

**Rainer Schliep, Werner Ackermann, Vincent Aljes,
Cindy Baierl, Daniel Fuchs, Sarah Kretzschmar, Annika Miller,
Laura Radtke, Gert Rosenthal, Christoph Sudfeldt,
Sven Trautmann, Ulrich Walz, Elisa Braeckevelt,
Ulrich Sukopp und Stefan Heiland**

Weiterentwicklung von Indikatoren zu Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt



Weiterentwicklung von Indikatoren zu Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt

**Rainer Schliep
Werner Ackermann
Vincent Aljes
Cindy Baierl
Daniel Fuchs
Sarah Kretzschmar
Annika Miller
Laura Radtke
Gert Rosenthal
Christoph Sudfeldt
Sven Trautmann
Ulrich Walz
Elisa Braeckevelt
Ulrich Sukopp
Stefan Heiland**

Titelbild: Foto im Zentrum: Blick in den Himmel; Fotos unten (v. l.): Echte Arnika (*Arnica montana*), Berggipfel, Meeresbucht, strukturierte Landschaft; Fotos rechts (v. o.): Kohlmeise (*Parus major*), Schild eines Naturschutzgebietes (alle Fotos: Elisa Braeckevelt, Stefan Heiland)

Adressen der Autorinnen und der Autoren:

Prof. Dr. Stefan Heiland Rainer Schliep Laura Radtke Annika Miller	Technische Universität Berlin Institut für Landschaftsarchitektur und Umweltplanung Fachgebiet Landschaftsplanung und Landschaftsentwicklung Straße des 17. Juni 145, Sekr. EB5, 10623 Berlin E-Mail: stefan.heiland@tu-berlin.de
Daniel Fuchs Werner Ackermann	PAN Planungsbüro für angewandten Naturschutz GmbH Rosenkavalierplatz 8, 81925 München E-Mail: daniel.fuchs@pan-gmbh.com
Prof. Dr. Ulrich Walz Sarah Kretzschmar	Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden Fakultät Landbau/Umwelt/Chemie Professur Landschaftsökologie Pillnitzer Platz 2, 01326 Dresden E-Mail: ulrich.walz@htw-dresden.de
Prof. Dr. Gert Rosenthal Cindy Baierl Vincent Aljes	Universität Kassel Fachgebiet Landschafts- und Vegetationsökologie Gottschalkstraße 26a, 34127 Kassel E-Mail: rosenthal@asl.uni-kassel.de
Dr. Christoph Sudfeldt Sven Trautmann	Dachverband Deutscher Avifaunisten e. V. An den Speichern 6, 48157 Münster E-Mail: christoph.sudfeldt@dda-web.de

Fachbetreuung im BfN:

Dr. Elisa Braeckevelt Dr. Ulrich Sukopp	Fachgebiet II 1.3 „Terrestrisches Monitoring“ E-Mail: ulrich.sukopp@bfn.de
--	---

Der Text basiert auf dem Abschlussbericht des F+E-Vorhabens „Weiterentwicklung von Indikatoren zu Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt“ (FKZ: 3517 81 1000).

Gefördert durch das Bundesamt für Naturschutz (BfN) mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (FKZ: 3517 81 1000).

Diese Veröffentlichung wird aufgenommen in die Literaturdatenbank „DNL-online“ (www.dnl-online.de).
BfN-Skripten sind nicht im Buchhandel erhältlich. Eine pdf-Version dieser Ausgabe kann unter <http://www.bfn.de/skripten.html> heruntergeladen werden.

Institutioneller Herausgeber: Bundesamt für Naturschutz
Konstantinstr. 110
53179 Bonn
URL: www.bfn.de

Der institutionelle Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die in den Beiträgen geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des institutionellen Herausgebers übereinstimmen.



Diese Schriftenreihe wird unter den Bedingungen der Creative Commons Lizenz Namensnennung – keine Bearbeitung 4.0 International (CC BY – ND 4.0) zur Verfügung gestellt (<https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/deed.de>).

Druck: Druckerei des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU).

Gedruckt auf 100 % Altpapier

ISBN 978-3-89624-337-9

DOI 10.19217/skr576

Bonn – Bad Godesberg 2020

Inhalt

Abbildungsverzeichnis zu Teil I	3
Tabellenverzeichnis zu Teil I	4
Abkürzungsverzeichnis.....	5
Zusammenfassung	7
Summary	10
Danksagung	13
Teil I: Hintergrund, inhaltliche Grundlagen und Ergebnisse.....	14
1 Einleitung	14
1.1 Hintergrund und Ziele des Projektes.....	14
1.2 Arbeitsschritte	16
1.3 Vorgehensweise.....	17
2 Vollständige Entwicklung ausgewählter Indikator-Prototypen.....	20
3 Referenz- und Zielwerte zu bereits operationalisierten und weiter zu entwickelnden Indikatoren	28
3.1 Verwendung der Begriffe	29
3.2 Bestimmung und Darstellung von Referenz- und Zielwerten für die Indikatoren	31
4 Weiterentwicklung ausgewählter Indikator-Prototypen	38
4.1 Veränderung mariner Nahrungsnetze.....	38
4.2 Floristischer Temperaturindex kurzlebiger Gefäßpflanzenarten.....	39
4.2.1 Ursprünglicher Ansatz für den Indikator-Prototypen „Arealveränderungen bei klimasensitiven Pflanzenarten“	39
4.2.2 Neuentwicklung des Indikator-Prototyps „Floristischer Temperaturindex kurzlebiger Gefäßpflanzenarten“ (FTI)	40
4.3 Temperaturindex der Tagfalterartengemeinschaften.....	45
4.4 Veränderung der Flora auf Alpengipfeln	45
4.5 Sicherung des länderübergreifenden Biotopverbunds.....	45
4.6 Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität.....	50
5 Fortschreibung der Indikatoren für das Handlungsfeld „Biologische Vielfalt“ der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel.....	56
5.1 Phänologische Veränderungen bei Wildpflanzenarten	56
5.1.1 Verwendung von Jahresmelder- und Sofortmelder-Daten	57
5.1.2 Datenlücken und Extrapolation.....	57
5.1.3 Wirkung von „Ausreißern“ in den Daten	58
5.1.4 Monatsmittelwerte der Temperatur.....	58
5.2 Temperaturindex der Vogelartengemeinschaft.....	58

5.3	Rückgewinnung natürlicher Überflutungsflächen	59
5.4	Berücksichtigung des Klimawandels in LaPros und LRPs	59
5.5	Gebietsschutz	60
Teil II: Kennblätter und Factsheets der Einzelindikatoren		61
6	Kennblätter der weiterentwickelten Indikator-Prototypen	61
6.1	Floristischer Temperaturindex kurzlebiger Gefäßpflanzenarten	61
6.2	Sicherung des länderübergreifenden Biotopverbunds	76
6.3	Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität	84
7	Factsheets der fortgeschriebenen Indikatoren	97
7.1	Phänologische Veränderungen bei Wildpflanzenarten	97
7.2	Temperaturindex der Vogelartengemeinschaft	109
7.3	Rückgewinnung natürlicher Überflutungsflächen	123
7.4	Berücksichtigung des Klimawandels in Landschaftsprogrammen und Landschaftsrahmenplänen	133
7.5	Gebietsschutz	143
Quellenverzeichnis zu Teil I		151

Abbildungsverzeichnis zu Teil I

Abb. 1: Indikationsbereiche (Text in der Abbildung fett gesetzt) des zu entwickelnden Indikatorensets im Gefüge von Wirkungen und Rückwirkungen zwischen dem Klimawandel und der biologischen Vielfalt (aus Schliep et al. 2017).	15
Abb. 2: Jährliche globale anthropogene CO ₂ -Emissionen (Gigatonnen CO ₂ -Äquivalente pro Jahr, GtCO ₂ /a) aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe, der Zementherstellung und der Abfackelung von Begleitgasen bei der Erdölförderung sowie der Forstwirtschaft und anderen Landnutzungen, 1750-2011. Die kumulierten Emissionen bzw. ihre Unsicherheiten werden auf der rechten Seite als Balken bzw. Whisker dargestellt.	29
Abb. 3: Abweichung der globalen Lufttemperatur vom Durchschnitt 1961 bis 1990 (Referenzperiode); Quelle: UBA 2020 (verändert)..	29
Abb. 4: Vergleich der deutschen (D) und europäischen (E) Temperaturnische (Species Temperature Index) getrennt nach Florenzzonen. Es wurden nur Pflanzenarten berücksichtigt, für die eine deutsche und europäische Temperaturnische berechnet werden konnte (N = 621). Für einige Pflanzenarten sind keine Daten zur Florenzzone vorhanden.	42
Abb. 5: A: Vergleich der berechneten deutschen (D) und europäischen (E) Klimanischen für die Variablen Jahresmitteltemperatur, wärmster Monat, kältester Monat und Niederschlag. B: Verteilung von Gefäßpflanzenarten nach ihrer klimatischen Nische repräsentiert durch die ersten beiden PCA-Achsen. Punkte = Pflanzenarten (N = 621)..	43
Abb. 6: Floristischer Temperaturindex kurzlebiger Gefäßpflanzenarten berechnet auf Grundlage verschiedener Artensets der 621 Arten, für die ein europäischer STI vorlag. A: ohne Bäume und Neophyten (N = 507), B: ohne Bäume (N = 542), C: ein- bis zweijährige Arten ohne Neophyten (N = 118), D: Wärme-Kältezeiger ohne Bäume und Neophyten (N = 152). Es wurden nur Messtischblätter mit einem Minimum von 25 Funden bei der Berechnung berücksichtigt. Graue Linie = Mittelwert Referenzperiode 1950-1979.	44
Abb. 7: Reale und artefakte Flächenveränderungen der terrestrischen Schutzgebietsfläche	47
Abb. 8: Selektionsunterschiede bei Anwendung der Methoden V_5 und V_10	48
Abb. 9: Verbleibende Flächenunsicherheiten bei Anwendung der Methoden V_5 und V_10	49
Abb. 10: Darstellung der 5-stufigen Bewertung der Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität der Fläche aller Landkreise Deutschlands. Die Teilindikatoren wurden 5-stufig bewertet, die Zusammenführung und Endbewertung der erreichten Punkte erfolgte ebenfalls 5-stufig.	53
Abb. 11: Darstellung des prozentualen Anteils der drei höchsten Bewertungsstufen an der Fläche der Landkreise Deutschlands (mittel, hoch, sehr hoch der 5-stufigen Bewertung, wobei sehr hoch bisher nicht besetzt ist).	54

Tabellenverzeichnis zu Teil I

Tab. 1: Bewertung der ausgewählten Indikatoren hinsichtlich deren Eignung für das hier zu entwickelnde Indikatorenset.	20
Tab. 2: Möglichkeiten und Vorschläge zur Bestimmung von Referenzwerten, -jahren und -zeiträumen sowie Zielwerten und -jahren zu den Indikatoren.....	33
Tab. 3: Auszug aus dem Kennblatt zum Indikator „Phänologische Veränderungen bei Wildpflanzenarten“ – Vorschlag zur neuen Gliederung des Abschnitts „Beschreibung und Begründung“.	37
Tab. 4: Bewertungsmatrix der Teilindikatoren, Indikator „Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität“	52
Tab. 5: Bewertungsstufen des Indikators „Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität“.	53

Abkürzungsverzeichnis

ATKIS	Amtliche Topographisch-Kartographisches Informationssystem
AWI	Alfred-Wegener-Institut
AWZ	Ausschließliche Wirtschaftszone
BAH	Biologische Anstalt Helgoland (AWI)
BfN	Bundesamt für Naturschutz
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
BR	Biosphärenreservat
CBD	Convention on Biological Diversity (Übereinkommen über die biologische Vielfalt)
DAS	Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel
DDA	Dachverband Deutscher Avifaunisten
DLM	Digitales Landschaftsmodell
DPSIR	Driving Forces-Pressure-State-Impact-Response
DWD	Deutscher Wetterdienst
EU	Europäische Union
FBV	Flächen für den länderübergreifenden Biotopverbund
FFH	Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (EU)
FKZ	Forschungskennziffer (UFOPLAN)
GBIF	Global Biodiversity Information Facility
GIS	Geographisches Informationssystem
GLORIA	Global Observation Network in Alpine Environments
HNV	High Nature Value
IKB 2	F+E-Vorhaben „Weiterentwicklung von Indikatoren zu Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt“
IÖR	Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung
IPBES	Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (Weltbiodiversitätsrat)
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Weltklimarat)
LANUV	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
LBM-DE	Landbedeckungsmodell für Deutschland
MAB	UNESCO-Programm „Der Mensch und die Biosphäre“
MOBI-e	Biodiversitätsmonitoring in Österreich

MSRL	Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie
MTB	Messtischblatt (topographische Karte im Maßstab 1 : 25.000; s. TK25)
NBS	Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt
NHS	Nationale Nachhaltigkeitsstrategie
NHWSP	Nationales Hochwasserschutzprogramm
NLP	Nationalpark
NSG	Naturschutzgebiet
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
PAG	Projektbegleitende Arbeitsgruppe
pnV	potenzielle natürliche Vegetation
SD	Standardabweichung
sgG	streng geschützte Gebiete
SHDI	Shannon Diversity Index
SPA	Special Protection Area (EU-Vogelschutzrichtlinie)
SRU	Sachverständigenrat für Umweltfragen
STI	Species Temperature Index
TK25	Topographische Karte im Maßstab 1:25.000
TMD	Tagfalter-Monitoring Deutschland
UBA	Umweltbundesamt
VN	Vereinte Nationen

Zusammenfassung

1. Der vom Menschen verursachte Klimawandel führt zu weitreichenden Veränderungen der biologischen Vielfalt. Anstrengungen zur kontinuierlichen Erfassung dieser Veränderungen werden auf globaler, regionaler und nationaler Ebene vorangetrieben. Deutschland hat mit der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt, der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) und dem Aktionsplan Anpassung ambitionierte Ziele für die Erhaltung der biologischen Vielfalt in Deutschland sowie die Anpassung der gesellschaftlichen und natürlichen Systeme an die Folgen des Klimawandels beschlossen.
2. Ein wirksamer Naturschutz erfordert möglichst gesicherte Daten und Indikatoren, die vor dem Hintergrund des Klimawandels verlässliche Auskunft einerseits über Zustandsänderungen, andererseits über den Umsetzungsstand von Anpassungsmaßnahmen des Naturschutzes an den Klimawandel geben. Auf den Klimawandel ausgerichtete Anpassungen seitens des Naturschutzes sind sowohl bei grundlegenden Werthaltungen als auch für darauf basierende Strategien, Ziele, Maßnahmen und Instrumente erforderlich.
3. Das hier beschriebene F+E-Vorhaben „Weiterentwicklung von Indikatoren zu Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt“ (FKZ 3517 81 1000) zielte darauf ab, die im Indikatorenset zur DAS enthaltenen Indikatoren im Handlungsfeld „Biologische Vielfalt“ fortzuschreiben und ausgewählte Prototypen aus dem Vorläufervorhaben (F+E-Vorhaben „Indikatorensystem zur Darstellung direkter und indirekter Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt“ – FKZ 3511 82 0400) zu realisieren. Übergreifendes Ziel war die Fortschreibung und Weiterentwicklung eines breit gefächerten Satzes naturschutzfachlich aussagekräftiger Indikatoren zu Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt in Deutschland, einschließlich der Nennung bzw. Entwicklung von Referenz- und Zielwerten, sofern dies möglich ist.
4. Neun Indikator-Prototypen aus dem Vorläufervorhaben wurden auf der Grundlage bereits vorliegender Kriterien und Ergebnisse sowie neu erarbeiteter Erkenntnisse auf Eignung zur Realisierung überprüft: „Phänologische Veränderungen im Zooplankton“, „Veränderung des Arteninventars auf High Nature Value Farmland“, „Arealveränderungen bei marinen Arten“, „Arealveränderungen bei klimasensitiven Pflanzenarten“, „Temperaturindex der Tagfalterartengemeinschaften“, „Veränderung der Flora auf Alpengipfeln“, „Klimawandelbedingte Veränderungen bei Libellen“, „Sicherung des länderübergreifenden Biotopverbunds“, „Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität“. Dabei ergaben sich folgende Einschätzungen zum weiteren Vorgehen:
 - „Phänologische Veränderungen im Zooplankton“: Die Überprüfungen haben gezeigt, dass der Indikator-Prototyp methodische Schwächen aufweist. Die Weiterentwicklung und Operationalisierung eines neu konzipierten Indikator-Prototyps unter dem Arbeitstitel „Veränderungen mariner Nahrungsnetze“ wurde daher angestoßen. Eine Realisierung im Rahmen dieses Vorhabens war allerdings nicht möglich.
 - „Veränderung des Arteninventars auf High Nature Value Farmland“: Umfangreiche Analysen und Berechnungen haben ergeben, dass eine Realisierung des Indikators aufgrund einer ungeeigneten Datengrundlage, um ein Klimawandelsignal herauszustellen, nicht möglich ist.
 - „Arealveränderungen bei marinen Arten“: Der Einfluss der Seefischerei auf die betrachteten Fischbestände ist weiterhin nicht quantifizierbar, sodass keine Aussagen hinsichtlich des Einflusses des Klimawandels getroffen werden können. Eine Realisierung des Indikators war daher nicht möglich.
 - „Arealveränderungen bei klimasensitiven Pflanzenarten“: Die Datenbasis wurde basierend auf tiefgehenden Analysen und Berechnungen nur als bedingt geeignet für das Indikatorkonzept

eingeschätzt. Daher wurde ein neuer Indikator-Prototyp unter dem Arbeitstitel „Floristischer Temperaturindex kurzlebiger Gefäßpflanzenarten“ konzipiert und berechnet. Für eine vollständige Realisierung des Indikators ist allerdings die Verfügbarkeit weiterer Datensätze erforderlich.

- „Temperaturindex der Tagfalterartengemeinschaften“: Die Datenlage wird sich erst nach Etablierung einer Kooperation zwischen BfN und dem Tagfalter-Monitoring Deutschland (TMD) des Umweltforschungszentrums Leipzig (UFZ) und einer ersten Berechnung des Indikators abschließend bewerten lassen. Eine Realisierung war nicht möglich; es wurde jedoch die Planung und Vorbereitung eines entsprechenden, eigenständigen Vorhabens angestoßen.
 - „Veränderung der Flora auf Alpengipfeln“: Recherchen zufolge konnte die Datenerhebung und -digitalisierung von der datenhaltenden Institution bisher nicht abgeschlossen werden, weshalb eine Realisierung nicht möglich war.
 - „Klimawandelbedingte Veränderungen bei Libellen“: Die Realisierung dieses Indikator-Prototyps wurde nach Auswertung der Informationen zur Datenerhebung und der negativen Bewertung der Datenbasis als nicht möglich eingestuft und nicht weiter betrieben.
 - „Sicherung des länderübergreifenden Biotopverbunds“: Die thematische Relevanz und politische Eignung dieses Indikator-Prototyps wurde positiv bewertet. Auf Basis umfassender Analysen und Berechnungen konnte der Indikator vollständig operationalisiert werden.
 - „Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität“: Der Indikator-Prototyp wurde insgesamt positiv bewertet und intensiv weiterentwickelt. Berechnungen des Indikators konnten aufgrund der benötigten sehr hohen Rechnerleistung im Rahmen des Projekts nur vorläufig durchgeführt werden, dienten aber als geeignete Basis, um Ansatzpunkte konkreter Anschlussarbeiten zur vollständigen Realisierung herauszustellen.
5. Vier im Vorläuferprojekt entwickelte Indikatoren („Phänologische Veränderungen bei Wildpflanzenarten“, „Temperaturindex der Vogelartengemeinschaft“, „Rückgewinnung natürlicher Überflutungsflächen“, „Berücksichtigung des Klimawandels in Landschaftsprogrammen und Landschaftsrahmenplänen“) sowie der aus der NBS übernommene Indikator „Gebietsschutz“ wurden für den „Monitoringbericht 2019“ der DAS fortgeschrieben.
6. Weiterhin wurde geprüft, ob der DAS-Indikator „Gebietsschutz“ durch einen geeigneteren Indikator ersetzt werden kann. Hierzu wurde der im Rahmen des Vorhabens entwickelte und vollständig operationalisierte Indikator „Sicherung des länderübergreifenden Biotopverbunds“ für das Set der DAS-Indikatoren aufbereitet und vorgeschlagen. Der Indikator wurde allerdings nicht übernommen.
7. Für sämtliche im Rahmen des Vorhabens fortgeschriebene und weiterentwickelte Indikatoren wurde geprüft, ob eine Benennung historischer Referenz- und/oder künftiger Zielwerte grundsätzlich sinnvoll und möglich ist. Als Grundlage für die Erarbeitung der Vorschläge für Referenz- oder Zielwerte und deren zeitliche Horizonte wurde zunächst eine systematische Recherche und Auswertung relevanter aktueller fachlicher und fachpolitischer Publikationen durchgeführt. Als Ergebnis sind besonders zwei zentrale Aspekte hervorzuheben:
- Bei allen Indikatoren, die eng an die direkten Auswirkungen des anthropogenen Klimawandels gekoppelt sind (alle Temperaturindizes sowie die Indikatoren zu Wildpflanzen, dem marinen Nahrungsnetz und der Alpenflora), besteht außer den Maßnahmen zur Abschwächung der Temperaturerhöhung keinerlei Möglichkeit, die Entwicklung der Messgröße direkt zu beeinflussen bzw. zu steuern. Daher können diese Indikatoren eher der rein deskriptiven Beschreibung der tatsächlichen Veränderungen bzw. der Verdeutlichung des Ausmaßes der Probleme

dienen. Die Festlegung eines Zielwerts für diese Indikatoren ist nicht sinnvoll; die Festlegung von Referenzwerten ist hingegen nicht ausgeschlossen.

- Bei denjenigen Indikatoren, die Entwicklungen mit Steuerungspotenzial beschreiben (Rückgewinnung von Überflutungsflächen, Berücksichtigung des Klimawandels in der Landschaftsplanung, Gebietsschutz, länderübergreifender Biotopverbund, Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität), ist es bisher nur bei einem Indikator (Rückgewinnung von Überflutungsflächen) möglich, einen sinnvollen Referenzwert anzugeben. Bei allen anderen ist der Ausgangswert der Messgröße gleich Null (und damit kein geeigneter Referenzwert) oder historisch nicht rekonstruierbar.
8. Geeignete und sinnvolle Referenz- und/oder Zielwerte könnten entsprechend der im Vorhaben erarbeiteten Struktur in den vorhandenen Indikator-Kennblättern im Abschnitt „Beschreibung und Begründung“ ergänzt werden.

