: 72 S.
- Russ, W. (2011). Mehr Wald in Österreich. *BFW-Praxisinformation* 24, 3-5.
- Schaumberger, J., Schardt, M., Guggenberger, T., Gallaun, H., Schaumberger, A., Deutz, A., et al., (2005). GIS-gestützte Ermittlung der Veränderung des Lebensraumes alpiner Wildtierarten (Birkhuhn, Schneehuhn, Gamswild, Steinwild) bei Anstieg der Waldgrenze aufgrund Klimaveränderung. *StarClim2005.F*, Teilprojekt von StartClim2005 „Klimawandel und Gesundheit“. BMLFUW und BMGF.
- Schindler, S., Dirnböck, T., Essl, F., Zink, R., Dullinger, S., Wrбка, T., Mirtl, M. (2011). An agenda for Austrian Biodiversity Research at the Long-term Ecosystem Research Network (LTER). In: Pavlinov, I. Y. (ed.) *Researches in Biodiversity: models and applications*, InTech, Vienna. ISBN 979-953-307-253-0, 147-162.
- Schindler, S., O'Neill, F.H., Biró, M., Damm, C., Gasso, V., Kanka, R. et al. (2016). Multifunctional floodplain management and biodiversity effects: a knowledge synthesis for six European countries. *Biodiversity and Conservation* 25(7), 1349-1382.
- Schindler, S., Sebesvari, Z., Damm, C., Euller, K., Mauerhofer, V., Hermann, A. et al. (2014). Multifunctionality of floodplain landscapes: relating management options to ecosystem services. *Landscape Ecology* 29(2), 229-244.
- Stefanescu, C., Askew, R. R., Corbera, J., Shaw, M. R. (2012). Parasitism and migration in southern Palaearctic populations of the painted lady butterfly, *Vanessa cardui* (Lepidoptera: Nymphalidae). *European Journal of Entomology*, 109(1), 85.
- Stephens, P. A., Mason, L. R., Green, R. E., Gregory, R. D., Sauer, J. R., Alison, J. et al. (2016). Consistent response of bird populations to climate change on two continents. *Science*, 352(6281), 84-87.

- Stuart, S. N., Chanson, J. S., Cox, N. A., Young, B.E., Rodrigues, A. S. L., Fischman, D. L. et al. (2004). Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science* 306, 1783-1786.
- Teufelbauer, N. (2010). Der Farmland Bird Index für Österreich – erste Ergebnisse zur Bestandsentwicklung häufiger Vogelarten des Kulturlandes. *Egretta* 51, 35-50.
- Teufelbauer, N. (2014). Evaluierung LE07-13: Farmland Bird Index für Österreich – Indikator 2013 und 2014: Teilbericht 1: Farmland Bird Index 2013 für Österreich. Im Auftrag des Lebensministeriums. BirdLife Österreich, Wien.
- Teufelbauer, N., Adam, M., Nemeth, E. (2015). Analyse der Bestände überwinternder Wasservögel in Österreich von 1970-2014. BirdLife Österreich mit Unterstützung des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien. 102 pp.
- Thuiller, W., Lavorel, S., Araújo, M. B. (2005). Niche properties and geographical extent as predictors of species sensitivity to climate change. *Global Ecol. Biogeogr.* 14, 347-357.
- Umweltbundesamt (2016). Schindler, S., Zulka, K.-P., Sonderegger, G., Oberleitner, I., Peterseil, J., Essl, F. et al.: Entwicklungen zur biologischen Vielfalt in Österreich – Schutz, Status, Gefährdung. Umweltbundesamt, Wien. 188 pp.
- Umweltbundesamt (2017). Ellmauer, T., Moser, D., Paternoster, D., Adam, M.: Monitoring von Lebensraumtypen und Arten von gemeinschaftlicher Bedeutung in Österreich (2016 bis 2018) sowie Grundlagenerstellung für den Bericht gemäß Art. 17 der FFH-Richtlinie im Jahr 2019. 1 Zwischenbericht. Umweltbundesamt, Wien. 51 pp.
- Wahl, J., Dröschmeister, R., Gerlach, B., Grüneberg, C., Langgemach, T., Trautmann, S., Sudfeldt, C. (2015). Vögel in Deutschland – 2014. DDA, BfN, LAG VSW, Münster.
- Wessely, J., Hülber, K., Gattringer, A., Kuttner, M., Moser, D., Rabitsch, W., Schindler, S., Dullinger, S., Essl, F. (in Druck) Severe constraints for the effectiveness of conservation strategies to mitigate climate change-induced range losses. *Nature Climate Change*.
- Winkler, M., Lamprecht, A., Steinbauer, K., Hülber, K., Theurillat, J.-P., Breiner, F. et al. (2016). The rich sides of mountain summits - a pan-European view on aspect preferences of alpine plants. *Journal of Biogeography* 43: 2261-2273, Doi 10.1111/jbi.12835.
- Zografou, K., Kati, V., Grill, A., Wilson, R. J., Tzirkalli, E., Pamperis, L. N., Halley, J. M. (2014). Signals of climate change in butterfly communities in a Mediterranean protected area. *PLoS One*, 9(1), e87245.
- Zweimüller, I., Melcher, A., Pletterbauer, F., Hein, T. (2014). Wie und wo verändern sich die österreichischen Flüsse durch den Klimawandel? Interdisziplinäre Analyse im Hinblick auf Fischfauna und Nährstoffe. Endbericht von StartClim2013.E in StartClim2013: Anpassung an den Klimawandel in Österreich – Themenfeld Wasser, Auftraggeber: BMLFUW, BMWWF, ÖBF, Land Oberösterreich.

## Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

### Abbildungen

- Abb. A- 1: Abundanztrends wärmeadaptierter (orange) und kälteadaptierter (blau) Vogelarten in Europa (A) und den USA (B). Daraus berechneter climate impact index (CII; violett) für Europa (C) und die USA (D), der das Verhältnis der Indexwerte der wärmeadaptierten zu den kälteadaptierten Arten darstellt (nach Stephens et al., 2016). ..... 14
- Abb. A- 2: Der Thermophilisationsindikator D stellt auf europäischem Maßstab die Thermophilisierung der Gefäßpflanzengemeinschaften in 17 beprobten Gebirgsregionen von 2011 bis 2008 dar. Er ist signifikant positiv (D: rote Linie; 95% Konfidenzintervall: grüne Schattierung; Referenzlinie bei D=0: schwarze Linie. Gebirgsregionen sind von Norden nach Süden aufgelistet (D und 95% Konfidenzintervalle für die Gebirgsregionen: orange Symbole und Balken). Berggipfel sind innerhalb der Gebirgsregionen vom höchsten zum niedrigsten Gipfel geordnet (D und 95% Konfidenzintervalle für die Berggipfel: blaugraue Symbole und Linien) (nach Gottfried et al., 2012)..... 15
- Abb. A- 3: Community temperature index (CTI) der beprobten Habitate in den Jahren 1998 und 2011. Für jeden der sieben Lebensräume (x-Achse) wurde CTI als mittlerer species temperature index (STI) berechnet. STI ergibt sich als durchschnittliche Temperatur der geographischen Gebiete jeder Art in Europa und wurde mit der Abundanz der Arten gewichtet, die 1998 (volle Kreise) und 2011 (leere Kreise) in jedem der Lebensräume erfasst wurde. Die Abbildung zeigt eine signifikante Zunahme der CTIs in allen Lebensräumen mit Ausnahme der landwirtschaftlichen Habitate (nach Zografou et al. 2014)..... 16
- Abb. A- 4: Aufnahme-Raster der Österreichischen Waldinventur (ÖWI). Quelle: BfW ..... 23
- Abb. A- 5: ÖBM-Kulturlandschaft: Ausgewählte Biodiversitätsstichprobe mit 100 Quadranten aus kontrollierter Zufallsauswahl (gelbe und blaue Quadrate) sowie 71 aliquoten BINATS-Quadranten (braune Sterne) (Umweltbundesamt, in Vorbereitung). ..... 25
- Abb. A- 6: Abdeckung der offenen Kulturlandschaft durch BINATS (Raps- und Maisanbaugebiete mit >80% landwirtschaftlich genutzter Fläche im 1 km<sup>2</sup> Quadranten) und ÖBM-Kulturlandschaft (restliche 1 km<sup>2</sup> Quadranten mit >50% landwirtschaftlich genutzter Fläche). ..... 26
- Abb. A- 7: Anzahl der Standorte mit Befischungen pro Jahr ..... 28
- Abb. A- 8: Fischartenreichtum der befisheten Standorte. Dargestellt ist (links) der Gesamtartenreichtum, d.h. die Anzahl der im Rahmen aller Befischungen eines Standorts mit mehrfacher Befischung (n = 391) gefundenen Fischarten (n=70), sowie (rechts) für jede Fischart die Anzahl der Standorte mit mehrfacher Befischung (n = 391) an denen die Art gefangen wurde..... 28
- Abb. A- 11: *Durchschnittliche Klimawandeleffekte [log (range size at 2090 / range size at 2010)] unter Naturschutzszenarien [log (range size in 2090 applying a conservation strategy / range size in 2090)] auf Arealgrößen von Verbreitungsgebieten Ende des 21. Jahrhunderts basierend auf A1B-Szenario. Schutzgebiete: P; Korridore: C; ungeschützte Gebiete in Landschaftsmatrix: M; 1: 1% Rasterzellen werden umgewandelt; 3: 3% Rasterzellen werden umgewandelt; 5: (5%) Rasterzellen werden umgewandelt. Abbildung modifiziert nach J. Wessely et al. (in Druck)..... 94*
- Abb. A- 12: Lage der Beobachtungstrecken für das Brutvogelmonitoring in Österreich in den Beobachtungsjahren 1989-2015 (nach Nemeth et al., 2016)..... 95