Summary

1. Man-made climate change is responsible for far-reaching changes in biological diversity. Efforts to continuously record these changes are being pursued at global, regional and national level. With the National Strategy on Biological Diversity, the German Strategy for Adaptation to Climate Change (DAS) and the Adaptation Action Plan, Germany has adopted ambitious targets for the conservation of biological diversity in Germany and for the adaptation of social and natural systems to the consequences of climate change.
2. Effective nature conservation requires data and indicators that are as accurate as possible and which, against the background of climate change, provide reliable information about changes of the state of biodiversity on the one hand, and about the implementation status of nature conservation adaptation measures to climate change on the other. Climate change-oriented adaptations on the part of nature conservation are required for both basic values and for strategies, objectives, measures and instruments based on them.
3. The R+D project "Further development of indicators on the impacts of climate change on biological diversity" (FKZ 3517 81 1000) aimed to firstly update indicators, which are already part of the indicator set for the DAS action field "biological diversity", and secondly to finally realize selected prototypes from the predecessor project (R+D project "Indicator system for the depiction of direct and indirect impacts of climate change on biological diversity" - FKZ 3511 82 0400). The overall objective was the continuation and further development of a broad set of nature-conservation-relevant indicators on the effects of climate change on biological diversity in Germany, including the development of reference and target values, if possible.
4. Nine indicator prototypes from the predecessor project were examined with regard to their suitability for implementation on the basis of existing criteria and findings as well as newly acquired knowledge: "Phenological changes of zooplankton", "Changes in species inventory on High Nature Value Farmland", "Changes in distribution area of marine species", "Changes in distribution area of climate sensitive plant species", "Temperature index of butterfly species communities", "Changes of flora on Alpine peaks", "Climate change induced changes of dragonflies", "Securing the nation-wide biotope network", "Habitat diversity and landscape quality"). The examination resulted in the following recommendations regarding the further proceeding:
 - "Phenological changes of zooplankton": The reviews have shown that the indicator prototype has methodological weaknesses. Therefore, the further development and operationalization of a newly designed indicator prototype under the working title "Changes in marine food webs" was initiated. However, it was not possible to fully realize it within this project.
 - "Changes in species inventory on High Nature Value Farmland": Extensive analyses and calculations have shown that a realization of the indicator is not possible due to an unsuitable data basis for highlighting a climate change signal.
 - "Changes in distribution area of marine species": The influence of marine fisheries on the observed fish stocks is still not quantifiable, therefore the influence of climate change cannot be determined. Consequently, a realization of the indicator was not possible.
 - "Changes in distribution area of climate sensitive plant species": Based on in-depth analyses and calculations, the data basis was deemed to be only of limited suitability for the indicator concept. Therefore, a new indicator prototype was designed and calculated under the working title "Floristic temperature index of short-lived vascular plant species". For a complete realization of the indicator, however, the availability of further data sets is necessary.

- "Temperature index of butterfly species communities": The availability of data can only be finally assessed after a cooperation agreement between BfN and the Butterfly Monitoring Germany (TMD) of the Environmental Research Centre Leipzig (UFZ) and a first calculation of the indicator. A realization was not possible; however, the planning and preparation of a corresponding, independent project was initiated.
 - "Changes of flora on Alpine peaks": According to investigations, the data collection and digitalization could not be completed by the data-holding institution so far. Therefore, a realization of the indicator was not possible.
 - "Climate change induced changes of dragonflies": After evaluation of data acquisition and data basis, the realization of this indicator prototype was deemed not possible and not pursued further.
 - "Securing the nation-wide biotope network": The thematic relevance and political suitability of this indicator prototype was assessed as positive. Based on comprehensive analyses and calculations, the indicator was fully operationalized.
 - "Habitat diversity and landscape quality": The indicator prototype was generally assessed as positive and intensively further developed. Due to the enormous computing power required, calculations of the indicator could only be carried out provisionally within the framework of the project but served as a suitable basis for highlighting starting points for concrete follow-up work for complete realization.
5. Four indicators developed in the preceding project ("Phenological changes in wild plant species", "Temperature index of the bird species community", "Recovery of natural floodplains", "Consideration of climate change in landscape programs and landscape structure plans") as well as the indicator "Area protection" adopted from the NBS were updated for the DAS "Monitoring Report 2019".
6. It was also assessed whether the DAS indicator "Area protection" could be replaced by a more suitable one. For this purpose, the indicator "Securing the nation-wide biotope network", which was developed and fully operationalized in the context of the project, was prepared and proposed for the set of DAS indicators. However, the indicator was not adopted.
7. For all indicators updated and further developed, it was assessed whether it is generally expedient and possible to identify and define historical reference values and/or future target values. As a basis for the development of the proposals for reference or target values and their time frames, a systematic research and evaluation of relevant current scientific and political publications was carried out. As a result, two central aspects are particularly noteworthy:
- For all indicators that are closely linked to the direct effects of anthropogenic climate change there is no possibility of directly influencing or controlling the development of the measured parameter apart from measures to climate change mitigation. This applies to all temperature indices and to the indicators on wild plants, marine food web and Alpine flora. Therefore, these indicators can only serve as a purely descriptive depiction of actual changes or to illustrate the extent of the problems. Consequently, setting a target value for these indicators is not appropriate; however, setting reference values is not out of question.
 - For the indicators describing developments with steering potential ("Recovery of natural floodplains", "Consideration of climate change in landscape programs and landscape structure plans", "Area protection", "Securing the nation-wide biotope network", "Habitat diversity and landscape quality"), it has so far only been possible to provide a meaningful reference value for one indicator ("Recovery of natural floodplains"). For all others, the initial value of the indicator is zero (and thus no suitable reference value) or cannot be reconstructed historically.

8. Suitable and meaningful reference and/or target values could be added to the existing indicator sheets in the section "Description and justification" according to the structure developed in the project.

Danksagung

Wir möchten uns an dieser Stelle bei allen Expert*innen bedanken, die das Projekt als Mitglieder der projektbegleitenden Arbeitsgruppe unterstützt haben: Armin Benzler, Dr. Peter Finck, Ingelore Gödeke, Dr. David Harter, Samuel Heisterkamp, Dr. Jens Kolk, Rudolf May, Dr. Martin Musche, Dr. Livia Schäffler, Dr. Mirco Scharfe, Christina Seidenstücker, Dr. Joachim Spangenberg, Dr. Erik Welk, Dr. Wiebke Züghart.

Darüber hinaus bedanken wir uns bei den folgenden Personen und Institutionen, die uns fachlich bei der Erarbeitung einzelner Indikatoren oder bei der Datenbeschaffung unterstützt haben: Bettina Dibbern, Dr. Thomas Ehlert, Ursula Euler, Dr. Peter Finck, Dr. David Harter, Rudolf May, Dr. Detlev Metzinger, Dr. Mirco Scharfe, Dr. Volker Scherfose, Dr. Erik Welk, dem IÖR Dresden, dem Referat Nationale Klimaüberwachung des DWD und den ehrenamtlichen Helfer*innen des Monitorings häufiger Brutvögel.

Teil I: Hintergrund, inhaltliche Grundlagen und Ergebnisse

1 Einleitung

1.1 Hintergrund und Ziele des Projektes

Der vom Menschen verursachte Klimawandel führt zu weitreichenden Veränderungen der biologischen Vielfalt (IPCC 2014a). Anstrengungen zur kontinuierlichen Erfassung dieser Veränderungen werden seit mehreren Jahren vor allem auf der Grundlage der immer präziseren Ergebnisse der Klimaforschung und der Berichte sowohl des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) als auch ab 2018 der Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES) auf globaler, regionaler und nationaler Ebene vorangetrieben. So sind insbesondere auf internationaler (VN, OECD) und europäischer (EU), in Europa teilweise aber auch nationaler Ebene (Österreich, Schweiz, Vereinigtes Königreich) Monitoringsysteme für die Beobachtung der Wirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt entstanden, die jeweils auf einem Set von Indikatoren basieren (Schliep et al. 2017). Auch die Bundesrepublik Deutschland hat mit der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt (NBS; BMU 2007), der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS; Bundesregierung 2008) und dem Aktionsplan Anpassung ambitionierte Ziele für die Erhaltung der biologischen Vielfalt in Deutschland sowie die Anpassung der gesellschaftlichen und natürlichen Systeme an die Folgen des Klimawandels beschlossen.

Ein wirksamer Naturschutz erfordert daher möglichst gesicherte Daten und Indikatoren, die verlässliche Auskunft einerseits über Änderungen, andererseits über die Effektivität von Anpassungsmaßnahmen des Naturschutzes an den Klimawandel geben. Auf den Klimawandel ausgerichtete Anpassungen seitens des Naturschutzes sind sowohl bei grundlegenden Werthaltungen als auch für darauf basierende Strategien, Ziele, Maßnahmen und Instrumente erforderlich.

In einem Vorläufervorhaben (F+E-Vorhaben „Indikatorensystem zur Darstellung direkter und indirekter Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt“ - FKZ 3511 82 0400) wurden vor diesem Hintergrund Fachindikatoren zur Politikberatung auf Bundesebene erarbeitet, die komplexe (naturschutzfachliche) Zusammenhänge im Themenfeld „Auswirkungen des Klimawandels auf die Biodiversität“ so zusammenfassen und anschaulich abbilden, dass Politiker*innen und andere politische Entscheidungsträger*innen hierdurch unterstützt und beraten werden (Schliep et al. 2017). Der Fokus lag dabei auf Indikatoren, die die Wirkungen des Klimawandels auf den Zustand und die Veränderung von Arten und Lebensräume anzeigen. Die Indikatoren dienen auch der Information der interessierten Öffentlichkeit. Das Indikatorensystem ist thematisch in drei übergeordnete Indikationsbereiche mit insgesamt elf Indikationsfeldern gegliedert (vgl. Abb. 1).

Direkte Wirkungen auf die biologische Vielfalt werden bspw. unmittelbar durch Änderungen der Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse oder mittelbar durch veränderte synökologische Beziehungen hervorgerufen. Sie umfassen vor allem Veränderungen von Verbreitungsgebieten, phänologische und physiologische Veränderungen bei Organismen sowie damit verbundene Veränderungen auf der Ebene von Biozönosen und Ökosystemen. Indirekte Wirkungen hingegen resultieren aus Maßnahmen zum Klimaschutz (z. B. Anbau von Energiepflanzen, Bau von Windenergieanlagen) oder zur Anpassung an den Klimawandel und dessen Folgen (z. B. Bewässerung, Schaffung großflächiger Retentionsräume in Flussauen). Sie entstehen also insbesondere über klimawandelbedingte Landnutzungsänderungen und Maßnahmen zur Minderung der CO₂-Emissionen, die wiederum Auswirkungen auf Populationen, Biozönosen und Ökosysteme haben können.

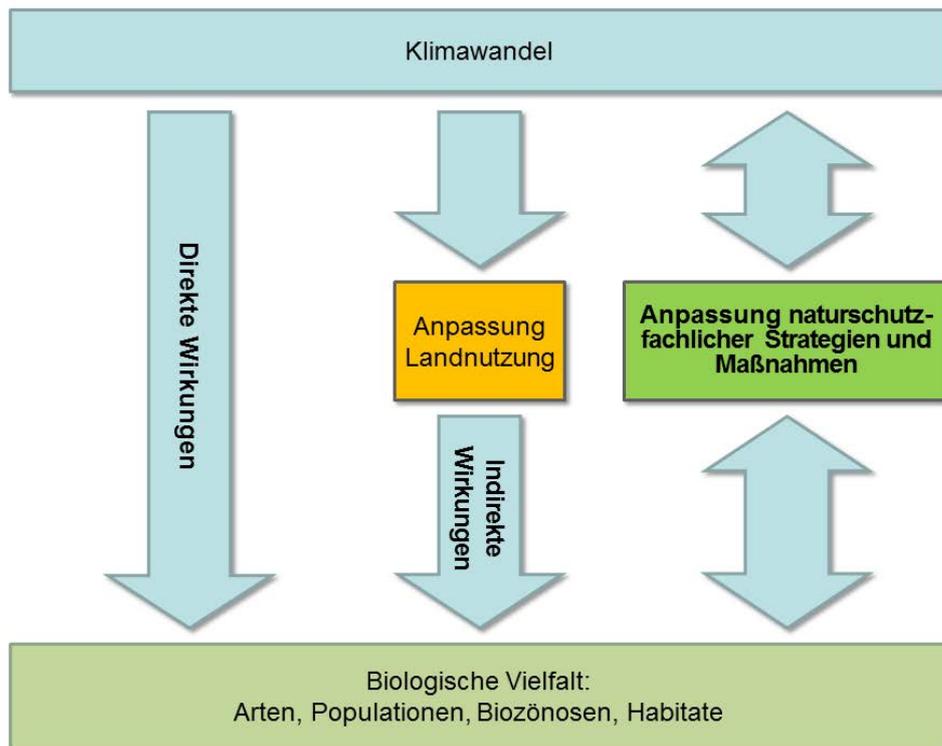


Abb. 1: Indikationsbereiche (Text in der Abbildung fett gesetzt) des zu entwickelnden Indikatorensets im Gefüge von Wirkungen und Rückwirkungen zwischen dem Klimawandel und der biologischen Vielfalt (aus Schliep et al. 2017).

Fünf dieser Fachindikatoren wurden während des Vorläufervorhabens vollständig realisiert, d. h. die Indikatoren wurden konzeptionell entwickelt, die erforderlichen Daten (sofern möglich in Zeitreihen) erhoben und die Indikatoren umfassend textlich und grafisch dargestellt. Neun Indikatoren konnten zu sog. „Prototypen“ entwickelt werden. Dies sind Indikatoren, die konzeptionell weitgehend entwickelt sind, bei denen aber aufgrund fehlender Daten oder aus anderen Gründen keine Berechnungen durchgeführt werden konnten (Schliep et al. 2017).

Von den realisierten Indikatoren wurden die folgenden vier für das Handlungsfeld „Biologische Vielfalt“ der DAS übernommen (Schönthaler et al. 2015: 88 ff): 1) Phänologische Veränderungen bei Wildpflanzenarten, 2) Temperaturindex der Vogelartengemeinschaft, 3) Rückgewinnung natürlicher Überflutungsflächen sowie 4) Berücksichtigung des Klimawandels in Landschaftsprogrammen und Landschaftsrahmenplänen. Hinzu kommt der Indikator „Gebietsschutz“, der aus dem Indikatorenset der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt (NBS) übernommen wurde (BMUB 2015a). Der im Rahmen des o. g. F+E-Vorhabens neu entwickelte Teilindikator „Dauer der Vegetationsperiode“ des Indikators „Phänologische Veränderungen bei Wildpflanzenarten“ wurde in das Indikatorenset der NBS aufgenommen und ersetzt dort den bisherigen Indikator „Klimawandel und Frühlingsbeginn“.

Das in diesem Abschlussbericht beschriebene F+E-Vorhaben „Weiterentwicklung von Indikatoren zu Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt“ (FKZ 3517 81 1000) zielte darauf ab, die im Indikatorenset zur DAS enthaltenen Indikatoren im Handlungsfeld „Biologische Vielfalt“ fortzuschreiben und ausgewählte Prototypen aus dem Vorläufervorhaben zu realisieren. Damit sollten das Fachinformationssystem des BfN weiterentwickelt und die Indikatoren im Handlungsfeld „Biologische Vielfalt“ der DAS aktualisiert, fortentwickelt und ergänzt werden. Übergreifendes Ziel war die Fortschreibung und Weiterentwicklung eines breit gefächerten Satzes naturschutzfachlich aussagekräftiger Indikatoren zu Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt in Deutschland, einschließlich der Nennung bzw. Entwicklung von Referenz- und Zielwerten, sofern dies möglich ist.

1.2 Arbeitsschritte

Das Vorhaben verfolgte drei übergeordnete Ziele: 1) die Realisierung von Indikator-Prototypen aus dem Vorgängerprojekt, 2) die Fortschreibung und ggf. Ergänzung der DAS-Indikatoren zum Handlungsfeld Biologische Vielfalt sowie 3) die Prüfung und Entwicklung von Referenz- und Zielwerten.

A) Realisierung von Indikator-Prototypen: Neun Indikator-Prototypen aus dem Vorläufervorhaben sollten auf Eignung zur Realisierung überprüft werden. Nach positivem Ergebnis der Prüfung sollten die Prototypen vollständig entwickelt, berechnet und für eine Berichterstattung aufbereitet werden.

Die vereinbarten Arbeitsschritte aus dem Arbeitspaket A lauteten:

- Arbeitsschritt A.1: Prüfung der Indikator-Prototypen („Veränderung mariner Nahrungsnetze“ – vorher: „Phänologische Veränderungen im Zooplankton“, „Veränderung des Arteninventars auf High Nature Value Farmland“, „Arealveränderungen bei marinen Arten“, „Floristischer Temperaturindex“ – vorher: „Arealveränderungen bei klimasensitiven Pflanzenarten“, „Temperaturindex der Tagfalterartengemeinschaften“, „Veränderung der Flora auf Alpengipfeln“, „Klimawandelbedingte Veränderungen bei Libellen“, „Sicherung des länderübergreifenden Biotopverbunds“, „Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität“) auf Eignung zur Realisierung,
- Arbeitsschritt A.2: Realisierung.

Die Indikator-Prototypen wurden von folgenden Partnern im Konsortium realisiert:

- Floristischer Temperaturindex kurzlebiger Gefäßpflanzenarten: Universität Kassel,
- Sicherung des länderübergreifenden Biotopverbunds: Universität Kassel,
- Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität: HTW Dresden.

B) Fortschreibung und Ergänzung der DAS-Indikatoren: Das Vorhaben sollte das derzeitige Set der Indikatoren im Handlungsfeld „Biologische Vielfalt“ der DAS für den Monitoringbericht 2019 fortzuschreiben und ggf. modifizieren sowie ergänzen. Konkret sollten die vier im Vorläuferprojekt entwickelten Indikatoren aktualisiert werden. Daneben war zu prüfen, ob der Indikator zum Gebietsschutz durch einen geeigneteren Indikator ersetzt werden kann, und ob einer oder mehrere der weiteren vollständig entwickelten Indikatoren das Set der DAS im Handlungsfeld „Biologische Vielfalt“ ergänzen können.

Die vereinbarten Arbeitsschritte aus dem Arbeitspaket B lauteten:

- Arbeitsschritt B.1: Fortschreibung von 4 Indikatoren für das Handlungsfeld „Biologische Vielfalt“ der DAS,
- Arbeitsschritt B.2: Ersatz für den DAS-Indikator Gebietsschutz (ggf. durch den operationalisierten Indikator-Prototyp „Sicherung des länderübergreifenden Biotopverbunds“),
- Arbeitsschritt B.3: Ergänzung der Indikatoren für das Handlungsfeld „Biologische Vielfalt“ der DAS aus realisierten Prototypen,
- Arbeitsschritt B.4: Entwurf des Kapitels zum Handlungsfeld „Biologische Vielfalt“ der DAS.

Die Fortschreibung und ggf. Ergänzung der DAS-Indikatoren führten folgende Partner im Konsortium durch:

- Phänologische Veränderungen bei Wildpflanzenarten: PAN GmbH München,
- Temperaturindex häufiger Brutvogelarten: DDA e. V.,
- Rückgewinnung natürlicher Überflutungsflächen: FG II 3.2 des BfN,
- Berücksichtigung des Klimawandels in der Landschaftsplanung: TU Berlin,

- Gebietsschutz: TU Berlin.

C) Prüfung und Entwicklung von Referenz- und Zielwerten: Für sämtliche bereits realisierte und im Rahmen des Vorhabens zu realisierenden Indikatoren war zu prüfen, ob eine Benennung historischer Referenz- und/oder künftiger Zielwerte grundsätzlich sinnvoll und möglich ist. Dies wäre für eine naturschutzfachliche Bewertung der Entwicklung der Datenreihen über die Zeit hilfreich. Im Falle eines positiven Prüfergebnisses sollten für die betreffenden Indikatoren fachlich begründete Vorschläge für die quantitative Festlegung von Referenz- oder Zielwerten sowie für die Wahl eines Referenz- oder Zieljahres vorgelegt werden.

1.3 Vorgehensweise

Arbeitspaket A: Vollständige Entwicklung, Berechnung und Aufbereitung ausgewählter Indikator-Prototypen

Maßstab für die Auswahl der weiter zu entwickelnden Indikatoren aus der Gruppe der neun Prototypen waren die von Schliep et al. (2017) verwendeten Kriterien und Teilkriterien:

- Kriterium 1: Thematische Relevanz. Darunter wird die Aussagekraft verstanden, die ein Indikator für das jeweilige Indikationsfeld hat. Zwei Teilkriterien adressieren dabei folgende Fragen:
(1) Deckt der Indikator in Hinblick auf die biologische Vielfalt Kerninhalte des Indikationsfelds ab?
(2) Weist der Indikator einen eindeutigen Bezug zum Klimawandel auf? Dabei muss sichergestellt werden, dass die thematische Verknüpfung jeweils in beiden genannten Teilkriterien möglichst deutlich und gut begründet ist.
- Kriterium 2: Ausreichende Datenlage. Auch hier gelten zwei Teilkriterien: (1) Datenverfügbarkeit: die Daten liegen aktuell und in erforderlichem Umfang vor. (2) Qualität der Datenerhebung: diese ist personell, institutionell und finanziell dauerhaft gewährleistet, die erforderlichen Daten und Rechenergebnisse entsprechen wissenschaftlichen Standards.
- Kriterium 3: Politische Eignung. Die Eignung der Indikatoren für die Politikberatung wird durch drei Teilkriterien bestimmt: (1) Zielbezug: Inwieweit ist der Indikator zu politisch festgelegten Zielen in Beziehung zu bringen bzw. aus Zielsetzungen bundesweiter Strategien und Programme mit Bezug zur biologischen Vielfalt und zum Klimawandel ableitbar? (2) Steuerbarkeit: Adressiert der Indikator eine politisch steuerbare Größe und ist diese Größe einer politischen Steuerung auf nationaler Ebene zugänglich? (3) Verständlichkeit: Der Indikator und seine Berechnungsmethode sollen allgemeinverständlich, nachvollziehbar dokumentiert und anschaulich sein.

Die dreistufigen Skalen für die Teilkriterien aus Schliep et al. (2017) wurden beibehalten. Die Frage der Verfügbarkeit bundesweiter Daten hoher Qualität aus fortlaufenden Monitoringprogrammen wurde durch Recherchen bei den Einrichtungen, die diese Daten erheben oder vorhalten, geklärt. Die Ergebnisse der Prüfungen sind in Kapitel 2 dokumentiert.

Der Stand der Weiterentwicklung der Indikator-Prototypen ist in Kapitel 6 in dem im Vorläuferprojekt entwickelten Kennblatt-Format dokumentiert, das für jeden Indikator Informationen zu jeweils folgenden Punkten umfasst:

- Name und Definition des Indikators einschließlich einer kurzen Beschreibung der Konstruktion des Indikators,
- Definition, Hintergrund und Bedeutung des durch den Indikator adressierten Themenfeldes,
- Definition der zu Grunde liegenden Parameter (Mess-, Zähl- oder Beobachtungsgrößen),
- Beschaffung und Aufbereitung der für die Berechnung des Indikators erforderlichen Daten,

- Beschreibung der jetzigen und künftigen Datenerhebung und -zusammenführung sowie der Datenverfügbarkeit, Ausarbeitung von Vorschlägen zur Behebung von Schwächen hinsichtlich Datenqualität und Datenverfügbarkeit,
- Erarbeitung und Dokumentation einer detaillierten Vorschrift zur Berechnung des Indikators,
- Zusammenstellung rechtlicher, fachlicher und fachpolitischer Bezüge des Indikators (u. a. zu einschlägigen fachlichen und fachpolitischen Zielen in Strategien des Natur- und Klimaschutzes),
- Festlegung und Begründung von Referenz- oder Zielwerten des Indikators als normative Grundlage für die Evaluation der zeitlichen Entwicklung der Datenreihe des Indikators (s. Kap. 3),
- Berechnung des Indikators nach Möglichkeit in einer mindestens 10 Jahre zurückreichenden Zeitreihe,
- vollständige Dokumentation der Datenreihen des Indikators (Ausgangsdaten, berechnete Daten),
- Vorschlag für die graphische Darstellung des Indikators,
- Darstellung der Interpretationsvorschrift des Indikators,
- Darstellung und fachliche Interpretation der Aussage des Indikators anhand der aktuell vorliegenden Datenreihe, Evaluation der zeitlichen Entwicklung der Datenreihe des Indikators in Hinblick auf Status (Abstand des letzten berichteten Wertes zu Ziel- oder Referenzwerten) und Trend (zeitliche Entwicklung des Indikators, Verfahren zur Bestimmung statistisch signifikant steigender oder fallender Trends),
- Ableitung einschlägiger Handlungsempfehlungen aus der Indikatoraussage für das Themenfeld des Indikators,
- Darstellung der Stärken und Schwächen des Indikators (u. a. Bewertung der Zuverlässigkeit und Aussagegenauigkeit des Indikators) sowie der Möglichkeiten einer Weiterentwicklung des Indikators,
- Zusammenstellung relevanter Literaturquellen,
- Zuordnung zu einer Kategorie aus dem DPSIR-Modell.

Die Ergebnisse finden sich in Kapitel 2.

Arbeitspaket B: Fortschreibung und Weiterentwicklung der derzeit fünf Indikatoren im Handlungsfeld „Biologische Vielfalt“ der DAS für den Monitoringbericht 2019

Im ersten Monitoringbericht 2015 zur DAS (Schönthaler et al. 2015) wurden im Handlungsfeld „Biologische Vielfalt“ insgesamt fünf Indikatoren dargestellt. Zur weiteren Umsetzung der DAS steuert die Interministerielle Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie der Bundesregierung die Erarbeitung des zweiten Monitoringberichts zur DAS.

Die Fortschreibung und Weiterentwicklung der Indikatoren im Handlungsfeld „Biologische Vielfalt“ der DAS für den Monitoringbericht 2019 umfasste die Erfassung der seit dem letzten Erhebungszeitpunkt neu vorliegenden Daten einschließlich ggf. rückwirkend zu korrigierender Daten (bis 31.12.2017 vorliegende Daten), die Aktualisierung der Zeitreihen und der graphischen Darstellung sowie, falls erforderlich, eine Modifizierung der Bewertung der zeitlichen Entwicklung des Indikandums.

Im Einzelnen wurden je Indikator folgende Arbeiten geleistet:

- Abfrage aktueller Daten bei den zuständigen Einrichtungen, Dokumentation dieser Abfragen,
- Aufbereitung der Daten und Berechnung der Datenpunkte gemäß den in Schliep et al. (2017) festgelegten Vorschriften zur Konstruktion und Berechnung des Indikators,

- Zusammenstellung einer konsolidierten Datenreihe, welche – wenn möglich – jährlich aktualisierte Datenpunkte aufweist und – wenn möglich – mindestens zehn Jahre vor den letzten berichteten Datenpunkt zurückreicht,
- Darstellung der Datenreihe des Indikators in Form einer Tabelle und einer anschaulichen Graphik,
- Berechnungen zu Status und Trend des Indikators mittels statistischer Verfahren,
- Formulierung der Aussagen des Indikators, fachliche Interpretation der Aussagen und Ausarbeitung von Empfehlungen in Hinblick auf die Politikberatung, Zusammenstellung dieser Texte in einem Bericht von ca. zwei Seiten Umfang für jeden Indikator,
- Darlegung verbleibender Defizite und Vorschläge zur künftigen Verbesserung des Indikators.

Die Erläuterungen zu den einzelnen DAS-Indikatoren in Kapitel 5 gehen auf die Veränderungen insbesondere hinsichtlich der Datengrundlagen und graphischen Darstellung ein, die sich im Zuge der Aktualisierungen ergeben haben.

Die fortgeschriebenen, vom UBA für die DAS entwickelten Indikator-Factsheets finden sich in Kapitel 7. Die DAS-Indikator-Factsheets beinhalten folgende Felder:

- Indikator-Titel,
- Begründung zur Auswahl des Indikators (im Kontext Auswirkungen des Klimawandels und Anpassung),
- Einordnung des Indikators in die Systematik des DAS-Indikatorensystems,
- Berechnungsvorschrift und Datenquelle,
- Darstellung der Stärken und Schwächen des Indikators (spezifische Chancen des Indikators, Interpretierbarkeit, Datenverfügbarkeit, Verständlichkeit etc.),
- Erläuterungen zu den verwendeten Begriffen,
- Hinweise zu den Fortschreibungserfordernissen und -möglichkeiten.

Eine detaillierte Erläuterung zur Belegung der einzelnen Felder der Indikator-Factsheets findet sich im entsprechenden Organisationshandbuch (Schönthaler und von Andrian-Werburg 2015: 64ff).

Arbeitspaket C: Prüfung und Entwicklung von Referenz- und Zielwerten

Um die naturschutzfachliche Bewertung der Entwicklung der Datenreihen für eine Auswahl der bereits operationalisierten und in Entwicklung befindlichen Indikatoren zu unterstützen, sollte im Rahmen des F+E-Vorhabens geprüft werden, „ob die Aufstellung von Referenz- oder Zielwerten grundsätzlich sinnvoll und möglich ist“ (BfN 2017: 7).

Sollte diese Prüfung positiv ausfallen, „sollen für diese Indikatoren fachlich begründete Vorschläge für die quantitative Festlegung von Referenz- oder Zielwerten sowie für die Wahl eines Referenz- oder Zieljahres entwickelt werden. Ggf. können verschiedene Varianten bei der Höhe der Referenz- oder Zielwerte sowie beim zeitlichen Horizont der Referenz- oder Zieljahre erarbeitet werden“ (ebd.).

Die Ergebnisse der Prüfung sowie Vorschläge für Referenz- oder Zielwerte sind in Kapitel 3 dargestellt.

2 Vollständige Entwicklung ausgewählter Indikator-Prototypen

Erster Arbeitsschritt (Arbeitsschritt A.1) im Vorhaben war die Prüfung aller Indikator-Prototypen aus dem Vorgängervorhaben auf Eignung zur Realisierung. Die Prüfung baute auf den hierzu bereits vorliegenden Kriterien und Ergebnissen von Schliep et al. (2017) auf.

Bei der Anwendung der Prüfkriterien „Thematische Relevanz“, „Datenlage“ und „Politische Eignung“ wurde besonderes Augenmerk auf die Frage gelegt, in welchem Ausmaß ihre sieben Teilkriterien (s. 2. Zeile im Kopf von Tab. 1) jeweils erfüllt sind. Dabei wurden für alle Teilkriterien ausreichend differenzierte Bewertungsskalen verwendet (s. Erläuterungen dazu unter Tab. 1). Die Frage der Verfügbarkeit bundesweiter Daten hoher Qualität aus fortlaufenden Monitoringprogrammen ist in allen Fällen von entscheidender Bedeutung und wurde durch entsprechende Recherchen bei den Einrichtungen, die diese Daten erheben oder vorhalten, geklärt.

Die Eignungsbewertungen der Indikator-Prototypen in der folgenden Tabelle 1 (teilweise verändert aus Schliep et al. 2017) sind Experteneinschätzungen der Forschungsnehmer*innen, der Mitglieder der Projektbegleitenden Arbeitsgruppe und des BfN. Für die weiterentwickelten Indikatoren I.2.4, III.2.1 und III.2.2 werden die Bewertungen in den jeweiligen Indikator-Kennblättern in Teil II ausführlich dargestellt.

Tab. 1: Bewertung der ausgewählten Indikatoren hinsichtlich deren Eignung für das hier zu entwickelnde Indikatorenset (verändert nach Schliep et al. 2017: Tab. 14).

Nr.	Indikator	Thematische Relevanz		Datenlage		Politische Eignung		
		BV	KW	DV	DE	Z	S	V
I.1.2	Veränderungen mariner Nahrungsnetze	●	●	●	●	○	○	●
I.2.2	Veränderung des Arteninventars auf High Nature Value Farmland	●	○	–	–	●	●	●
I.2.3	Arealveränderungen bei marinen Arten	●	○	?	●	○	○	●
I.2.4	Floristischer Temperaturindex kurzlebiger Gefäßpflanzenarten	●	●	●	○	●	○	●
I.2.6	Temperaturindex der Tagfalterartengemeinschaften	●	○	?	?	○	○	○
I.2.7	Veränderung der Flora auf Alpengipfeln	○	●	●	●	○	○	●
I.2.8	Klimawandelbedingte Veränderungen bei Libellen	●	○	○	–	?	?	?
III.2.1	Sicherung des länderübergreifenden Biotopverbunds	●	●	○	–	●	●	●
III.2.2	Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität	●	–	●	○	○	●	●

Erläuterungen zu den Bewertungsskalen der Teilkriterien in Tabelle 1:

Thematische Relevanz – BV (Biologische Vielfalt)/KW (Klimawandel): ● = hoch: Indikator deckt in Hinblick auf die biologische Vielfalt Kerninhalte des Indikationsfelds vollständig ab/Indikator weist einen klar nachvollziehbaren direkten Bezug zum Klimawandel auf, ○ = mittel: Indikator deckt in Hinblick auf die biologische Vielfalt einen Teilaspekt des Indikationsfelds ab/Indikator weist allenfalls einen mittelbaren Bezug zum Klimawandel auf, – = gering: Indikator deckt in Hinblick auf die biologische Vielfalt nur einen Randaspekt ab/Indikator hat keinen nachvollziehbaren Bezug zum Klimawandel.

Datenlage – DV (Datenverfügbarkeit): ● = hoch: aktuelle Daten sind im erforderlichen Umfang (z. B. im gesamten Bundesgebiet) verfügbar, ○ = mittel: Daten sind entweder nicht aktuell oder nicht in erforderlichem Umfang (z. B. nur für einzelne Bundesländer) verfügbar, – = gering: Daten sind weder aktuell noch im erforderlichen Umfang verfügbar; **Datenlage** – DE (Datenerhebung): ● = hoch: Datenerhebung ist finanziell/personell dauerhaft gewährleistet und die Qualität der Daten und der Rechenergebnisse ist gut, ○ = mittel: Datenerhebung ist nur teilweise finanziell/personell gewährleistet und/oder die Qualität der Daten und der Rechenergebnisse ist nur teilweise gut; – = gering: Datenerhebung ist weder finanziell noch personell gewährleistet und/oder die Qualität der Daten und der Rechenergebnisse ist unzureichend.

Politische Eignung – Z (Zielbezug): ● = hoch: Bezug zu relevanten Zielen, z. B. der DAS/NBS gegeben, ○ = mittel: Bezug zu relevanten Zielen ist teilweise gegeben, – = gering: kein Bezug zu relevanten Zielen; **Politische Eignung** – S (Steuerbarkeit): ● = hoch: Indikator bildet eine politisch steuerbare Größe ab, ○ = mittel: politische Steuerbarkeit der durch den Indikator abgebildeten Größe ist eingeschränkt, – = gering: die durch den Indikator abgebildete Größe ist nicht politisch steuerbar; **Politische Eignung** – V (Verständlichkeit): ● = hoch: Indikator und seine Berechnungsmethode sind allgemeinverständlich, nachvollziehbar dokumentiert und anschaulich dargestellt, ○ = mittel: Indikator und seine Berechnungsmethode sind nur teilweise allgemeinverständlich, nachvollziehbar dokumentiert und anschaulich dargestellt, – = gering: Indikator und seine Berechnungsmethode sind weder allgemeinverständlich, noch nachvollziehbar dokumentiert oder anschaulich dargestellt.

In Hinblick auf alle Kriterien gilt: ? = unklar, keine Einschätzung.

Bewertung der thematischen Relevanz

Drei Indikator-Prototypen aus Tabelle 1 (I.1.2 – **Veränderungen mariner Nahrungsnetze**; I.2.4 – **Floristischer Temperaturindex**; III.2.1 – **Sicherung des länderübergreifenden Biotopverbunds**) decken zum einen Kerninhalte des jeweiligen Indikationsfelds in Hinblick auf die biologische Vielfalt vollständig ab und weisen zum anderen einen klar nachvollziehbaren und direkten Bezug zum Klimawandel auf.

Ausführliche Erläuterungen zur Begründung der Bewertung sind in Schliep et al. (2017) nachzulesen. Gegenüber den dort dargelegten Ergebnissen haben sich im Rahmen dieses Vorhabens die nachfolgend genannten ergänzenden Aspekte und dadurch bedingten abweichenden Bewertungen ergeben. Deren Bedeutung für die Weiterentwicklung der Indikator-Prototypen wird am Ende dieses Abschnitts noch einmal zusammenfassend dargestellt.

- I.2.3 – **Arealveränderungen bei marinen Arten**: Der Einfluss der Seefischerei auf die Anzahl und Abundanz von Arten ist nicht immer klar vom Einfluss der Meereserwärmung zu trennen.
- I.2.4 – **Floristischer Temperaturindex kurzlebiger Gefäßpflanzenarten**: Der Indikator ist von hoher wissenschaftlicher Aktualität und hat ein hohes Potenzial, klimawandelinduzierte Arealverschiebungen abzubilden. Durch die im Vergleich zu Tieren nur träge und langfristige Reaktion von Pflanzenarten auf Klimaänderungen ergeben sich zuverlässige Langzeittrends, die nicht nur durch kurzfristige Schwankungen erklärbar sind.

- **I.2.6 – Temperaturindex der Tagfalterartengemeinschaften:** Der Einfluss von Landnutzungsänderungen auf die Tagfalterpopulationen ist nicht klar von den Effekten des Klimawandels zu trennen.
- **I.2.7 – Veränderung der Flora auf Alpengipfeln:** Die Bewertung wurde geändert und könnte ggf. noch weiter verbessert werden, wenn Stickstoffeintrag als Ursache für Veränderungen über einen Vergleich der Zeigerwerte nach Ellenberg ausgeschlossen werden kann. Einflüsse aus dem Bergtourismus sind als sehr gering (Schlunghorn) bis nicht vorhanden (Graskopf, Hochscheibe) einzustufen, da sich die drei Gipfellen weit entfernt von stark frequentierten Wanderwegen befinden.
- **I.2.8 – Klimawandelbedingte Veränderungen bei Libellen:** Der Einfluss von Landnutzungsänderungen auf die Libellenpopulationen ist nicht klar von den Effekten des Klimawandels zu trennen.
- **III.2.1 – Sicherung des länderübergreifenden Biotopverbunds:** Bewertung angepasst: Neuausweisungen streng geschützter Gebiete, die vorzugsweise in der Kulisse der Flächen für den länderübergreifenden Biotopverbund (FBV) stattfinden sollen, sichern diese Flächen dauerhaft rechtlich und gewährleisten deren Erhaltung und (qualitative) Weiterentwicklung. Durch die Lage in der FBV-Kulisse und durch den räumlich-funktionalen Zusammenhang mit weiteren naturschutzfachlich bedeutsamen Flächen entfalten die Flächen eine über ihre Grenzen hinausgehende Wirkung. Der Biotopverbund nach § 21 BNatschG wird gestärkt, indem den Arten geeignete Flächen (streng geschützte Gebiete) für ihre Ausbreitung und den genetischen Austausch zwischen Populationen bereitgestellt werden. Raum zur Ausbreitung ermöglicht es den Arten, auf Veränderungen von Umweltbedingungen zu reagieren und ggf. in weitere geeignete Habitate und Lebensräume migrieren zu können. Die relativ konstante und konsistente FBV-Kulisse trägt dazu bei, dass den Arten auch bei sich ändernden Klimabedingungen geeignete Lebensräume zur Verfügung stehen. Der Fragmentierung von Lebensräumen, die zum Aussterben lokaler Populationen führen kann, wirken Neuausweisungen streng geschützter Gebiete in der Biotopverbundkulisse entgegen.
- **III.2.2 – Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität:** Für das Thema biologische Vielfalt ist die Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität von hoher Relevanz. Zum Klimawandel kann nur ein mittelbarer (und schwer quantifizierbarer) Zusammenhang hergestellt werden. Grundsätzlich ist jedoch davon auszugehen, dass vielfältige Landschaften gegenüber Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt resilienter sind.

Bewertung der Datenlage

Zwei Indikator-Prototypen aus Tabelle 1 (I.1.2 – **Veränderungen mariner Nahrungsnetze**; I.2.7 – **Veränderung der Flora auf Alpengipfeln**) wurden in die höchste Bewertungsklasse für die beiden Teilkriterien zur Datenlage eingestuft und verfügen demnach über eine gute Datenbasis. Weiterhin haben sich folgende Änderungen im Vergleich zu den in Schliep et al. (2017) vorgenommenen Bewertungen ergeben:

- **I.1.2 – Veränderungen mariner Nahrungsnetze:** Bewertung korrigiert: Die Daten (Temperatur und Zooplankton) zum Teilindikator werden an der „Kabeltonne“ der Helgoland-Reede z. T. werktäglich erhoben; Nachteil: Punktdaten; die Verfügbarkeit der Daten wurde zuletzt im Dezember 2017 angefragt.
- **I.2.2 – Veränderung des Arteninventars auf High Nature Value Farmland:** Die Datenlage wird in beiden Teilkriterien korrigiert und negativ eingeschätzt, da zum einen jeweils unterschiedliche Kennartensätze für Grünland für die verschiedenen Regionen Deutschlands gelten und die meisten klimasensitiven Kennarten daher jeweils nur in einem Teil der Bundesländer obligatorisch erfasst werden. Zum anderen werden Grünlandflächen und Kennarten nicht auf jeweils den gesamten Stichprobenflächen, sondern hier nur innerhalb der „Agrarlandschaftsfläche“ erfasst.

HNV-Arten auf Flächen außerhalb dieser Kartierkulisse, aber innerhalb der Stichprobenflächen werden also nicht berücksichtigt. Außerdem sind die Kartierer*innen nicht verpflichtet, Arten auf Flächen zu erfassen, die insgesamt weniger als 4 HNV-Kennarten aufweisen (Flächen ohne hohen Naturwert). Schließlich ist anzumerken, dass das HNV-Monitoring nicht für das Monitoring der Auswirkungen des Klimawandels entwickelt worden ist.

Aus den genannten Gründen werden nur wenige klimasensitive Arten im Rahmen des HNV-Monitorings erfasst, und dies nicht in allen Bundesländern gleichermaßen. Die Kartierkulisse beschränkt sich auf Flächen mit hohem Naturwert und nur auf landwirtschaftliche Flächen. Durch die explizite Auswahl landwirtschaftlich genutzter Flächen für das HNV-Monitoring lassen sich zudem die Auswirkungen des Klimawandels nicht von anderen Einflussfaktoren, wie z. B. Änderung der Nutzungsintensität, unterscheiden. Auch Randeinflüsse umliegender Flächen werden beim HNV-Monitoring nicht erfasst. Der Einfluss des Klimawandels auf Veränderungen lässt sich somit nicht von anderen Faktoren isolieren.

- **1.2.3 – Arealveränderungen bei marinen Arten:** Die Daten für diesen Indikator stammen aus dem German Small-Scale Bottom Trawl Survey (GSBTS) und werden seit 1999 jährlich jeweils im Januar und Juli/August (zuletzt auf zwei Reisen im August 2017¹) erhoben und am Thünen-Institut für Seefischerei vorgehalten; Nachteil: Der Einfluss der Seefischerei ist nicht immer klar von anderen Einflüssen wie dem Klimawandel und der damit einhergehenden Meereseerwärmung isolierbar. Nach wie vor unklar ist die grundsätzliche Bereitschaft des Thünen-Instituts, die Daten für den Indikator zur Verfügung zu stellen.
- **1.2.4 – Floristischer Temperaturindex kurzlebiger Gefäßpflanzenarten:** Die Datenverfügbarkeit ist sehr gut (FloraWeb-Datenbank). Die Daten decken das gesamte Bundesgebiet und für einige Arten lange Zeitreihen ab. Die Möglichkeiten der Datenerhebung werden jedoch nur als mittel eingestuft, da die Daten sowohl in zeitlicher als auch räumlicher Hinsicht sehr heterogen sind. Eine Auswertung der Datenbank ist nur nach einer umfassenden Analyse und Aufarbeitung der Daten möglich. Das Konzept zur Operationalisierung muss angepasst werden.
- **1.2.6 – Temperaturindex der Tagfalterartengemeinschaften:** Indikatorkonzept und Daten sind vorhanden und verfügbar. Die Datenauswertung für den beabsichtigten Indikator soll nach Rücksprache vom Tagfalter-Monitoring Deutschland (TMD) des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung (UFZ) vorgenommen werden. Eine Übereinkunft über die Aufnahme des UFZ in das Konsortium des Vorhabens nach dem Modell der Kooperation zwischen BfN und DDA scheint möglich und befindet sich zurzeit in Verhandlung.
- **1.2.7 – Veränderung der Flora auf Alpengipfeln:** Die Datenerhebungen im Rahmen des GLORIA-Projektes konnten weitergeführt werden, für 2019 ist auch die Wiederholung der Kartierung auf dem dritten Gipfel im Nationalpark (NLP) Berchtesgaden vorgesehen. Konkret wurde der am tiefsten gelegene Schlunghorn-Gipfel nach der Erstaufnahme im Jahr 2003 (120 Pflanzenarten) im Jahr 2015 erneut kartiert. Die Aufnahme ist hier umfangreicher als bei den beiden anderen Gipfeln, weil in der niedrigeren Höhenlage mehr Vegetation vorhanden ist. Der nächsthöhere Gipfel, die Hochschiebe, wurde 2004 (60 Pflanzenarten) zuerst und 2017 erneut kartiert. Der Graskopf als höchster Gipfel wurde 2005 zum ersten Mal kartiert (40 Pflanzenarten), die erneute Kartierung steht bislang noch aus. Ein 12-jähriges Wiederholungsintervall scheint angesichts der temperaturbedingt geringen Vegetationsdynamik in Höhen zwischen 2.200 und 2.500 m üNN angemessen. Die Datenlage wird als mittel (Daten sind entweder nicht aktuell oder nicht in erforderlichem Umfang verfügbar) eingestuft, da die vorliegenden Daten aus der Wiederholungsmessung vom Schlunghorn- und Hochschiebegipfel genauso wie die noch zu erhebenden Daten vom

¹ <https://www.thuenen.de/de/infrastruktur/forschungsschiffe/walther-herwig-iii/reisen-2017/407/>

Graskopfgipfel erst im Winterhalbjahr 2019/20 digitalisiert werden sollen. Die Datenerhebung ist finanziell und personell dauerhaft gewährleistet. Die Qualität der Daten und der Rechenergebnisse werden nach Kenntnis der Daten aus der ersten Messkampagne mit gut bewertet. Ansprechpartnerinnen im NLP Berchtesgaden sind Frau Annette Lotz und Frau Doris Huber (s. Kennblatt zum Indikator).