- Abb. A- 13: *Indexwerte für Klimagewinner- und Klimaverlierer-Arten (oben) und Climate Impact Indices (unten). Diagramme A und B stellen alle 76 Arten dar, für die Diagramme C und D sind die 21 Vogelarten der offenen Kulturlandschaft aus dem Datensatz eliminiert worden. Adaptiert nach Nemeth et al. (2016).* .....95
- Abb. A- 14: *Untersuchungsgebiete in den Öztaler Alpen, im südlichen Böhmerwald, sowie im Bereich der Höhengradienten Wien-Schneeberg und Graz-Koralpe.* .....96
- Abb. A- 15: *Transekt Wien-Schneeberg. Oben: Höhenverteilung der relativen Häufigkeit von Conomelus anceps (links 2009, rechts 2010); unten: Höhenverteilung der relativen Häufigkeit von Conomelus lorifer (links 2009, rechts 2010). Nach Ökoteam (2012).*.....97

## Tabellen

- Tab. A- 1: Überblick über ausgewählte Biodiversitätsmonitoring-Programme (vgl. Anhang 1 – Monitoring-Programme und Erfassung von Klimawandelauswirkungen auf die Biodiversität) .....10
- Tab. A- 2: Prioritäre Monitoring-Programme zur Erfassung von Klimawandelauswirkungen auf die österreichische Biodiversität. Dargestellt sind Monitoring-Programme für Artengruppen (inkl. Biotoptypen) in den Ökosystemen Nival, Alpin, Subalpin, Wald, Offenes Kulturland, Urban, Fließ- und Stillgewässer, feuchte Sonderstandorte sowie trockene Sonderstandorte. Codierung: grüner Hintergrund: Prioritäres Monitoring-Programm; gelber Hintergrund: Monitoring-Programm sinnvoll, aber nicht prioritär; oranger Hintergrund: Monitoring-Programm nicht notwendig. Grauer Hintergrund: Artengruppe ist im Lebensraum praktisch nicht existent. : Bestehendes Monitoring-Programm. ....21
- Tab. A- 3: Für das Monitoring nach Artikel 11 der FFH Richtlinie in den Jahren 2016/17 berücksichtigte/unberücksichtigte Arten. ....30
- Tab. A- 4: Prioritär zu initiiierende Biodiversitätsmonitoring-Programme zur Identifizierung von Klimawandelauswirkungen .....35
- Tab. A- 5: Übersicht über bestehende österreichweite Biodiversitätsmonitoring-Programme, die klimawandelfolgenrelevante Biodiversitätsdaten liefern .....36
- Tab. A- 6: Umsetzung des Monitorings von Klimawandelauswirkungen auf Biodiversität 37