- **I.2.8 – Klimawandelbedingte Veränderungen bei Libellen:** Der in der Laufzeit des Vorgängerprojektes angekündigte Verbreitungsatlas der Libellen Deutschlands (2015) liegt mittlerweile vor. Die zeitliche und räumliche Heterogenität der Datenerfassung ist nach Brockhaus et al. (2015: 4ff) groß: „Die jeweiligen Situationen der Datenlage in den Bundesländern waren äußerst unterschiedlich.“ Während in einigen Bundesländern (Bayern, Niedersachsen, Sachsen und Thüringen) Daten durch die zuständigen Landesbehörden zur Verfügung gestellt wurden, „gab es solche in einigen anderen Bundesländern auf Behördenebene noch gar nicht. In Baden-Württemberg wurden die Daten durch die Schutzgemeinschaft Libellen (SGL) zur Verfügung gestellt.“ In Hessen, Rheinland-Pfalz, Saarland und Nordrhein-Westfalen wurden Daten aus Projekten der jeweiligen Bundesländer verwendet (ebd.). In Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Schleswig-Holstein wurden aus Anlass der Arbeit am Libellen-Atlas „die verstreut vorhandenen Daten gesammelt und auf Landesebene zentrale Datenbanken“ entwickelt (ebd.). Ob diese Aktivitäten von den Verwaltungen der Länder ausgingen oder ehrenamtlich, z. B. von Naturschutzverbänden, durchgeführt wurden, gibt die Quelle nicht an. Die nach Bundesländern unterschiedliche „historische Genese [der erhobenen Daten] ist der Grund dafür, dass es in Deutschland eine sehr heterogene ‚Datenlandschaft‘ gibt und die Zusammenführung mit z. T. sehr unterschiedlichen Standards umgehen musste und bis heute muss. [...] Um die Daten zusammenzuführen, mussten die Informationen in den verschiedenen Datenbanken aus den einzelnen Bundesländern zunächst vereinheitlicht werden. [...] Angaben zur Häufigkeit lagen in z. T. stark voneinander abweichenden Abundanzklassen vor. [...] Allerdings war die Summe der unvollständigen oder offensichtlich falschen Datensätze sehr gering und lag unter 0,3 %“ (ebd.).
- **III.2.1 – Sicherung des länderübergreifenden Biotopverbunds:** Die Geodaten der Flächen für den Biotopverbund wurden 2010 (noch ohne Hessen) bzw. 2012 für das gesamte Bundesgebiet veröffentlicht. Die Datengrundlagen, die neben den Biotopverbundplanungen der Länder für die Erarbeitung dieser Flächenkulisse verwendet wurden, sind seitdem mehrfach aktualisiert worden (z. B. das Digitale Landbedeckungsmodell für Deutschland). Ein Update der FBV-Kulisse zu einem Zeitpunkt nach Aktualisierung der Biotopverbundplanungen der Länder ist empfehlenswert. Die Digitalisierungen der streng geschützten Gebiete variieren teilweise stark nach Bundesland und Bearbeitungszeitpunkt. Die Extraktionen der Flächenveränderungen, die durch die Überlagerung der digitalisierten Flächeninformationen zweier aufeinanderfolgender Jahre erreicht werden, erzeugt zahlreiche kleine Einzelflächen, die keine tatsächlichen Flächenveränderungen darstellen, sondern durch Fehler bei der Digitalisierung (Unterschiede, Ungenauigkeiten) entstehen. Aktuell wird noch an einer Plausibilisierungsmethode gearbeitet, die eine zuverlässige Extraktion tatsächlicher Flächenveränderungen zulässt. Sowohl das Ergebnis als auch der Aufwand sind gegenwärtig schwer abschätzbar. Aus diesem Grund und weil die Geodaten der Schutzgebiete aktuell nur bis 2015 vollständig vorliegen (zeitlicher Verzug), bleibt es bei der bisherigen Bewertung des Aufwands der Datenerhebung (v. a. aufgrund der Plausibilisierung der Daten als Voraussetzung für die Verwendung als Berechnungsgrundlage des Indikatorwerts).
- **III.2.2 – Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität:** Als bundesweit verfügbare Datengrundlage kommen nur ATKIS- und LBM-DE-Daten in Frage. Für beide Datensätze ist die regelmäßige Fortführung gesichert. Einschränkungen bestehen in der Detailliertheit der Daten.

Bewertung der politischen Eignung

Zwei der Indikator-Prototypen (I.2.2 – **Veränderung des Arteninventars auf High Nature Value Farmland**, III.2.1 – **Sicherung des länderübergreifenden Biotopverbunds**) wurden bereits von Schliep et al. (2017) in die höchste Bewertungsklasse für die drei Teilkriterien der politischen Eignung eingestuft. Folgende Änderungen haben sich bei der Bewertung der weiteren Indikatoren ergeben:

- **I.2.4 – Floristischer Temperaturindex kurzlebiger Gefäßpflanzenarten:** Ein Bezug zu den Entwicklungszielen der NBS, insbesondere zu den Zielen der Kategorie B1 „Schutz der biologischen Vielfalt“ und hier vor allem B 1.1.2 „Artenvielfalt“, ist gegeben. Der Bezug zum Klimawandel ist jedoch nur mittelbar.
Die Steuerbarkeit wird als mittel eingeschätzt. Als Steuergrößen kommen sowohl die Aktivierung von Vektoren zur Ausbreitung der klimasensitiven Arten als auch die Schaffung von Korridoren für eine Wanderung der Arten in Frage. Effekte des Klimawandels auf die Arten sind politisch kaum zu steuern.
Die Verständlichkeit des Indikators wird als gut eingeschätzt.
- **I.2.7 – Veränderung der Flora auf Alpengipfeln:** Bewertung der Steuerbarkeit korrigiert, vergleichbar mit anderen Indikatoren, wie z. B. Phänologische Veränderungen Wildpflanzen: Der Indikator weist einen indirekten Bezug zum sogenannten 2-Grad-Ziel auf, das in der NBS als Vision für die Zukunft definiert wird.
- **I.2.8 – Klimawandelbedingte Veränderungen bei Libellen:** Bewertung angepasst, vergleichbar mit I.2.6 (Tagfalter), Indikator ist nicht einfach verständlich.
- **III.2.2 – Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität:** Bewertung angepasst: Der Indikator besitzt einen hohen Zielbezug zur NBS, jedoch nur mittelbar zum Klimawandel. Lebensraumvielfalt wäre politisch steuerbar (z. B. über Förderprogramme und Ausgestaltung der Agrarförderung), ist hinsichtlich ihrer Bedeutung für den Naturschutz verständlich und spielt derzeit auch in der öffentlichen Diskussion (z. B. zum Insektensterben etc.) eine Rolle.

Zusammenfassende Bewertung der Ergebnisse der Eignungsprüfung

Nach Überprüfung der Bewertungen vor dem Hintergrund der aktualisierten Informationen zur Datenerhebung etc. ergab sich folgende Einschätzung zum weiteren Vorgehen (vgl. Tab. 1):

- **I.1.2 – Veränderungen mariner Nahrungsnetze:** Der Indikator-Prototyp zur Beschreibung phänologischer Variation infolge der klimatischen Veränderungen weist methodische Schwächen auf (Scharfe 2018).
Es wird daher vorgeschlagen, die Weiterentwicklung und Operationalisierung des Indikator-Prototyps zukünftig weiter zu verfolgen. Eine Realisierung im Rahmen dieses Vorhabens war nicht möglich.
- **I.2.2 – Veränderung des Arteninventars auf High Nature Value Farmland:** Obwohl die Eignungsbewertung zunächst insgesamt positiv ausgefallen war, wurde die Realisierung des Indikators wegen der ungeeigneten Datengrundlage nicht weiter betrieben.
- **I.2.3 – Arealveränderungen bei marinen Arten:** Wie beim Indikator-Prototyp I.1.2 werden auch hier die erforderlichen Daten kontinuierlich weiter erhoben. Die datenhaltende Institution, das Thünen-Institut für Seefischerei, hatte bereits im Vorgängervorhaben Vorbehalte gegen eine Verwendung des Indikators im Rahmen des DAS-Indikatorensets im Handlungsfeld „Biologische Vielfalt“ geäußert, da ein Teil der Daten aus dem GSBTS bereits für einen Indikator im Handlungsfeld „Fischerei“ des DAS-Indikatorensets Verwendung findet. Daher wäre – vorausgesetzt, eine Kooperation ließe sich etablieren – eine Verwendung lediglich im Rahmen des Fachinformationssystems des BfN, nicht jedoch für den Monitoringbericht der DAS denkbar. Fragen bleiben hinsichtlich des

Einflusses der Seefischerei auf die betrachteten Fischbestände und damit auch hinsichtlich des Einflusses des Klimawandels bestehen.

- **I.2.4 – Floristischer Temperaturindex häufiger Pflanzenarten:** Die thematische Relevanz des ursprünglichen Indikator-Prototyps wurde hoch, die Datenbasis allerdings nur als bedingt geeignet eingeschätzt. Daher wurde eine Neukonzeptionierung durchgeführt und das neue Konzept operationalisiert (Ergebnisse s. Abschnitt 4.2).
- **I.2.6 – Temperaturindex der Tagfalterartengemeinschaften:** Das Indikatorkonzept ist bereits auf Länderebene operationalisiert worden. Nach der Eignungsprüfung bleibt vor allem die Bewertung der Datenlage offen, sie wird sich erst nach einer ersten Berechnung des Indikators im Austausch mit der datenhaltenden Institution TMD abschließend bewerten lassen. Die Etablierung einer Kooperation zwischen BfN und TMD ist hierfür Voraussetzung.
- **I.2.7 – Veränderung der Flora auf Alpengipfeln:** Die Eignungsbewertung ist insgesamt positiv, insbesondere aufgrund einer verbesserten Datenlage. Eine abschließende Bewertung wird allerdings erst nach der vollständigen Berechnung des Indikators möglich sein. Da die Datenerhebung und -digitalisierung der zweiten Messkampagne im Herbst 2018 nicht abgeschlossen werden konnte, kam der Indikator nicht als Ergänzung des DAS-Indikatorensets im Handlungsfeld „Biologische Vielfalt“ in dieser Berichtsperiode in Betracht. Als einziger Indikator für den alpinen Raum wäre er aber nach abschließender Bewertung eine wichtige Ergänzung für das Fachinformationssystem des BfN.
Es wurde daher vorgeschlagen, die Weiterentwicklung und Operationalisierung des Indikator-Prototyps zukünftig weiter zu verfolgen. Eine Realisierung im Rahmen dieses Vorhabens war nicht möglich.
- **I.2.8 – Klimawandelbedingte Veränderungen bei Libellen:** Die Realisierung dieses Indikator-Prototyps scheint nach Auswertung der Informationen zur Datenbasis und Datenerhebung nicht empfehlenswert. Die thematischen Bezüge zur biologischen Vielfalt und zum Klimawandel sind durch schwer differenzierbare Wechselwirkungen mit bspw. Landnutzungsänderungen beeinträchtigt. Es scheint zudem unwahrscheinlich, dass die heterogene Datenbasis in absehbarer Zeit verbessert werden kann und eine über das gesamte Bundesgebiet standardisierte Datenerhebung möglich ist. Die politische Eignung wird als durchschnittlich eingestuft. Die Realisierung des Indikators wurde nicht weiter betrieben.
- **III.2.1 – Sicherung des länderübergreifenden Biotopverbunds:** Die thematische Relevanz und politische Eignung dieses Indikator-Prototyps wurde positiv bewertet, der Indikator wurde im Rahmen des Vorhabens vollständig operationalisiert.
- **III.2.2 – Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität:** Dieses Indikator-Prototyp wurde insgesamt positiv bewertet, die Arbeiten am Indikator in diesem Projekt konnten aufgrund verschiedener Probleme während der Entwicklung bisher allerdings nur vorläufig abgeschlossen werden (s. Kap. 4.6).

Zusätzlich wurde ein neuer Ansatz verfolgt und auf Eignung für die Entwicklung eines Indikator-Prototyps geprüft, der die Gefährdung bzw. **Gefährdungsänderung von Gefäßpflanzenarten** gemäß Roten Listen mit dem Klimawandel in Verbindung bringt. Umfangreichen Analysen zufolge ist es allerdings nicht möglich, eine Abhängigkeit der Gefährdung vom Klimawandel abzubilden, da andere Faktoren den möglichen Einfluss des Klimawandels deutlich überlagern. Erforderlich für die Konstruktion des angedachten Indikators wäre daher zunächst eine Gefährdungsursachenanalyse. Auf Basis solcher Daten könnte erneut überprüft werden, ob eine Realisierung möglich ist.

Folgende Arbeitsschritte wurden durchgeführt:

- Gefährdungsanalyse der „Klimagewinner“ und „Klimaverlierer“, die anhand der Ellenberg'schen Temperaturzahlen und unter arealgeografischen Gesichtspunkten definiert wurden (festgelegt im Rahmen der Vorarbeiten zum Indikator „Arealveränderungen bei klimasensitiven Pflanzenarten“, dokumentiert in Projektunterlagen, s. a. Schliep et al. (2017)); sowohl der Vergleich absoluter Gefährdungsänderungen als auch eine relative Gegenüberstellung beider Gruppen ermöglicht es nicht, eine Systematik herauszuarbeiten und Rückschlüsse auf den Einfluss des Klimawandels herzustellen.
- Gefährdungsanalyse für jeweils alle Arten gleicher Temperaturzahl bzw. gleicher Kontinentalitätszahl; auch mit diesem Ansatz lässt sich keine Systematik der Gefährdungssituation erkennen, so dass ein Zusammenhang mit dem Einfluss des Klimawandels nicht identifiziert werden kann.

Der Ansatz zur Entwicklung eines weiteren Indikator-Prototyps musste daher verworfen werden.

3 Referenz- und Zielwerte zu bereits operationalisierten und weiter zu entwickelnden Indikatoren

Um die naturschutzfachliche Bewertung der Entwicklung der Datenreihen für eine Auswahl der bereits operationalisierten und in Entwicklung befindlichen Indikatoren zu unterstützen, sollte im Rahmen des F+E-Vorhabens geprüft werden, „ob die Aufstellung von Referenz- oder Zielwerten grundsätzlich sinnvoll und möglich ist“ (BfN 2017: 7). Dies betrifft folgende DAS-Indikatoren:

- BD-I-1 – Phänologische Veränderungen bei Wildpflanzenarten (Impact),
- BD-I-2 – Temperaturindex häufiger Brutvogelarten (Impact),
- BD-I-3 – Rückgewinnung natürlicher Überflutungsflächen (Impact),
- BD-R-1 – Berücksichtigung des Klimawandels in der Landschaftsplanung (Response),
- BD-R-2 – Gebietsschutz (Response).

Aus der Gruppe der Indikator-Prototypen, die im Rahmen des Vorhabens weiterentwickelt wurden oder deren Weiterentwicklung nach Abschluss des Vorhabens vorgeschlagen wird, wurden folgende Indikatoren berücksichtigt:

- I.1.2 – Veränderungen mariner Nahrungsnetze (Impact),
- I.2.4 – Floristischer Temperaturindex häufiger Pflanzenarten (Impact),
- I.2.6 – Temperaturindex der Tagfalterartengemeinschaften (Impact),
- I.2.7 – Veränderung der Flora auf Alpengipfeln (Impact),
- III.2.1 – Sicherung des länderübergreifenden Biotopverbunds (Response),
- III.2.2 – Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität (State/Response).

Sollte diese Prüfung positiv ausfallen, „sollen für diese Indikatoren fachlich begründete Vorschläge für die quantitative Festlegung von Referenz- oder Zielwerten sowie für die Wahl eines Referenz- oder Zieljahres entwickelt werden. Ggf. können verschiedene Varianten bei der Höhe der Referenz- oder Zielwerte sowie beim zeitlichen Horizont der Referenz- oder Zieljahre erarbeitet werden“ (BfN 2017: 7).

Als Grundlage für die Erarbeitung der Vorschläge für Referenz- oder Zielwerte und deren zeitliche Horizonte wurde eine systematische Recherche und Auswertung aktueller fachlicher und fachpolitischer Publikationen mit Bezug zum Themenfeld des jeweiligen Indikators durchgeführt. Die Recherche umfasste die Ebenen von Ländern, Bund, EU sowie Publikation aus anderen Ländern (u. a. Anpassungsstrategien an den Klimawandel, Biodiversitätsstrategien, Umwelt- und Naturschutzberichterstattung).

Im folgenden Kapitel 3.1 werden zunächst die Begriffe „Referenzwert“ und „Zielwert“ für ihre Verwendung im Vorhaben definiert. Zudem wird eine kurze Darstellung der globalen klimapolitischen Ziele angefügt, da diese zentral für den Klimaschutzplan 2050 (BMU 2016) und die Ableitung von Referenzwerten und -jahren bzw. -zeiträumen sind.

Die inhaltlichen Ergebnisse sind in Kapitel 3.2 zusammengefasst.

3.1 Verwendung der Begriffe

Referenzwert

Ein Referenzwert ist grundsätzlich deskriptiv und ein bestimmter, in der Regel gemessener Zahlenwert, der einen in der Vergangenheit liegenden Zustand beschreibt, der als Ausgangszustand definiert wird. Er kann sowohl zur naturschutzfachlichen Bewertung von Entwicklungstrends als auch als Bezugspunkt bei der Festsetzung von Zielwerten herangezogen werden. In diesem Vorhaben wurde festgelegt, dass der Ausgangszustand zeitlich vor dem verstärkten Einsetzen des anthropogenen Klimawandels liegen sollte. Da sich um 1950 die Dynamik des Klimawandels (CO₂-Emissionen und Temperaturanstieg; s. Abb. 2 und 3) stark intensivierte (IPCC 2014a), sollten die Referenzwerte für die Indikatoren möglichst auf diesen Zeitpunkt festgesetzt werden, können aber aufgrund mangelnder Daten davon abweichen. Referenzwerte in diesem Vorhaben sollten auf Messungen basieren, nur in Ausnahmefällen auf interpolierten Werten, wenn beispielsweise Datenlücken in Messreihen zu vervollständigen sind.

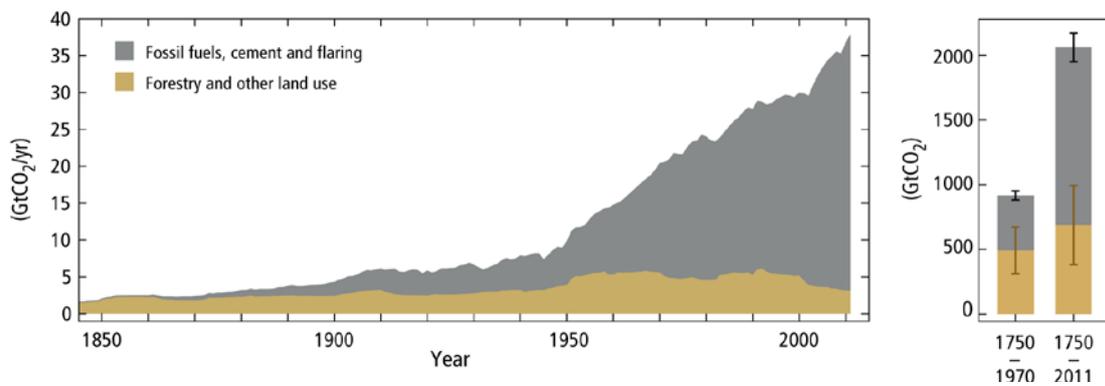
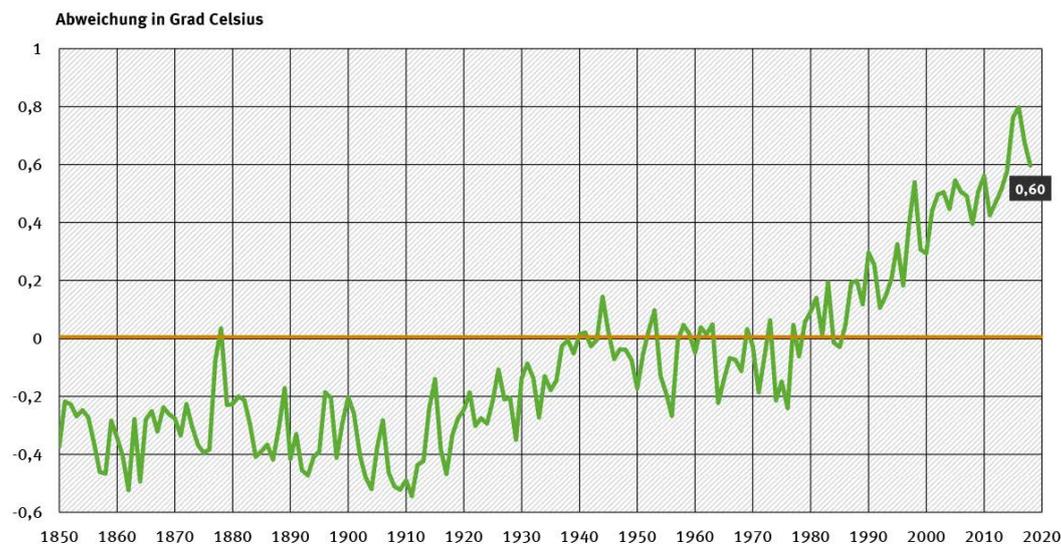


Abb. 2: Jährliche globale anthropogene CO₂-Emissionen (Gigatonnen CO₂-Äquivalente pro Jahr, GtCO₂/a) aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe, der Zementherstellung und der Abfackelung von Begleitgasen bei der Erdölförderung sowie der Forstwirtschaft und anderen Landnutzungen, 1750-2011. Die kumulierten Emissionen bzw. ihre Unsicherheiten werden auf der rechten Seite als Balken bzw. Whisker dargestellt (Quelle: IPCC 2014a).



* Die Nulllinie entspricht dem globalen Temperaturdurchschnitt der Jahre 1961 bis 1990. Dieser liegt bei 14,0 °C.

Quelle: Met Office Hadley Centre, Climate Research Unit; Modell HadCRUT.4.5.0.0; Median der 100 berechneten Zeitreihen

Abb. 3: Abweichung der globalen Lufttemperatur vom Durchschnitt 1961 bis 1990 (Referenzperiode); Quelle: UBA 2020 (verändert).

Mithilfe der Indikatoren des Fachinformationssystems sowie des DAS-Indikatorensets sollen die Auswirkungen klimatischer Veränderungen auf die biologische Vielfalt in Deutschland bilanziert werden. Klimatische Veränderungen unterscheiden sich von kurzfristigen Wettertrends dadurch, dass eine „Wahrscheinlichkeit für Abweichungen vom Mittelwert angegeben werden kann, also auch Extremwerte Teil der Statistik sind“ (MPI-M 2019). Daher werden zur Berechnung der Referenzwerte in diesem Vorhaben – sofern die Datenlage und das Indikatorkonzept dies zulassen – Mittelwerte aus einer Zeitspanne von 30 Jahren herangezogen.

Zielwert

Ein Zielwert ist ein Zahlenwert, der auf die Sicherung bzw. Verbesserung eines Zustandes bis zu einem bestimmten Zeitpunkt (Zieljahr o. ä.) gerichtet ist: Zielwerte werden beispielsweise von den dafür zuständigen staatlichen Stellen auf internationaler und/oder europäischer Ebene, in Bund, Ländern und Kommunen – sowie in deren Auftrag – durch Rechtsnormen (Gesetze, Verordnungen, Satzungen) oder durch andere Arten von Entscheidungen (z. B. politische oder administrative Beschlüsse) festgelegt. Ein Zielwert ist dann relevant für einen Indikator in diesem Vorhaben, wenn er aufgrund von Rechtsvorschriften zu berücksichtigen ist oder wenn dies aufgrund politischer Beschlüsse der jeweiligen Ebene sachgerecht ist (vgl. Balla et al. 2010). Wird für die Ermittlung eines Zielwerts ein Referenzwert herangezogen, sollte berücksichtigt werden, dass Zustand und Entwicklung der biologischen Vielfalt in der Regel von mehreren unterschiedlichen, als Treiber bezeichneten, Faktoren beeinflusst werden. Neben dem Klimawandel, der die Auswirkungen bestehender Gefährdungen verstärken kann, können in Deutschland insbesondere Landnutzung(sänderung)en, Schadstoffeinträge, Lebensraumzerstörung sowie Habitat- und Landschaftszerschneidung für die fortschreitenden Verluste natürlicher Lebensräume sowie vieler Tier- und Pflanzenarten verantwortlich gemacht werden (BMUB 2015a/b). Zudem verändern diese Treiber – teilweise nachhaltig oder sogar irreversibel – die Standortbedingungen, sodass in diesen Fällen ein aus historischen Daten abgeleiteter Referenzzustand unter heutigen Umweltbedingungen nicht wiederherstellbar ist.

Zu beachten ist schließlich, dass die Einbeziehung naturschutzpolitischer Zielvorgaben mithilfe eines Zielwertes einem Indikator eine normative Komponente hinzufügt, da damit immer eine Wertentscheidung einhergeht. Die Bandbreite der Begründungen bei der Ableitung von Zielwerten reicht von einer pragmatischen Entscheidung für einen bestimmten Wert aufgrund seiner Messbarkeit über ökonomische Erwägungen bis hin zur subjektiven Auswahl einer für besonders wertvoll gehaltenen Komponente biologischer Vielfalt (vgl. Steiner 2001). Bezogen auf die biologische Vielfalt sind v. a. folgende Aspekte relevant, die sich mit den eben genannten Begründungen überlappen können: Vielfalt, Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts, Eigenart, Schönheit und Erholungswert (vgl. § 1 BNatSchG).

Klimapolitische Ziele

International hat sich Deutschland im Rahmen des Pariser Klimaschutzübereinkommens dazu verpflichtet, einen wesentlichen Beitrag zu der internationalen Zielsetzung zu leisten, den globalen Anstieg der Erwärmung auf deutlich unter 2 °C gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen und die Weltwirtschaft zwischen 2050 und 2100 treibhausgasneutral zu gestalten. Auf nationaler Ebene hat die Bundesregierung diese Verpflichtung mit dem Klimaschutzplan 2050 untersetzt, in dem die nationalen Reduktionsziele für Treibhausgasemissionen festgeschrieben wurden (BMU 2016).

Unabhängig davon, wie nah die Bundesregierung den national gesetzten Zielen der Emissionsreduktion kommen wird, ist ein Null-Emissions-Szenario bis 2050 unwahrscheinlich. Bis 2020 sollen in Deutschland die Treibhausgasemissionen mindestens um 40 % gegenüber 1990 reduziert sein, bis 2030 mindestens um 55 % und bis 2050 mindestens um 80 bis 95 % („weitgehende Treibhausgasneutralität“ (BMU 2016: 7)). Deutschland wird das 2020-Ziel aller Voraussicht nach verfehlen (WDDDB 2018). Vor diesem Hintergrund und auch in Anbetracht die Zielerreichung erschwerender internationaler Entwicklungen (Ausstieg der USA aus dem Pariser Klimaabkommen, Brasilien überlegt dem

Beispiel zu folgen, fortgesetzter globaler Anstieg der CO₂-Emissionen) wird eine Begrenzung des globalen Temperaturanstieges auf max. 2 °C als sehr optimistisches Szenario eingeschätzt (u. a. Anderson und Bows 2011). Weitaus realistischer scheint ein Anstieg der globalen Durchschnittstemperaturen um rund 3,3 °C bis 2100 (CAT 2019). Unabhängig von seiner Höhe wird der globale Temperaturanstieg langfristig irreversibel sein (Solomon et al. 2009).

Zusammengefasst könnte die Erhöhung der globalen Durchschnittstemperatur bis zum Jahr 2050 bei 1,5 bis 3,3 °C liegen. Die graduell unterschiedlichen Folgen der Erwärmung auf die biologische Vielfalt innerhalb dieses Temperaturkorridors sind allerdings kaum abschätzbar und nur sehr allgemein beschreibbar. Dies betrifft sowohl die quantitative (wie groß könnte der Unterschied zum Referenzzustand – falls gegeben – sein?) als auch die qualitative Beschreibung (in Bezug auf welche Merkmale unterscheiden sich der Referenz- und der potenzielle zukünftige Zustand?).

3.2 Bestimmung und Darstellung von Referenz- und Zielwerten für die Indikatoren

Bei allen Indikatoren des Vorhabens, die eng an die direkten Auswirkungen des anthropogenen Klimawandels gekoppelt sind, besteht außer den Maßnahmen zur Abschwächung der Temperaturerhöhung (engl. mitigation) keinerlei Möglichkeit, die Entwicklung der Messgröße direkt zu beeinflussen bzw. zu steuern. Dies betrifft alle Temperaturindizes sowie die Indikatoren zu Wildpflanzen, dem marinen Nahrungsnetz und der Alpenflora. Zudem sind derzeitige Zielwerte, wie bspw. in der NBS, Kapitel B 3.2 (BMU 2007), auf die Wiederherstellung bzw. Erhaltung eines historischen bzw. des derzeitigen Zustands gerichtet, was unrealistisch erscheint. Daher können die genannten Indikatoren eher der rein deskriptiven Beschreibung der tatsächlichen Veränderungen bzw. der Verdeutlichung des Ausmaßes der Probleme dienen. Die Festlegung eines Zielwerts für diese Indikatoren ist nicht sinnvoll; die Festlegung von Referenzwerten ist hingegen nicht ausgeschlossen.

Tatsächliches Steuerungspotenzial besteht jedoch für Entwicklungen, die durch folgende Indikatoren beschrieben werden: 1) Rückgewinnung von Überflutungsflächen, 2) Berücksichtigung des Klimawandels in der Landschaftsplanung, 3) strenger Gebietschutz, 4) länderübergreifender Biotopverbund sowie 5) Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität. Allerdings ist es bisher nur beim Indikator zur Rückgewinnung von Überflutungsflächen in Bezug auf die ursprünglich vorhandenen und wiederherstellbaren Altauenflächen möglich, einen sinnvollen Referenzwert anzugeben. Sowohl beim Gebietschutz als auch beim Biotopverbund oder bei der Berücksichtigung des Klimawandels in der Landschaftsplanung ist der Ausgangswert der Messgröße gleich Null und damit kein geeigneter Referenzwert. Zudem sind die strategischen Zielsetzungen für diese Indikatoren – mit Ausnahme des „Landschaftsplanungs-Indikators“ – nicht klimawandelspezifisch, sondern bestehen teils schon länger und sind auch ohne Bezug zum Klimawandel sinnvoll. Allerdings werden die Zielsetzungen – und damit Zielwerte – zu diesen Indikatoren durch den Klimawandel dringlicher und unterstreichen dessen Relevanz.

Die folgende Tabelle 2 zeigt Vorschläge und Überlegungen zu Referenzwerten, -jahren und -zeit-räumen sowie zu Zielwerten und -jahren für diejenigen Indikatoren, die im Rahmen des Vorhabens weiterentwickelt bzw. fortgeschrieben wurden oder deren Weiterentwicklung nach Abschluss des Vorhabens vorgeschlagen wird.

In Spalte 1 ist außer der Indikatorbezeichnung die jeweilige Zuordnung zu den DPSIR-Kategorien nach Tabelle 13 aus Schliep et al. (2017) angegeben. Die Unterscheidung in Impact- und Response-Indikatoren spielt eine wichtige Rolle bei den Überlegungen zur Sinnhaftigkeit von Referenz- bzw. Zielwerten. Der DPSIR-Ansatz wird in Abschnitt 3.1 in Schliep et al. (2017) ausführlicher erläutert.

In Spalte 2 und 3 stehen Vorschläge für einen Referenzwert und ein Referenzjahr bzw. -zeitraum mit der dazugehörigen Datenquelle. Die Referenzwerte für die Impact-Indikatoren „Phänologische Veränderungen bei Wildpflanzenarten“, „Temperaturindex der Vogelartengemeinschaft“, „Rückgewinnung natürlicher Überflutungsflächen“, „Veränderungen mariner Nahrungsnetze“, „Floristischer Temperaturindex“, „Temperaturindex der Tagfalterartengemeinschaften“ sowie „Veränderung der Flora auf Alpengipfeln“ sollten nach Möglichkeit auf das Referenzjahr 1950 gelegt werden (Begründung s. vorheriger Abschnitt). Da dies aufgrund fehlender Daten bei keinem der Indikatoren möglich ist, wurde das nächstgelegene Jahr nach 1950 gewählt, für das Daten vorliegen.

Für die Response-Indikatoren „Berücksichtigung des Klimawandels in Landschaftsprogrammen und Landschaftsrahmenplänen“, „Gebietsschutz“, „Sicherung des länderübergreifenden Biotopverbunds“ sowie „Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität“ können keine sinnvollen Referenzwerte vorgeschlagen werden, da die Ausgangsgröße in der Regel Null oder historisch nicht erfasst ist.

In Spalte 4 und 5 werden Zielwerte und ein Zieljahr mit der dazugehörigen Datenquelle vorgeschlagen. Wie oben begründet, ist es bei den eng an die Temperaturentwicklung gekoppelten Impact-Indikatoren nicht sinnvoll, Zielwerte zu definieren. Die globale Temperaturentwicklung ist nur über internationale Vereinbarungen und Maßnahmen steuerbar, das nationale Monitoring kann lediglich langfristige Trends abbilden und Anhaltspunkte für Expert*innen und politische Entscheidungsträger*innen liefern, wie stark sich der Klimawandel auf die biologische Vielfalt in Deutschland auswirkt und wie dringlich Maßnahmen zur Anpassung und zur Minderung des Klimawandels sind.

Eine Sonderstellung nimmt der Impact-Indikator „Rückgewinnung natürlicher Überflutungsflächen“ ein, für den zwei Vorschläge gemacht werden. Zum einen könnten Referenz- und Zielwert auf die rezente, d. h. an die Überflutungsdynamik der Flüsse aktuell angebundene Auenfläche bezogen werden, zum anderen auf die in Harms et al. (2018) genannte potenziell überflutbaren Altauenflächen, die aktuell nur zum Teil an die Überflutungsdynamik angeschlossen sind. Dadurch fallen die entsprechenden Referenz- und Zielwerte deutlich höher aus als beim ersten Vorschlag.

Die Vorschläge für Zielwerte und -jahre bei den Response-Indikatoren werden soweit als möglich aus nationalen und internationalen Zielsetzungen, zu denen sich Deutschland bekannt hat, abgeleitet. Dies sind die Deutsche Anpassungsstrategie (DAS) und die Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt (NBS) für den Indikator „Berücksichtigung des Klimawandels in Landschaftsprogrammen und Landschaftsrahmenplänen“ und das Aichi-Biodiversitätsziel 11 des Übereinkommens über die biologische Vielfalt (CBD) für den Indikator „Gebietsschutz“. Die beabsichtigte Novellierung des BNatSchG zur Festlegung eines Zieljahres für die Erreichung des 10-Prozent-Zieles für das nationale Netz verbundener Biotope steht bislang aus (Indikator „Sicherung des länderübergreifenden Biotopverbunds“). Beim Indikator „Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität“ sind laut NBS (BMU 2007) naturraumbezogene Mindestdichten von linearen und punktförmigen Elementen (z. B. Saumstrukturen, Hecken, Feldraine, Trittsteinbiotop) als Zielwerte zu definieren. Diese müssten in einem gesonderten Vorhaben zusammen mit einem Zeithorizont erarbeitet werden und ggf. rechtlich verbindlich oder in einer zukünftigen nationalen Naturschutzstrategie festgelegt werden. Ein Zieljahr für den noch festzulegenden Zielwert für den Indikator „Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität“ müsste ggf. ebenfalls vom Gesetzgeber beschlossen oder in einer zukünftigen nationalen Naturschutzstrategie festgelegt werden.

Tab. 2: Möglichkeiten und Vorschläge zur Bestimmung von Referenzwerten, -jahren und -zeiträumen sowie Zielwerten und -jahren zu den Indikatoren.

Indikator-bezeichnung (DPSIR)	Referenzwert (Datenquelle)	Referenzjahr bzw. -zeitraum	Zielwert	Zieljahr
Fortgeschriebene Indikatoren				
Phänologische Veränderungen bei Wildpflanzenarten (Impact)	Phänologie-Daten des Referenzzeitraums (DWD) (s. DAS-Factsheet)	1951-1980	Kein Zielwert und -jahr sinnvoll (s. Erläuterung im Text)	
Temperaturindex der Vogelartengemeinschaft (Impact)	Temperaturindex (DDA) (s. DAS-Factsheet)	Klima: 1961-1990 Avifauna: 1991	Kein Zielwert und -jahr sinnvoll (s. Erläuterung im Text)	
Rückgewinnung natürlicher Überflutungsflächen (Impact)	Rezente Auenfläche: 480.000 ha (BMU/BfN 2009) Potenziell überflutbare Altauenfläche: 189.206 ha (Harms et al. 2018)	Rezente Auenfläche: 2009 Potenziell überflutbare Altauenfläche: 2018	NBS, Kap. B 1.2.4: Vergrößerung der Rückhalteflächen (d. h. der rezenten Aue) an den Flüssen um mindestens 10 % (entspricht rund 48.000 ha) (BMU 2007) NHWSP, S. 6: Wiederanbindung von rund 20.571 ha Überflutungsfläche (LAWA 2014) Ziel wird aufgrund des Klimawandels dringlicher.	Rezente Auenfläche: 2030 Begründung: Der Zielwert der NBS soll bis 2020 erreicht werden, was wenig realistisch erscheint und ohne zeitliche Perspektive ist. Daher wird hier das Zieljahr 2030 vorgeschlagen. Potenziell überflutbare Altauenfläche: Ohne genaues Datum Begründung: Die NHWSP-Flächenkulisse ist aufgrund ausstehender Gefährdungsabschätzungen bzw. Ermittlungen von Retentionsmöglichkeiten nicht abschließend.
Berücksichtigung des Klimawandels in Landschaftsprogrammen und Landschafts-	Ausgangsgröße Null, daher kein Referenzwert und -jahr sinnvoll (s. Erläuterung im Text)		Alle künftig fortgeschriebenen Landschaftsprogramme und Landschaftsrahmenpläne enthalten Aussagen zu Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt und leiten daraus Ziele und Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel in dem Planungsraum angemessener Detailliertheit ab, vgl. DAS, Kap. 3.2.5	2030 Begründung: Das Zieljahr 2030 wird als realistische zeitliche Perspektive vorgeschlagen. Zur rechtlichen Festlegung wäre eine Novellierung des BNatschG erforderlich.

Indikator-bezeichnung (DPSIR)	Referenzwert (Datenquelle)	Referenzjahr bzw. -zeitraum	Zielwert	Zieljahr
rahmenplänen (Response)			(Bundesregierung 2008) sowie NBS, Kap. B 3.2 (BMU 2007).	
Gebietsschutz (Response)	Ausgangsgröße Null, daher kein Referenzwert und -jahr sinnvoll (s. Erläuterung im Text)		<p>Mindestens 17 % der Land- und Binnenwassergebiete sind entsprechend Aichi-Ziel 11 der CBD (CBD 2010) als streng geschützte Gebiete gesichert (NLP, Kern- und Pflegezonen der Biosphärenreservate, Nationale Naturmonumente, NSG, Natura-2000-Gebiete). Der Anteil der NSG beträgt 5 %.</p> <p>Begründung:</p> <p>Der derzeitige Anteil streng geschützter Gebiete im terrestrischen Raum beträgt ohne Überschneidungen der Gebietskategorien ca. 16,2 % (nach Auskunft BfN, Fachgebiet Gebietsschutz/Großschutzgebiete), um mindestens 17 % zu erreichen sind ca. weitere 0,8 % der Landesfläche unter Schutz zu stellen.</p> <p>Die Potenziale für Großschutzgebiete sind weitgehend ausgeschöpft, der Meldeprozess für Natura-2000-Gebiete ist abgeschlossen. Daher ist für diese Gebiete kein erheblicher Zuwachs mehr zu erwarten. Ein gewisses Potenzial besteht für Nationale Naturmonumente, v. a. jedoch für NSG. Deren Anteil am terrestrischen Bereich beträgt knapp 4,2 % (Stand 12/2017, BfN). Durch eine Erhöhung des Anteils auf 5 % würde das Mindestziel der CBD von 17 % Flächenanteil für Deutschland erreicht.</p> <p>Weitere Hinweise:</p>	<p>2030</p> <p>Begründung:</p> <p>Aichi-Ziel 11 gibt das Zieljahr 2020 vor. Die vorgeschlagenen Zielwerte bis dahin zu erreichen scheint erstens wenig realistisch, zweitens ist damit keine zeitliche Perspektive verbunden. Daher wird hier das Zieljahr 2030 vorgeschlagen.</p>

Indikator-bezeichnung (DPSIR)	Referenzwert (Datenquelle)	Referenzjahr bzw. -zeitraum	Zielwert	Zieljahr
			<p>Für die weitere Diskussion sollte nach bzw. im Falle seiner Verabschiedung künftig der Aktionsplan Schutzgebiete berücksichtigt werden.</p> <p>Der vorgeschlagene Zielwert würde eine Veränderung der Berechnung des Indikators erfordern, da dieser bislang lediglich Nationalparke und Naturschutzgebiete berücksichtigt.</p> <p>Ziel wird aufgrund des Klimawandels dringlicher.</p>	
Weiterentwickelte bzw. zur Weiterentwicklung vorgesehen Indikatoren				
Veränderungen mariner Nahrungsnetze (Impact)	Offen, da der Indikator-Prototyp überarbeitet wird		Kein Zielwert und -jahr sinnvoll (s. Erläuterung im Text)	
Floristischer Temperaturindex häufiger Pflanzenarten (Impact)	Floristischer Temperaturindex (mehrere Datenquellen; s. Kennblatt in Teil II dieses Berichts)	1950-1979	Kein Zielwert und -jahr sinnvoll (s. Erläuterung im Text)	
Temperaturindex der Tagfalterartengemeinschaften (Impact)	Offen, auf Basis des derzeitigen Kenntnisstandes nicht benennbar		Kein Zielwert und -jahr sinnvoll (s. Erläuterung im Text)	
Veränderung der Flora auf Alpengipfeln (Impact)	Artenzahl (GLORIA-Daten)	2003-2005 (je nach Gipfel)	Kein Zielwert und -jahr sinnvoll (s. Erläuterung im Text)	

Indikator-bezeichnung (DPSIR)	Referenzwert (Datenquelle)	Referenzjahr bzw. -zeitraum	Zielwert	Zieljahr
Sicherung des länderübergreifenden Biotopverbunds (Response)	Ausgangsgröße Null, daher kein Referenzwert und -jahr sinnvoll (s. Erläuterung im Text)		BNatSchG § 20 (1): „Es wird ein Netz verbundener Biotope (Biotopverbund) geschaffen, das mindestens 10 Prozent der Fläche eines jeden Landes umfassen soll“, s. a. DAS, Kap. 3.2.5 (Bundesregierung 2008: 26ff). Ziel wird aufgrund des Klimawandels dringlicher.	Offen; lt. Naturschutz-Offensive 2020 (BMUB 2015 b) wird eine Novellierung des BNatSchG zur rechtlichen Festlegung eines Zieljahres angestrebt.
Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität (State/Response)	Da keine Angaben zur Dichte linearer und punktförmiger Elemente aus historischen Zeitschnitten bundesweit verfügbar sind, kann kein Referenzwert und -jahr benannt werden		Zielvorgabe entsprechend NBS, Kap. B1.3.2 – Kulturlandschaften (BMU 2007): Naturraumbezogene Mindestdichten von linearen und punktförmigen Elementen (z. B. Saumstrukturen, Hecken, Feldraine, Trittsteinbiotope). Ziel wird aufgrund des Klimawandels dringlicher.	Offen, solange die Arbeiten am Indikator nicht abgeschlossen sind (s. Kap. 4.6). Aus NBS, Kap. B1.3. 2 – Kulturlandschaften (BMU 2007) wäre das Zieljahr 2020 ableitbar, womit aber keine zeitliche Perspektive verbunden ist.

Geeignete und sinnvolle Referenz- und/oder Zielwerte aus Tabelle 2 könnten entsprechend der in Tabelle 3 dargestellten Struktur (dort beispielhaft für den Indikator „Phänologische Veränderungen bei Wildpflanzenarten“ ausgeführt) in den vorhandenen Indikator-Kennblättern im Abschnitt „Beschreibung und Begründung“ ergänzt werden.

In der Zeile „Referenzwert und -jahr bzw. -zeitraum“ wäre neben der entsprechenden Beschreibung eine Begründung für die Auswahl aufzunehmen sowie der Bezug darzustellen: Dient der Referenzwert deskriptiv zur Beschreibung eines langfristigen Trends, d. h. zum Vergleich des aktuellen Zustands mit einem Zustand vor Einsetzen des verstärkten Klimawandels? Oder wird der Referenzwert (ggf. unter Berücksichtigung von Faktoren wie nachhaltigen bzw. irreversiblen Veränderungen der Umweltbedingungen) für die Ableitung eines Zielwertes herangezogen?

In der Zeile „Zielwert und -jahr“ wird analog zur Zeile „Referenzwert und -jahr bzw. -zeitraum“ das festgelegte Ziel genannt und naturschutzfachlich (Wirkung auf Biodiversität) begründet bzw. erläutert, warum ggf. kein sinnvoller Zielwert festgelegt werden kann. Eine Einschätzung zur Umsetzbarkeit sollte potenzielle Barrieren oder Synergien mit anderen Zielsetzungen benennen. In einem gesonderten Kasten wäre der Bezug zu vorhandenen Zielsetzungen (Ableitung aus NBS, DAS etc.) darzulegen.

Tab. 3: Auszug aus dem Kennblatt zum Indikator „Phänologische Veränderungen bei Wildpflanzenarten“ – Vorschlag zur neuen Gliederung des Abschnitts „Beschreibung und Begründung“.

Beschreibung und Begründung

Kurzbeschreibung ...	Einheit ...
Berechnungsvorschrift ...	
Begründung	
Referenzwert und -jahr bzw. -zeitraum Referenz- bzw. Vergleichswerte sind die über die Referenz- bzw. Vergleichsperiode bundesweiten, gemittelten Eintrittsdaten der zehn aufeinanderfolgenden phänologischen Jahreszeiten. Als Referenzperiode wird der Zeitraum von 1951 bis 1980 und als Vergleichsperiode der Zeitraum zwischen 1981 bis 2010 bereits im Rahmen der DAS-Berichterstattung verwendet.	
Begründung: Die Referenzperiode im Zeitraum von 1951 bis 1980 bildet die ersten drei Dekaden nach dem Einsetzen des verstärkten Anstiegs von globaler Temperatur und CO ₂ -Emissionen ab 1950 ab. Die Vergleichsperiode wurde eingeführt, um die Kontinuität in der Entwicklung sichtbar zu machen.	
Bezug: Angesichts des auf lange Sicht irreversiblen Klimawandels dient die Referenzperiode dazu, den Ausgangszustand vor Einsetzen des verstärkten Klimawandels zu dokumentieren.	
Zielwert und -jahr Kein Zielwert sinnvoll, da der ursprüngliche Zustand möglichst beibehalten werden soll.	
Rechtsgrundlage und/oder Zielbezug ...	

4 Weiterentwicklung ausgewählter Indikator-Prototypen

Erster Arbeitsschritt (Arbeitsschritt A.1) im Vorhaben war die Prüfung aller Indikator-Prototypen aus dem Vorgängervorhaben auf Eignung zur Realisierung. Die Prüfung baute auf den hierzu bereits vorliegenden Ergebnissen von Schliep et al. (2017) auf, modifizierte diese bei Bedarf, aktualisierte und ergänzte sie.

Bei der Anwendung der Kriterien wurde besonderes Augenmerk auf die Frage gelegt, in welchem Ausmaß die Einzelkriterien jeweils erfüllt sind. Dabei wurden für alle Teilkriterien ausreichend differenzierte Bewertungsskalen verwendet. Die Frage der Verfügbarkeit bundesweiter Daten hoher Qualität aus fortlaufenden Monitoringprogrammen ist in allen Fällen von entscheidender Bedeutung und wurde durch entsprechende Recherchen bei den Einrichtungen, die diese Daten erheben oder vorhalten, geklärt.

Die Ergebnisse der Eignungsbewertungen für die Indikator-Prototypen sind in Tabelle 1 in Kapitel 2 zusammengefasst und in den Kennblättern zu den einzelnen Indikatoren ausführlich dargestellt.

In enger Abstimmung mit dem Auftraggeber und auf Grundlage der Prüfergebnisse wurden die in den folgenden Abschnitten 4.1 bis 4.6 dargestellten Indikatoren aus der Gruppe der Prototypen weiterentwickelt.

4.1 Veränderung mariner Nahrungsnetze

Bisher: Phänologische Veränderungen im Zooplankton

Der bislang im Rahmen des Projektes entwickelte Indikator-Prototyp „Phänologische Veränderungen im Zooplankton“ zur Beschreibung phänologischer Variation infolge der klimatischen Veränderungen weist nach einer ersten Einschätzung von Dr. Mirco Scharfe (Alfred-Wegener-Institut/Biologische Anstalt Helgoland) methodische Schwächen auf (Scharfe 2018; Protokoll zum Treffen zwischen BfN und AWI zum weiteren Vorgehen beim Indikator „Veränderungen mariner Nahrungsnetze“ in Berlin am 3. September 2018 liegt vor):

1. Die Annahme der zeitlichen Variation eines konstanten Überschreitungswertes (15 %) ist künstlich und vermischt Einflüsse auf die Höhe der Abundanz des Zooplanktons mit Einflüssen auf den Zeitpunkt des Timings. Der Index ist anfällig für Ausreißer und beinhaltet bei Einbeziehung der jährlichen Abundanz potenziell saisonal unterschiedliche Entwicklungen.
2. Das Zooplankton zeigt ebenso wie das Phytoplankton keine homogene phänologische Reaktion, die Auswahl der Arten bestimmt das Ergebnis.
3. Die bisherige Einordnung der Ergebnisse hinsichtlich biologischer Vielfalt ist unzureichend: Welche Vielfalt ist gemeint? Der Zwischenschritt der Analyse zwischen phänologischer Variation und der Interpretation der Folgen im marinen Nahrungsnetz fehlt.
4. Eine Einordnung der Aussagekraft hinsichtlich räumlicher Veränderungen erfolgte bislang nicht.

Nach Einschätzung von Herrn Scharfe wären zur Weiterentwicklung des Indikator-Prototyps folgende Arbeitsschritte notwendig (Scharfe 2018):

1. Testen der Variation und Sensitivität der einzelnen Spezies bzw. Genera des Zooplanktons gegenüber klimatischer Variation, Vergleich von Ansätzen zur Beschreibung phänologischer Variation,
2. Prüfung der Stabilität und Aussagekraft des Indexes, Einbeziehung der Ergebnisse des Landesamtes für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume (LLUR) zum Zooplankton-Monitoring in

der Deutschen Bucht und Ostsee sowie des in Entwicklung befindlichen Zooplanktonmonitorings zur Umsetzung der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL) in Deutschland (vgl. BMUB 2014, S. 62: „Seit 2012 fehlt das biologische Monitoring in der AWZ, so dass seitdem eine Lücke bzgl. der Phyto- und Zooplanktondaten besteht. (...) Zooplanktonindikatoren befinden sich momentan in Entwicklung. Das Zooplanktonmonitoring wird in den Küstengewässern zukünftig parallel zur Indikatorenentwicklung an diese angepasst und ausgebaut.“),

3. Erfassung großräumiger Effekte (z. B. Einträge von Atlantik-Wasser) durch Einbeziehung von Ergebnissen hydrodynamischer Simulationen und lokaler Einflüsse,
4. Erfassung lokaler Einflussgrößen (z. B. Phytoplankton, Nährstoffe),
5. Entwicklung eines Bewertungs-Rahmens, der Repräsentativität (räumlich) und Aussagekraft (zu erwartende ökologische Folgen) des Indexes einordnet, Tests durch Quervergleiche,
6. Prüfen des Mehrwerts der Einbeziehung weiterer Stationen (bspw. Alfred-Wegener-Institut auf Sylt),
7. Erfassung zukünftiger Planungen anderer Behörden.

Die für die Berechnung des Indikators notwendigen Daten werden kontinuierlich vom AWI/BAH erhoben. Nach der am 3. September 2018 in Berlin erzielten grundsätzlichen Übereinstimmung und Bereitschaft zur Kooperation sind bislang keine Arbeitsfortschritte bekannt. Die Weiterentwicklung und Operationalisierung des Indikator-Prototyps in Kooperation mit dem Alfred-Wegener-Institut wird weiterbetrieben.

4.2 Floristischer Temperaturindex kurzlebiger Gefäßpflanzenarten

Bisher: Arealveränderungen bei klimasensitiven Pflanzenarten

4.2.1 Ursprünglicher Ansatz für den Indikator-Prototypen „Arealveränderungen bei klimasensitiven Pflanzenarten“

Die Weiterentwicklung des Indikator-Prototypen „Arealveränderungen bei klimasensitiven Pflanzenarten“, wie er im Vorläuferprojekt ursprünglich konzipiert war (s. Schliep et al. 2017), musste auf Grund der zeitlichen und räumlichen Heterogenität der FloraWeb-Daten aufgegeben werden.

Dieser ursprüngliche Indikator-Prototyp war mit zwei Teilindikatoren konzipiert. Bei Teilindikator 1 „Wärmeliebende Gefäßpflanzenarten“ wurden die Arealgrenzen aus den zehn nördlichsten und bei Teilindikator 2 „Kälteliebende Gefäßpflanzenarten“ aus den zehn höchstgelegenen Messtischblattquadranten errechnet, was den Indikator-Ansatz besonders anfällig für die „false absence“-Problematik machte (s. Tingley und Beissinger 2009). In Bezug auf die FloraWeb-Daten liegt immer dann ein „false absence“-Fall vor, wenn das Vorkommen einer Pflanzenart nicht durch die Florenkartierungen erfasst wurde (non-detection). Das reale Verbreitungsareal wird in diesen Fällen nicht korrekt abgebildet. Durch unterschiedlichen Kartieraufwand können sich irreführende Veränderungen der Arealgrenzen ergeben, denn die Wahrscheinlichkeit von non-detection steigt mit abnehmendem Kartieraufwand.

Die Ergebnisse des ersten Teilindikators stützten zwar die Hypothese, dass sich wärmeliebende Arten Richtung Norden ausbreiten. Da die Datengrundlage jedoch nur Präsenzdaten mit einer entsprechenden „false absence“-Problematik umfasst, sind Aussagen zu Arealverschiebungen mit großen Unsicherheiten behaftet (ebd.). Unter der Annahme, dass seltenere Arten über den gesamten Untersuchungszeitraum flächendeckend kartiert wurden und die „false absence“-Problematik weniger stark ins Gewicht fallen würde, wurde die Auswertung für die Gruppe der Orchideen wiederholt. Die veränderte Artenauswahl konnte die Unsicherheiten jedoch entgegen den Erwartungen nicht verringern.

Ein weiteres Problem für den methodischen Ansatz des Indikator-Prototypen stellt das heterogene Landschaftsrelief Deutschlands dar. Ein klarer Nord-Süd-Wärmegradient, wie er bei dieser Methode unterstellt wird, ist nicht vorhanden. Arealverschiebungen konzentrieren sich zwar auf den Norden, aber wie unter anderem Pompe et al. (2011) feststellten, sind bei vielen Arten auch Arealverschiebungen nach Osten zu beobachten. Bei der vorgeschlagenen Methode würden nur die zehn nördlichsten besetzten Messtischblattquadranten betrachtet und deshalb südlich, westlich und östlich gerichtete Arealverschiebungen nicht berücksichtigt werden.

Für den zweiten Teilindikator konnte kein direkter Bezug zwischen Artenvorkommen und Höhenlage hergestellt werden, da die FloraWeb-Daten auf Messtischblattquadranten aggregiert und damit zu grob aufgelöst sind: In Regionen mit starker Reliefenergie können die Höhenunterschiede innerhalb eines Messtischblattquadranten mehrere hundert Meter betragen.

4.2.2 Neuentwicklung des Indikator-Prototyps „Floristischer Temperaturindex kurzlebiger Gefäßpflanzenarten“ (FTI)

Der Indikator-Prototyp „Floristischer Temperaturindex kurzlebiger Gefäßpflanzenarten“ (FTI) wurde als Alternative für den aus oben genannten Gründen verworfenen Indikator-Prototyp „Arealveränderungen bei klimasensitiven Pflanzenarten“ entwickelt.

Bei der Neuentwicklung wurde besonderes Augenmerk auf die Robustheit des Indikators gegenüber den räumlich und zeitlich sehr heterogenen FloraWeb-Daten gelegt. Der neue Indikator sollte außerdem Arealverschiebungen für das gesamte deutsche Verbreitungsgebiet abbilden können und nicht nur die nördlichste Arealgrenze.

Diese Kriterien werden von dem von Devictor et al. (2008) vorgestellten ungewichteten „Community Temperature Index“ (CTI) erfüllt. Der Index entspricht der durchschnittlichen Temperaturnische (Species Temperature Index – STI) einer Artengemeinschaft in einer definierten räumlichen Bezugseinheit (z. B. Messtischblatt). Der Index verändert sich, wenn sich das Verhältnis von Arten mit unterschiedlichen Temperaturnischen innerhalb der gewählten räumlichen Bezugseinheit verändert. Im Vergleich zur Bilanzierung der Einzelvorkommen mithilfe der beiden Teilindikatoren des ursprünglich verfolgten Indikator-Prototypen ist das Verhältnis von Arten unterschiedlicher Temperaturnische weniger anfällig für die „false absence“-Problematik.

Der Community Temperature Index wurde für den hier zu entwickelnden Indikator in „Floristischer Temperaturindex kurzlebiger Gefäßpflanzenarten“ (FTI) umbenannt, da den FloraWeb-Daten floristische Kartierungen zugrunde liegen und die Arten nicht notwendigerweise in einer biozönotischen Beziehung zu einander stehen.

Datenaufbereitung

Wie auch bei dem verworfenen Indikator-Prototypen „Arealveränderungen bei klimasensitiven Pflanzenarten“ ist zunächst eine aufwändige Homogenisierung der FloraWeb-Daten notwendig. In der Vergangenheit wurden floristische Kartierungen in den Bundesländern mit unterschiedlichen räumlichen Auflösungen durchgeführt (z. B. Messtischblatt, Messtischblattquadrant oder Minutenfeld). Für die BfN-Datenbank FloraWeb wurden die Daten auf zwei räumliche Auflösungsebenen homogenisiert, nämlich TK25-Messtischblatt (MTB) und Messtischblattquadrant. In einem ersten Berechnungsdurchlauf wurde versucht, auf Ebene der Messtischblattquadranten zu arbeiten. Dabei wurden die Messtischblattfunde den darin liegenden Quadranten zugeordnet. Dieses Verfahren führt dazu, dass die Artenvorkommen in den Bundesländern, in denen auf Basis der MTB kartiert wurde, sehr viel homogener verteilt sind und in ihrer flächenhaften Ausdehnung überschätzt werden. Auch eine zufällige Zuordnung zu einem einzigen Quadranten führt zu Verteilungsmustern, die nicht für das bundesweite Verbreitungsgebiet repräsentativ sind. Aus diesem Grund wurden die Daten für den finalen Indikator

auf Messtischblatt-Niveau aggregiert und ein Informationsverlust aufgrund niedriger aufgelöster Daten in Kauf genommen.

Ein weiteres datentechnisches Problem ergibt sich aus den zeitlichen Angaben der jeweiligen Artenfunde. Der FloraWeb-Datensatz basiert unter anderem auf Florenwerken, die über mehrere Jahre oder Jahrzehnte entstanden sind. In der Datenbank sind für diese Funde Zeitspannen angegeben (z. B. 1960 bis 1985), die eine exakte zeitliche Datierung der Funde nicht erlauben. Um solche Funde trotzdem Zeiträumen zuordnen zu können, wurden zwei Varianten getestet:

1. Bei der ersten Variante testet ein Algorithmus, in welchem der vorgegebenen Zeiträume (z. B. Dekaden) der zeitliche Schwerpunkt der Funddatierungen liegt, also die größte zeitliche Überlappung vorliegt, und ordnet den Fund dem jeweiligen Zeitraum zu.
2. Bei der zweiten Variante wird der Artenfund jedem Jahr zugeordnet, das durch die gesamte Zeitspanne eines Kartierungsvorhabens abgedeckt wird.

Bei beiden Verfahren sind Falschzuordnungen (false presence) zu erwarten. Bei der ersten Variante können zeitliche Muster entstehen, die als Klimawandeleffekt gedeutet werden können: Für eine Art mit der angegebenen Zeitspanne von 1950-1983 würde nach Variante 1 dem Fund die Dekade 1970 zugeordnet werden. Die Interpretation wäre wie folgt: die Art fehlt 1960, wandert 1970 ein und stirbt 1980 wieder aus. Um dies zu vermeiden, wurde Variante 2 gewählt, bei der keine künstlichen zeitlichen Muster erzeugt werden. Stattdessen haben diese Funde für den Zeitraum keinerlei Effekt auf die Trendkurven. Für die frühen Dekaden, in denen für die meisten Funde Zeitspannen angegeben sind, fallen die Trends daher sehr flach aus und es ist empfehlenswert, den FTI erst ab den 1950er Jahren zu berechnen (vorher sind kaum Differenzen zwischen den Dekaden zu verzeichnen).

Neben Dekaden wurden auch die vom BfN für die FloraWeb-Datenbank festgelegten drei Zeiträume getestet (Bettinger et al. 2013): vor 1950, 1950-1979 und 1980-2009. Durch eine starke zeitliche Aggregation der Daten sollen Unsicherheiten, die durch den unterschiedlichen Kartieraufwand entstanden sind, reduziert werden. Die Grundannahme dabei ist, dass in einem größeren Zeitraum eine Art mit höherer Wahrscheinlichkeit gefunden wird und der Einfluss von Zufallsfunden reduziert wird. Diese Robustheit ist jedoch mit einem hohen Informationsverlust verbunden, weshalb nicht diese sehr groben Zeiträume, sondern Dekaden für die Aggregation der Funde genutzt wurden.

Vergleich der deutschen und europäischen Temperaturnische der Gefäßpflanzenarten

Der Species Temperature Index (STI, Temperaturnische einer Art) entspricht der Jahresmitteltemperatur im gesamten betrachteten Verbreitungsgebiet einer Art. Der Bezugsraum zur Kalkulation des STI hat daher großen Einfluss auf den Index. Im Idealfall liegen Verbreitungsdaten für das vollständige Verbreitungsgebiet vor, was aber nur für einen geringen Anteil der in FloraWeb gelisteten Arten gegeben ist. Immerhin konnte für 621 Arten auf Grundlage ihres europäischen Verbreitungsgebiets und der Jahresmitteltemperatur ein europäischer STI (E-STI) berechnet werden. Mit den FloraWeb-Arealdaten wurde außerdem für alle gelisteten 2.797 Arten eine Temperaturnische für das deutsche Verbreitungsgebiet berechnet (D-STI). Es bestand anfangs die Annahme, dass die deutsche Temperaturnische bei Arten mit südlichem Verbreitungsschwerpunkt (z. B. mediterran) unter der europäischen Temperaturnische und bei Arten mit nördlichem Verbreitungsschwerpunkt (z. B. boreal) darüber liegt. Um diese Hypothese zu überprüfen, wurden die Temperaturnischen aller Arten, für die ein deutscher und europäischer STI berechnet werden konnte, getrennt nach Florenzonen einander gegenübergestellt (s. Abb. 4). Bei einem großen Anteil der untersuchten Arten erstrecken sich die Verbreitungsgebiete über mehrere Florenzonen. Eine eindeutige Zuweisung entsprechend des Hauptverbreitungsgebietes war auf Grundlage der zur Verfügung stehenden BioFlor-Daten nicht möglich. Daher gingen Arten, deren Verbreitungsgebiet sich über mehrere Florenzonen erstreckt, mehrfach in die Auswertung ein, zählten also zu jeder Florenzone, in die ihr Verbreitungsgebiet reicht. Dieser Umstand führt dazu, dass vor

allem zwischen der temperaten und meridionalen Florenzone nur eine geringe Ausdifferenzierung festzustellen ist.

Entsprechend der Hypothese liegt der D-STI bei den arktischen und borealen Florenelementen deutlich über dem E-STI ($p \leq 0,001$) (Abb. 4). Allerdings trifft dies gleichermaßen auf die meridionalen Florenelemente zu ($p \leq 0,001$), auch wenn die Unterschiede deutlich geringer ausfallen. Die Auswertung zeigt eine systematische Verschiebung des D-STI zu höheren Temperaturen im Vergleich zum E-STI über alle betrachteten Florenzonen hinweg, deren Ausmaß von den nördlichen zu den südlichen Florenzonen hin abnimmt. Die Gründe hierfür bedürfen weiterer Untersuchungen. Insgesamt zeigt der D-STI eine geringe Streuung und auch zwischen den Florenzonen variiert der Median kaum. Über alle Florenzonen hinweg sind der D-STI und E-STI mit einem Koeffizienten von 0,29 ($p \leq 0,001$) mäßig stark miteinander korreliert. Unter Berücksichtigung der Temperaturvariable „wärmster Monat“ (s. Abb. 5 A) zeigt sich außerdem, dass Deutschland arealgeografisch in den warmen Randbereichen des europäischen Verbreitungsgebiets vieler Arten liegt. Somit bildet der D-STI die klimatisch bedingten Arealgrenzen bzw. das Verbreitungsgebiet der Arten nicht ausreichend ab.

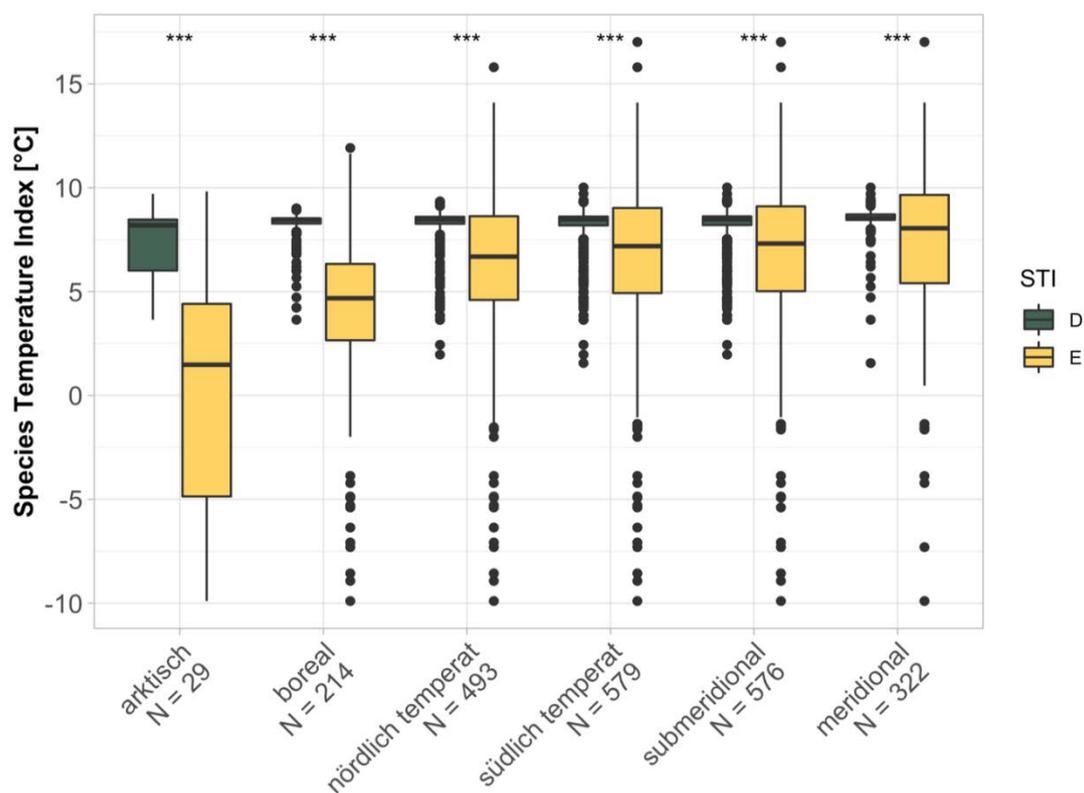


Abb. 4: Vergleich der deutschen (D) und europäischen (E) Temperaturnische (Species Temperature Index, STI) getrennt nach Florenzonen. Es wurden nur Pflanzenarten berücksichtigt, für die eine deutsche und europäische Temperaturnische berechnet werden konnte (N = 621). Arten, deren Verbreitungsgebiet sich über mehrere Florenzonen erstreckt, wurden entsprechend mehrfach zugeordnet. Vorzeichen-Rang-Test nach Wilcoxon *: $p \leq 0,05$, **: $p \leq 0,01$, *: $p \leq 0,001$.**

Die europäische Temperaturnische wurde aufgrund der oben beschriebenen Problematik beim D-STI als die geeignetere für die Berechnung des FTI ausgewählt. Der dadurch deutlich eingeschränkte Umfang berücksichtigbarer Arten (621 vs. 2.797) führte zu der Frage, ob die deutsche Temperaturnische durch einen Korrekturfaktor an die europäische Temperaturnische angeglichen werden kann und somit das gesamte Artenset von 2.797 Arten für die Berechnung des FTI berücksichtigt werden könnte. Es wurde versucht, Gesetzmäßigkeiten über Biotoptypen und Pflanzeigenschaften zu finden, aus denen ein Korrekturfaktor hätte abgeleitet werden können. Das Vorhaben wurde aufgrund der teilweise schwierigen bzw. nicht eindeutigen Zuordnung vorerst (zumindest im Rahmen des hier

vorgestellten Projekts) aufgegeben, dient jedoch als Ansatzpunkt für eine mögliche Weiterentwicklung des Indikators.

Auswahl geeigneter bioklimatischer Variablen zur Berechnung des Floristischen Temperatur-Index kurzlebiger Gefäßpflanzenarten (FTI)

Bei der Entwicklung der Berechnungsvorschrift für den FTI stellte sich die Frage, welche der möglichen Temperaturvariablen (Übersicht in O'Donnell und Ignizio 2012) am besten die Temperaturnische STI einer Art abbildet. Neben der Jahresmitteltemperatur kamen der kälteste und wärmste Monat zur Abbildung eines Temperaturgradienten sowie der Niederschlag zur Abbildung eines Feuchtgradienten in Betracht. Für alle FloraWeb Arten, für die europäische Arealdaten vorlagen, wurde der STI auf Grundlage der vier bioklimatischen Variablen berechnet. Anschließend wurden die Arten mit Hilfe einer Hauptkomponentenanalyse in ihrem klimatischen Raum dargestellt. Das Verfahren erlaubt es, die Beziehungen der betrachteten bioklimatischen Variablen zueinander zu untersuchen. Wie in dem Ordinationsdiagramm in Abbildung 5 B zu sehen, bilden die vier Variablen einen Temperatur- und Feuchtigkeitsgradienten ab. Je nach Temperatur- und Feuchtigkeitspräferenz ordnen sich die Arten im Raum an. Im unteren Teil liegen Arten mit hoher Toleranz gegenüber heißen Sommern mit wenigen Niederschlägen, im oberen Teil befinden sich Arten die auf höhere Niederschläge angewiesen sind. Im mittleren linken Teil ordnen sich Arten an, die höhere Jahresmitteltemperaturen präferieren und empfindlich auf sehr kalte Winter reagieren. Demgegenüber platzieren sich im rechten Teil Arten der kälteren Klimazone. Der Temperaturgradient (PC1, 59 % erklärte Varianz) wird durch die Jahresmitteltemperatur und den kältesten Monat repräsentiert. Beide Variablen haben eine hohe Faktorladung auf die erste Achse (Ladung = Stärke der Beziehung zwischen Variable und Achse). Die zweite Achse (PC2) erklärt weitere 34 % der Varianz und wird durch die Variablen Niederschlag und wärmster Monat geprägt. Der Niederschlag hat eine hohe positive Faktorladung und der kälteste Monat eine hohe negative Faktorladung auf die zweite Achse.

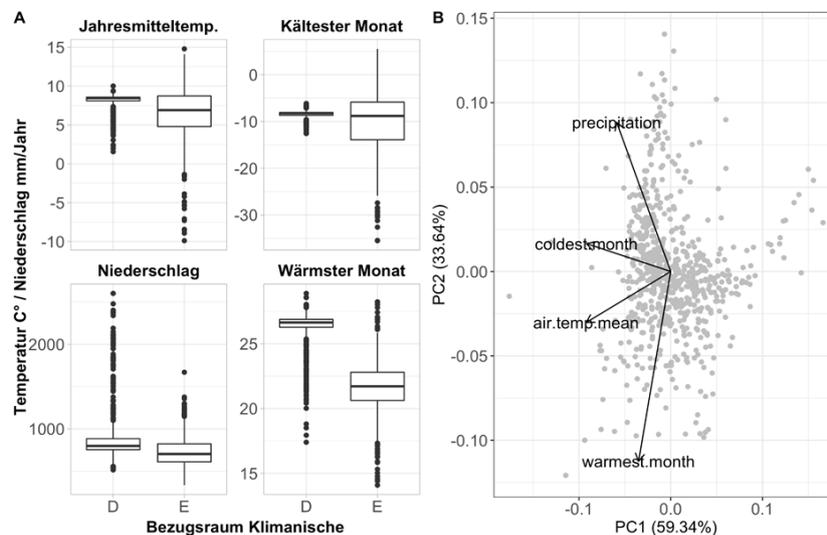


Abb. 5 A: Vergleich der berechneten deutschen (D) und europäischen (E) Klimanischen für die Variablen Jahresmitteltemperatur, wärmster Monat, kältester Monat und Niederschlag.

B: Verteilung von Gefäßpflanzenarten nach ihrer klimatischen Nische repräsentiert durch die ersten beiden PCA-Achsen. Punkte = Pflanzenarten (N = 621).

Zur Darstellung der Temperaturnische einer Pflanzenart sind demnach die Jahresmitteltemperatur und der kälteste Monat geeignet. Da beide Variablen untereinander relativ stark korreliert sind, sehen sich FTI-Trends beider Variablen ähnlich und unterscheiden sich in Ihrer Interpretation nicht voneinander. Für den finalen Indikator wurde letztendlich die leichter nachvollziehbare Jahresmitteltemperatur zur Berechnung des FTI ausgewählt.

Auswahl geeigneter Arten zur Berechnung des Floristischen Temperaturindex kurzlebiger Gefäßpflanzenarten (FTI)

Um einen möglichst klimawandelsensitiven Indikator zu finden, wurde der FTI testweise für unterschiedliche Artengruppen berechnet (s. Abb. 3). Die Artengruppen A bis D beruhen auf den ausgewählten 621 Arten, für die ein europäischer STI berechnet werden konnte (s. o.). Bei Gruppe A (N = 507) wurden die Neophyten und Bäume ausgeschlossen, bei Gruppe B (N = 542) nur die Bäume. Des Weiteren wurden zwei Artengruppen getestet, die besonders schnell auf Klimaänderungen reagieren können (Gruppe C) oder für die eine besondere Sensitivität gegenüber Klimaveränderungen angenommen wurde (Gruppe D). Gruppe C vereint die ein- bis zweijährigen Arten (N = 118), welche auch im finalen Indikator Verwendung finden. Für Gruppe D (N = 152) wurden aus Gruppe A 15 % der Arten mit höchstem und niedrigstem STI ausgewählt – also 30 % der Arten. Diese Gruppe repräsentiert die Wärme- und Kältezeiger.

Die Ergebnisse in Abbildung 6 zeigen, dass das Temperatursignal der Neophyten erstaunlich stark ausfällt (Vergleich der Gruppen A und B). Sie sind für das insgesamt höhere Niveau und den aufwärtsgerichteten Trend des FTI nach 1980 verantwortlich. Entsprechend der Annahme, dass die ein- bis zweijährigen Pflanzenarten besonders schnell auf Klimaveränderungen reagieren können, wurde für Gruppe C ein rascher und steiler Aufwärtstrend festgestellt. Die Veränderungen im FTI-Wert fallen bei dieser Gruppe besonders stark aus. Zu beachten ist allerdings, dass durch die Selektion eine relativ geringe Artenzahl in die Berechnung eingeht, was nachteilig für statistische Analysen sein kann. Ab dem Jahr 2000 sind die Funde stark rückläufig und für einige Messtischblätter liegen überhaupt noch keine Daten vor (s. Kennblatt in Teil II, Abschnitt zu den Schwächen). Die Wärme- und Kältezeiger in Gruppe D zeigen seit den 1980er Jahren lediglich einen geringen Aufwärtstrend.

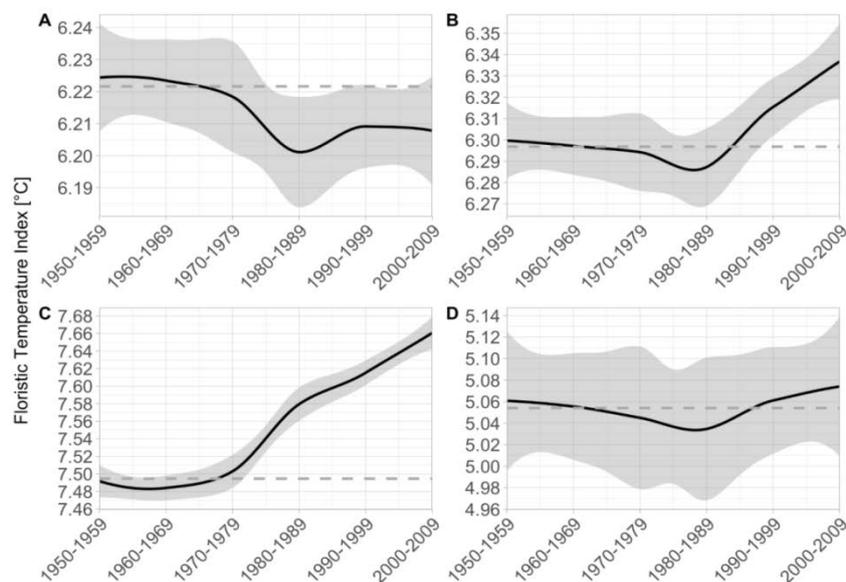


Abb. 6: Floristischer Temperaturindex kurzlebiger Gefäßpflanzenarten berechnet auf Grundlage verschiedener Artensets der 621 Arten, für die ein europäischer STI vorlag. A: ohne Bäume und Neophyten (N = 507), B: ohne Bäume (N = 542), C: ein- bis zweijährige Arten ohne Neophyten (N = 118), D: Wärme-Kältezeiger ohne Bäume und Neophyten (N = 152). Es wurden nur Messtischblätter mit einem Minimum von 25 Funden bei der Berechnung berücksichtigt. Graue Linie = Mittelwert Referenzperiode 1950-1979.

Eine ausführliche Diskussion der Vor- und Nachteile sowie der Möglichkeiten einer Weiterentwicklung des Indikators findet sich im Kennblatt zum Indikator in Teil II.

4.3 Temperaturindex der Tagfalterartengemeinschaften

Das Indikatorkonzept ist bereits auf Länderebene in Sachsen operationalisiert worden. Nach der Eignungsprüfung bleibt vor allem die Bewertung der Datenlage offen (s. Tab. 1), sie wird sich erst nach einer ersten Berechnung des Indikators in Kooperation mit der datenhaltenden Institution Tagfalter-Monitoring Deutschland (TMD) des UFZ abschließend bewerten lassen. Die Etablierung einer Kooperation zwischen BfN und TMD/UFZ ist hierfür Voraussetzung und wird weiter vorbereitet.

4.4 Veränderung der Flora auf Alpengipfeln

Die Eignungsbewertung für den Indikator-Prototypen ist durch die Verbesserung der Datenlage insgesamt positiv (s. Tab. 1). Als einziger Indikator für den alpinen Raum wäre er – vorbehaltlich einer abschließenden Bewertung nach vollständiger Berechnung – eine wichtige Ergänzung für das Fachinformationssystem des BfN. Da auf eine Datenerhebung auf dem dritten Gipfel (Graskopf) wegen der außergewöhnlichen Trockenheit im Sommer 2018 verzichtet wurde und die Digitalisierung der Daten aus der zweiten Messkampagne nur vom Nationalpark Berchtesgaden durchgeführt werden soll und frühestens im Herbst 2019 abgeschlossen sein wird, konnte der Indikator nicht innerhalb der Laufzeit des Vorhabens fertiggestellt werden.

4.5 Sicherung des länderübergreifenden Biotopverbunds

Die thematische Relevanz und politische Eignung dieses Indikator-Prototyps ist aus Sicht des Projekt-Konsortiums hoch. Der Indikator konnte vollständig operationalisiert werden, wozu im Wesentlichen die nachfolgend aufgeführten Arbeitsschritte durchgeführt wurden. Damit stand er als Ergänzung für das DAS-Indikatorenset bzw. als Ersatz für den Indikator „Gebietsschutz“ zur Verfügung und wurde für das Indikatorenset im Handlungsfeld „Biologische Vielfalt“ vorgeschlagen. Der Vorschlag wurde allerdings vom Auftraggeber (BMU) abgelehnt.

Das Kennblatt für den Indikator „Sicherung des länderübergreifenden Biotopverbunds“ und das DAS-Factsheet für den beibehaltenen Indikator „Gebietsschutz“ finden sich in Teil II dieses Berichts.

Datenplausibilisierung

Eine detaillierte Analyse der Datenlage hat gezeigt, dass die Digitalisierungen der streng geschützten Gebiete je nach Bundesland und Zeitstand teilweise stark variieren. Die Extraktionen der Veränderungen der Schutzgebietskulisse auf dem terrestrischen Bundesgebiet, die durch die Überlagerung der Shapefiles zwei aufeinanderfolgender Jahre erreicht werden, erzeugt zahlreiche kleine Einzelflächen, die keine tatsächlichen Flächenveränderungen darstellen, sondern durch Digitalisierungsabweichungen (Unterschiede/Ungenauigkeiten) entstehen.

Die Erarbeitung einer Plausibilisierungsmethode, die eine möglichst zuverlässige Extraktion tatsächlicher Flächenveränderungen zulässt, ist für die Integrität und Belastbarkeit des Indikators von entscheidender Bedeutung. Die Methode sollte dabei einfach und nachvollziehbar sein und eine möglichst umfassende Selektion der tatsächlichen Flächenveränderung zulassen. Eine eindeutige Validierung ist ohne Referenzdaten unmöglich.

Als Proxy lassen sich diese Flächen über eine Mindestflächengröße und den Shape-Index auf Plausibilität prüfen. Der Shape-Index eines Kreises beträgt 1. Je höher der Index, umso stärker ist die Abweichung vom Kreis. Bei einem Schwellenwert von ca. 5 erfasst man hauptsächlich sehr langegezogene, linienförmige Strukturen, die typisch sind für Digitalisierungsunterschiede. Trotzdem verbleiben zahlreiche nicht plausible Flächen unterhalb des Schwellenwertes, wenn Verdachtsflächen mit

anderen, benachbarten Flächen verbunden oder komplexe Strukturen (z. B. innerhalb von konkaven Umrisssegmenten) vorhanden sind.

Daher wurde weiterhin getestet, inwiefern eine Plausibilisierung über eine Mindestflächengröße und das Flächen-Umfang-Verhältnis möglich ist. Die Überlegung der Berücksichtigung des Verhältnisses von Umfang (Shape-Lenght) und Flächengröße (Shape Area) beruht auf der Tatsache, dass es sich bei den auf Digitalisierungsunterschiede und –abweichungen zurückzuführenden, nicht realen Flächenveränderungen um überwiegend langgestreckte, linienförmige Strukturen handelt. Dementsprechend verfügen diese Flächen über einen großen Umfang bei vergleichsweise kleiner Flächengröße (s. Abb. 7).

Eine Überprüfung der Selektionsergebnisse (Stichproben) zeigte die besten Ergebnisse bei der Berücksichtigung von Flächen, die mindestens 5x (Methode V_5) bzw. 10x (Methode V_10) so groß (Flächengröße in m²) sind, wie ihr Umfang (Länge in m). Die so selektierten Flächen werden als tatsächliche Flächenveränderung angenommen (s. Abb. 8 und 9).

Beruhend auf stichprobenartig durchgeführten Einschätzungen wurde eine Plausibilisierung der Flächenveränderungen über eine Mindestgröße von 200 m² und ein Mindestverhältnis von Flächengröße zu Umfang von 10:1 als am besten geeignet identifiziert, um möglichst nur reale Veränderungen zu erfassen.

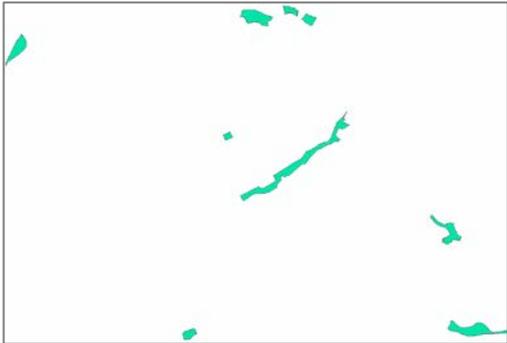
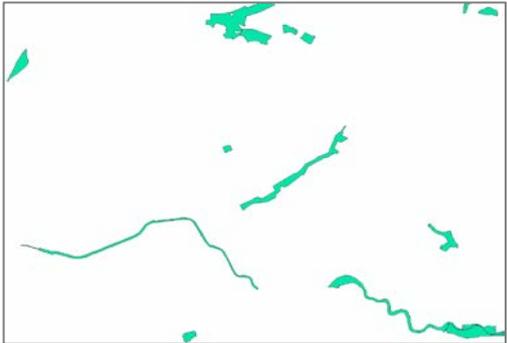
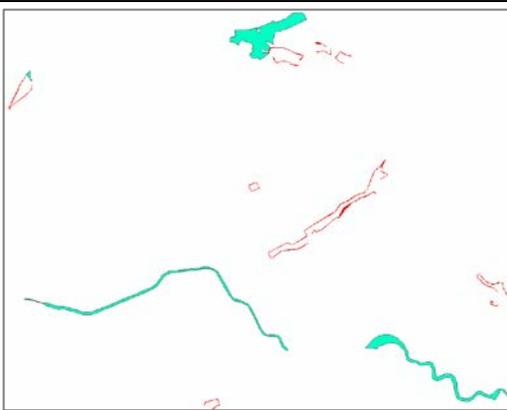
Bildliche Veranschaulichung	Erläuterung
 <p data-bbox="209 613 323 645">NSG 2010</p>	<p data-bbox="817 257 1394 320">Ausgangszustand sind die 2010 von den Ländern gemeldeten Naturschutzgebiete.</p>
 <p data-bbox="209 1016 323 1048">NSG 2011</p>	<p data-bbox="817 660 1394 889">Die Naturschutzgebietsfläche von 2011 hat im gezeigten Ausschnitt zugenommen. Es handelt sich dabei sowohl um Erweiterungen bestehender Schutzgebiete (s. oberer Bildrand), als auch um neue (schmale) Schutzgebiete (s. unten im Bild), bei denen es sich offensichtlich Fließgewässer bzw. deren Begleitstrukturen handelt.</p>
 <p data-bbox="209 1426 467 1458">Symmetrische Differenz</p>	<p data-bbox="817 1064 1410 1359">Die Flächenunterschiede zwischen den beiden Vergleichsjahren werden durch die Bildung der Symmetrischen Differenz ermittelt. Flächig treten dabei die tatsächlichen Abweichungen (i.d.F. Zunahmen) der Schutzgebietsfläche in Erscheinung. Die auf Digitalisierungsabweichungen zurückzuführenden vermeintlichen „Flächenveränderungen“ treten als schmale dünne Linienstrukturen um bestehende (flächenidentische) Schutzgebiete in Erscheinung.</p>
 <p data-bbox="209 1890 743 1921">Artefakte und tatsächliche Flächenveränderungen</p>	<p data-bbox="817 1467 1410 1601">Die Unterscheidung artefakter und tatsächlicher Flächenveränderungen gelingt durch die Selektion der Flächen, deren Flächengröße mindestens 5 bzw. 10mal so groß ist, wie deren Flächenumfang.</p> <p data-bbox="817 1610 1410 1704">Die realen Flächenveränderungen (türkis) werden (relativ) zuverlässig erkannt, herausgefiltert und für die Berechnung des Indikatorwerts verwendet.</p> <p data-bbox="817 1713 1410 1910">Eine 100% valide Unterscheidung ist jedoch auch mit dieser Methode nicht möglich. Restunsicherheiten bzgl. der Unterscheidung der Flächen bleiben bestehen, insofern keine unverhältnismäßig aufwendige manuelle Bearbeitung und Überprüfung jeder einzelnen „Verdachtsfläche“ vorgenommen wird.</p>

Abb. 7: Reale und artefakte Flächenveränderungen der terrestrischen Schutzgebietsfläche

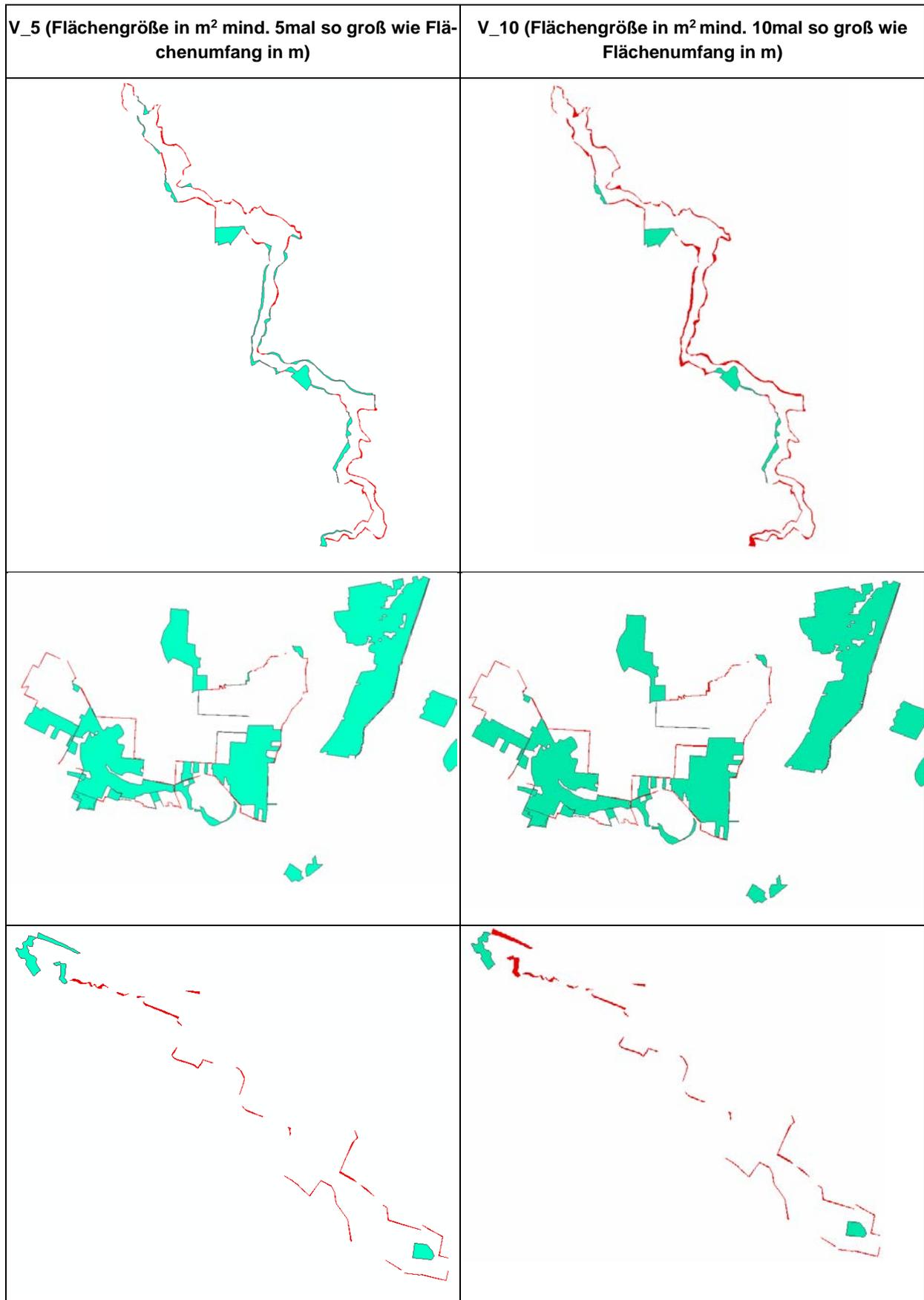


Abb. 8: Selektionsunterschiede bei Anwendung der Methoden V_5 und V_10

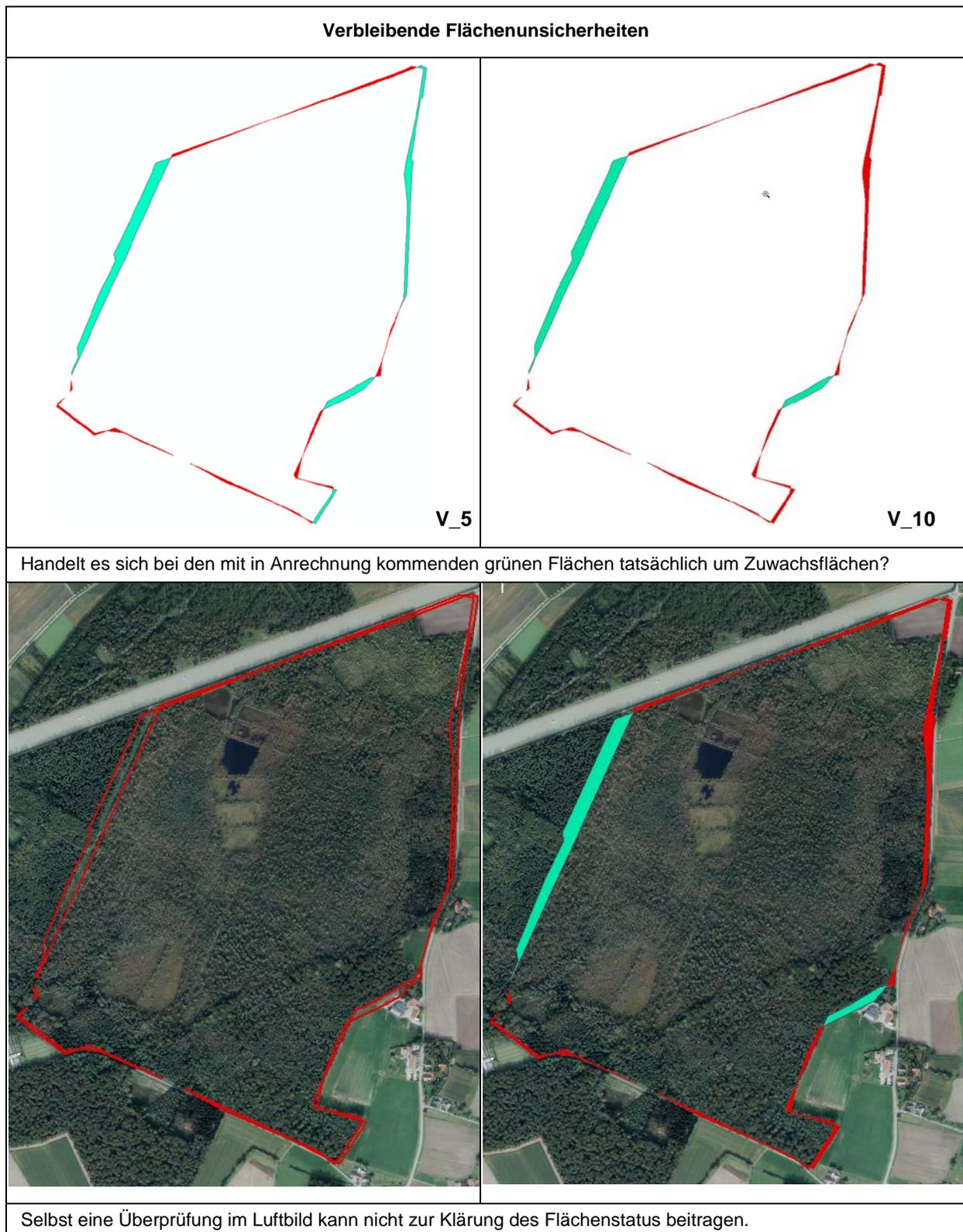


Abb. 9: Verbleibende Flächenunsicherheiten bei Anwendung der Methoden V_5 und V_10

Schutzgebietskategorien

Der Indikator erfordert eine fachlich begründete Festlegung, welche Schutzgebietskategorien bei der Berechnung Berücksichtigung finden sollen. Um tatsächlich zu einer Sicherung des

länderübergreifenden Biotopverbunds beitragen zu können, muss es sich hierbei um streng geschützte Gebiete handeln. Diese umfassen – wie auch beim Indikator „Gebietsschutz“ definiert – Naturschutzgebiete (NSG) und Nationalparke (NP), die gemäß § 23 bzw. § 24 Abs. 1 BNatSchG rechtlich gesichert sind. Weiterhin wurden auch Kern- und Pflegezonen von Biosphärenreservaten als zu berücksichtigende Gebiete für den Indikator festgelegt, da ihr Schutzstatus mit denen von NSG und NP vergleichbar ist. Aus den Kriterien des deutschen MAB-Nationalkomitees für die Anerkennung und Überprüfung von Biosphärenreservaten in Deutschland geht hervor, dass sowohl die Kern- als auch die Pflegezonen „als Nationalpark oder Naturschutzgebiet oder auf andere Weise gleichwertig rechtlich“ zu sichern sind (BMU 2018).

Diese Fassung des Begriffs streng geschützter Gebiete deckt sich mit dem Verständnis, das in Konzepten des Bundes verwendet und auch von den Ländern mitgetragen wird.

4.6 Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität

Die Operationalisierung des Indikators „Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität“ baute auf den Ergebnissen des Vorgängervorhabens auf (s. entsprechendes Kennblatt in Schliep et al. 2017). Zu Beginn der Arbeiten wurden die damals ausgewählten einzelnen Kenngrößen einer kritischen Analyse unterzogen und teilweise verändert, sodass der Indikator „Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität“ nun aus vier Teilindikatoren berechnet wird. Die Teilindikatoren „Vielfalt der Nutzungs- und Bodenbedeckungsklassen“, „Anteil naturnaher wenig kulturbeeinflusster Flächen“ sowie „Kleinräumige Vernetzung der Elemente“ und „Randliniendichte gewässerbetonter und gehölzdominierter Lebensräume“ werden mithilfe eines Bewertungsschemas zusammengeführt, aus dem sich eine 5-stufige Bewertung des Indikators ergibt. Die Berechnung erfolgt bundesweit auf der Ebene der Landkreise. Nachfolgend wird der abschließende Stand der Arbeiten zu den untersuchten Teilindikatoren dargestellt.

A. Teilindikator „Vielfalt der Nutzungs- und Bodenbedeckungsklassen“

Die Ermittlung der Vielfalt von Nutzungen bzw. Bodenbedeckungen erfolgt mittels des Shannon Diversity Index (SHDI). Als Datengrundlage werden flächenhafte Landschaftselemente und ausgewählte lineare Elementgruppen aus dem Basis-ATKIS (Verkehr, Fließgewässer) herangezogen. Dabei kann auf dem Flächenschema des IÖR-Monitors (Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung) aufgebaut werden. Zur Berechnung der Shannon-Diversität wird das Flächenschema um lineare Verbindungselemente (Hecken, Baumreihen) aus dem Basis-ATKIS 2013 erweitert. Die hierfür notwendige Datenaufbereitung erfolgt bundesländerweise und überwiegend automatisiert.

Nach Prüfung verschiedener Gruppierungsvarianten wurde die Klassifizierung der Landbedeckung durch die Einteilung in 21 Klassen festgelegt:

- **Baulich geprägte Siedlungs- und Verkehrsflächen, zusammengefasst aus:** Straßenverkehrsflächen, Schienenverkehrsflächen, Flugverkehrsflächen, Verkehrsbegleitfläche, Hauptwirtschaftswege, Wohnbau, Mischnutzung, Flächen mit besonderer funktionaler Prägung, Industrie und Gewerbe
- **Siedlungsfreifläche, zusammengefasst aus:** Park/Grünanlage, Kleingarten, Wochenendsiedlung, Golfplatz, sonstige Sport-, Freizeit- und Erholungsflächen, Friedhof, sonstige Siedlungsfreifläche
- **Weitere Klassen, jeweils einzeln betrachtet:** Ackerland; Grünland; Streuobst; Weinbau; sonstige Landwirtschaftsfläche; Gartenland; Gehölz; Laubholz; Nadelholz; Mischholz; Obstbau; Heide; Moor; Sumpf; Abbau- und Haldefläche; Unland/vegetationslose Fläche; Fließgewässer; stehendes Gewässer inkl. Hafenbecken; Meer/Bodden.

Der SHDI ist ein auf der Informationstheorie beruhender Index zur Darstellung von Vielfalt bzw. Heterogenität. Neben dem Simpson's Diversitätsindex und einigen anderen gehört er in der Ökologie zu den am häufigsten verwendeten Indizes zur Beschreibung von Vielfalt (Colwell 2009). Neben dem Reichtum (Anzahl einer Art bzw. Flächeninhalt einer Nutzungsklasse) wird auch die Verteilung (Anteil an der Gesamtheit) in die Berechnung einbezogen.

Der SHDI strebt gegen Null, wenn nur eine Nutzungsklasse vorliegt, es also keine Diversität gibt oder andererseits bei mehreren Nutzungsklassen ein deutlich dominanter Klassentyp vorherrscht. Die Werte steigen mit zunehmender Klassenzahl und/oder mit zunehmender Gleichverteilung der Flächenanteile der Klassen.

Für jede Anzahl an Nutzungsklassen gibt es bei einer gleichmäßigen Verteilung der Flächenanteile dieser Klassen genau eine höchstmögliche Shannon-Diversität. Im vorliegenden Datensatz variiert die Klassenanzahl von 11 bis 21 Klassen pro Landkreis. Die Werte für den SHDI reichen von 1,07 bis 2,29. Theoretisch erreichbar wäre 3,04 bei 21 Klassen mit gleichen Flächenanteilen.

Die Ergebnisse des Teilindikators werden in 5 Bewertungsintervalle sehr gering – gering – mittel – hoch – sehr hoch eingeteilt.

B. Teilindikator „Anteil wenig kulturbeeinflusster Flächen“

Dieser Teilindikator bildet den prozentualen Flächenanteil von Landnutzungen mit den Hemerobie-Stufen „ahemerob“ bis „mesohemerob“ (nicht bis mäßig kulturbeeinflusst) für jeden Landkreis ab. Der Indikator ist bereits im IÖR-Flächennutzungsmonitor als Indikator „Anteil naturbetonter Flächen an der Gebietsfläche“ umgesetzt und kann von dort übernommen werden (s. a. Walz und Stein 2014). Der Anteil naturnaher Elemente reicht in den Landkreisen von 3 % bis 80 %. Es gibt 5 Stufen der Bewertung, die ebenfalls wie bei der Shannon-Diversität von sehr gering bis sehr hoch reichen.

Die vom IÖR verwendete Datengrundlage umfasst Angaben zur Bodenbedeckung bzw. Flächennutzung aus dem Landbedeckungsmodell Deutschland (LBM-DE). Das Straßen-, Wege- und Schienennetz sowie die linienhaften Gewässer werden zusätzlich aus dem ATKIS-Basis-DLM abgeleitet und mit dem LBM-DE verschnitten. Für die Pufferung der im ATKIS-Basis-DLM linienförmig vorliegenden Objekte wurden die dort enthaltenen Breitenangaben genutzt. Baumreihen, Hecken und Punktobjekte (z. B. Quellen und landschaftsprägende Einzelbäume) werden bisher nicht berücksichtigt, da hier nur große naturbetonte Flächen zu berücksichtigen sind. Zur Klassifikation von Wäldern und vegetationslosen Flächen nach ihrer Hemerobie ist zusätzlich eine Verschneidung mit den Daten zur potenziellen natürlichen Vegetation (pnV) notwendig. Hierfür wurde die bundesweit vorliegende Karte der pnV im Maßstab 1 : 500.000 genutzt. Für die Analyse wird eine semantische Generalisierung mit den im Basis-DLM vorhandenen Landnutzungstypen Nadel- und Mischwald sowie natürlich waldfreien Standorten durchgeführt. Schneiden diese Flächen die jeweilige passende pnV-Einheit, wird diese als standortgerecht und damit weniger kulturbeeinflusst klassifiziert. Weil Laubwald überwiegend der pnV in Deutschland entspricht, erfolgt dafür kein separater Abgleich (nach IÖR-Monitor: Indikatorkennblatt Anteil naturbetonter Flächen an Gebietsfläche – Methodik, s. a. Walz und Stein 2014, Stein und Walz 2012).

C. Teilindikator „Kleinräumige Vernetzung der Elemente“

Um die kleinräumige Vernetzung zu beurteilen, wird der Connectivity-IND2-Index berechnet (s. a. Deslauriers et al. 2018, Chan et al. 2014). Hierfür wird die gleiche Datengrundlage wie für den Teilindikator „Vielfalt der Nutzungs- und Bodenbedeckungsklassen“ verwendet. Für die Berechnung dieses Teilindikators wurde ein Skript programmiert, das die Berechnung für beliebige Raumeinheiten automatisiert.

Die Berechnung erfolgt für die gehölzgeprägten Landbedeckungsklassen Laubwald, Nadelwald und Mischwald, Gehölz sowie Hecken und Baumreihen, bei einer Puffereinstellung von 50 m (entspricht

einer Entfernung von max. 100 m zwischen einzelnen Landschaftselementen). Berühren sich die Puffer, gelten die Elemente bzw. Patches als verbunden. Für verbundene Elemente werden die Flächen aufsummiert und anschließend quadriert. Werden diese Elemente jedoch durch eine Barriere (bspw. Bundesautobahn, Bundesstraße oder Landstraße aus ATKIS) und/oder eine Siedlung (Ortslage aus ATKIS) voneinander getrennt, fließen die Elemente einzeln und nicht gruppiert in die Berechnung ein. Alle verbundenen und nicht verbundenen quadrierten Flächen werden summiert und anschließenden durch die Fläche der Gebietseinheit (Landkreis etc.) geteilt. Die Wertespanne reicht in den Landkreisen von 0 ha bis 6.350 ha. Die Einteilung der Bewertung erfolgt ebenfalls in einer 5-stufigen Werteskala.

D. Teilindikator „Randliniendichte gewässerbetonter und gehölzdominierter Lebensräume“

Dieser Index wird mit Hilfe der schon vom IÖR-Monitor berechneten Indizes „Gehölzdominierte Ökotondichte“ und „Gewässerranddichte“ umgesetzt (s. a. Walz 2015).

Hierbei werden die pro Landkreis errechneten Längenmaße des Index „Gehölzdominierte Ökotondichte“ mit denen des Indexes „Gewässerranddichte“ summiert.

Der vom IÖR-Monitor berechnete Index „Gehölzdominierte Ökotondichte“ entspricht dem Quotienten aus der gesamten Randlinienlänge von Gehölz- und Waldrändern, Baumreihen und Hecken einerseits und der Gebietsfläche (aus dem ATKIS-Basis-DLM abgeleitete Fläche der Gebietseinheit der entsprechenden Bezugsebene) andererseits. Es werden die Längen der im Basis-DLM dargestellten äußeren Ränder von Waldflächen und Gehölzen sowie der linienhaft erfassten Baumreihen, Hecken und Gehölze in der Gebietseinheit aufsummiert. Dabei werden Waldränder an durchquerenden Straßen, Bahnlinien oder Gewässern nur dann berücksichtigt, wenn diese Objekte als Flächen im Basis-DLM enthalten sind. Linien direkt aneinandergrenzender Waldflächen bzw. Gehölze gehen nicht in die Berechnung ein (nach IÖR-Monitor: Indikatorkennblatt gehölzdominierte Ökotondichte – Methodik).

Der Index „Gewässerranddichte“ entspricht dem Quotienten aus der gesamten Randlinienlänge von Still- und Fließgewässern einerseits und der Gebietsfläche (Verwaltungsgeometrie 1 : 25.000) andererseits. Es werden die Längen der im Basis-DLM dargestellten äußeren Ränder aller stehenden Gewässer und von Fließgewässern mit einer Breite über 3 m sowie die Länge aller linienhaften Gewässer unter 3 m Breite erfasst. Für eine Gewässerbreite über 6 m werden zwei Randlinien in die Berechnung einbezogen, für Gewässerbreiten unter 3 m nur eine einfache Linie. Durch Verschneidung von Gewässern mit administrativen Grenzen modellierte und physisch nicht vorhandene Ränder gehen durch die Anwendung der ArcGIS Funktion "Erase" nicht in den Ergebniswert ein (s. a. IÖR-Monitor: Indikatorkennblatt Gewässerranddichte – Methodik).

Tab. 4: Bewertungsmatrix der Teilindikatoren, Indikator „Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität“.

Punkte	Vielfalt der Nutzungs- und Bodenbedeckungsklassen (ohne Dimension)	Anteil wenig kulturbeeinflusster Flächen (in %)	Kleinräumige Vernetzung der Elemente (in ha)	Randliniendichte gewässerbetonter und gehölzdominierter Lebensräume (in m/ha)
1	1,00 – 1,31	0 – 20	0 – 400	0 – 25
2	1,31 – 1,56	20 – 40	400 – 800	25 – 50
3	1,56 – 1,80	40 – 60	800 – 1200	50 – 75
4	1,80 – 2,04	60 – 80	1200 – 1600	75 – 100
5	2,04 – 2,29	80 – 100	> 1600	100 – 125

Verknüpfung der vier Teilindikatoren

Zur Berechnung des Indikators „Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität“ werden die vier Teilindikatoren über ein Bewertungsschema miteinander verknüpft. Für die erreichten Bewertungsebenen der einzelnen Teilindikatoren werden Punkte von 1 bis 5 vergeben, sehr gering entspricht 1 Punkt, sehr hoch entspricht 5 Punkten (Tab. 4). Anschließend werden die Punkte aller Teilindikatoren aufsummiert und ergeben die Bewertung der Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität (Tab. 5).

Tab. 5: Bewertungsstufen des Indikators „Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität“.

Punkte	Bewertung der Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität
4 bis 7	sehr gering
8 bis 10	gering
11 bis 13	mittel
14 bis 16	hoch
17 bis 20	sehr hoch

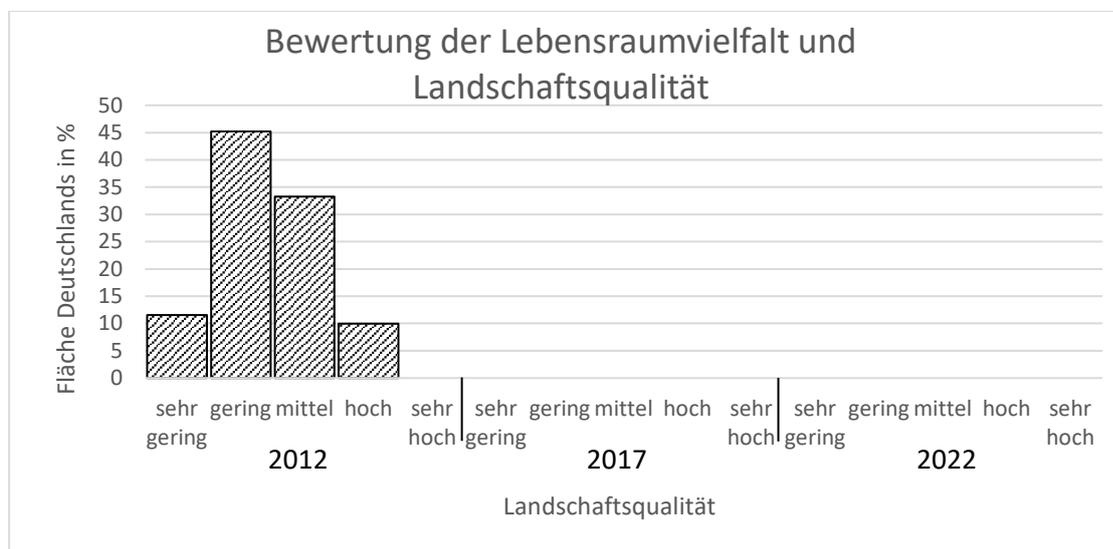


Abb. 10: Darstellung der 5-stufigen Bewertung der Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität der Landkreise Deutschlands. Die Teilindikatoren wurden 5-stufig bewertet, die Zusammenführung und Endbewertung der erreichten Punkte erfolgte ebenfalls 5-stufig.

Die Ergebnisse des Indikators „Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität“ erstrecken sich in den Landkreisen über einen Wertebereich von 5 bis 16 Punkten. Die höchstmögliche Klasse „sehr hoch“ – 17 bis 20 Punkte ist nicht vertreten. Rund 57 % der Fläche der Landkreise Deutschlands wird mit „gering“ oder „sehr gering“ bewertet (Abb. 10). Die restlichen 43 % der Fläche der Landkreise besitzen mindestens mittlere Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität (Abb. 11).

Potenzial für weitere Arbeiten am Indikator

Die Arbeiten am Indikator wurden aufgrund verschiedener Probleme während der Entwicklung in diesem Projekt bisher nur vorläufig abgeschlossen. Schwierigkeiten ergaben sich insbesondere durch die benötigte sehr hohe Rechnerleistung für Datensätze in Bundeslandgröße bzw. gar bundesweite Analysen. In die Berechnungen wurden sehr kleinräumige Landschaftselemente wie Hecken, Baumreihen und Wege einbezogen, was zu einem sehr komplexen und großen Geodatensatz führte. Zusätzlich kam es durch Fehler in den Grunddaten ATKIS und LBM-DE oder durch topologische Fehler zu Abbrüchen der Berechnungen.

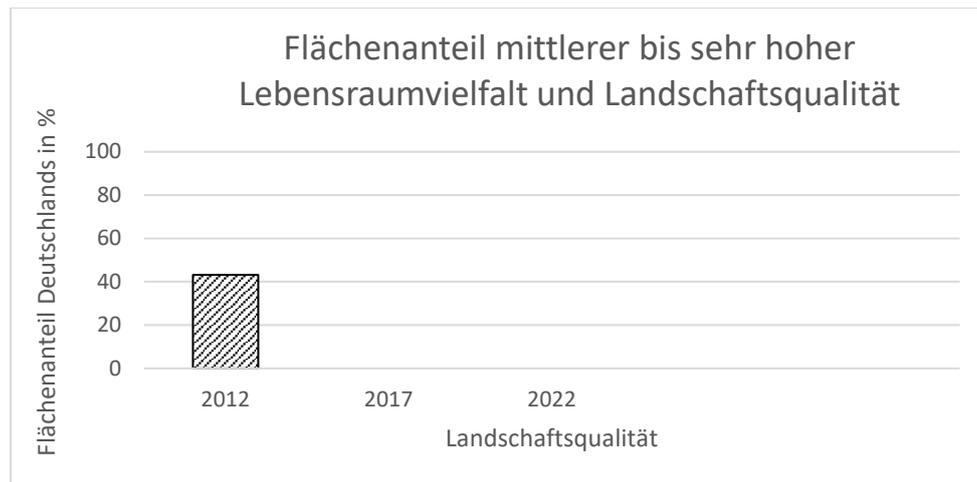


Abb. 11: Darstellung des prozentualen Anteils der drei höchsten Bewertungsstufen an der Fläche der Landkreise Deutschlands (mittel, hoch, sehr hoch der 5-stufigen Bewertung, wobei sehr hoch bisher nicht besetzt ist).

Das Flächenschema des IÖR-Monitors (Kombination aus Basis-DLM und LBM), das als Datengrundlage verwendet wurde, liegt als deutschlandweiter Vektordatensatz vor. Dieser wurde noch um gepufferte lineare Vegetationselemente aus dem Basis-DLM erweitert. Berechnungen waren aufgrund der Größe des deutschlandweiten Datensatzes und Hardware-Grenzen nicht möglich. Daher erfolgte eine Unterteilung in Bundesländer. Für die Bundesländer wurden mithilfe des durch eigene Programmierungen erweiterten Tools ZonalMetrics (Adamczyk und Tiede 2017) die Berechnungen auf Landkreisebene durchgeführt. Für große Bundesländer wie Bayern musste eine weitere räumliche Unterteilung vorgenommen werden.

Bei einer Weiterentwicklung des Indikator-Prototyps sind folgende Ansatzpunkte denkbar bzw. wünschenswert:

- Die Berechnung der Teilindikatoren erfolgte hier auf Ebene der Landkreise als Bezugseinheiten. Eine Berechnung auf der Grundlage von regelmäßigen Gitterzellen des INSPIRE-Grids (z. B. 10 x 10 km²) würde die Fläche der Bezugseinheit konstant halten. Die räumliche Vergleichbarkeit wäre damit besser gewährleistet.

Aufgrund des Abschlusses des Projektes konnten die Datengrundlagen nicht mehr auf Gitterzellenbasis transformiert werden. Für eine mögliche Neuberechnung sollten die Datengrundlagen durch 10-km²-INSPIRE-Gitterzellen eingeteilt werden. Anschließend wäre es möglich, die Shannon-Diversität der Gitterzellen mithilfe des ZonalMetrics-Tools zu berechnen. Dieses Tool wurde um ein Skript erweitert, welches es ebenfalls ermöglicht, den Teilindikator „Kleinräumige Vernetzung der Elemente“ durch den Connectivity-Index zu berechnen. Auch diese Berechnung kann für die Gitterzellen erneut durchgeführt werden. Der vom IÖR-Monitor übernommene Indikator „Anteile naturnaher Elemente“ existiert im 10-km²-INSPIRE-Grid-Format und kann somit weiterhin verwendet werden. Dies trifft auch für den summierten Teilindikator „Randliniendichte gewässerbetonter und gehölzdominierter Lebensräume“ (bestehend aus IÖR-Monitor Indikator „Gehölzdominierte Ökotondichte“ und „Gewässerranddichte“) zu.
- Die Verknüpfung der Teilindikatoren kann weiter diskutiert und validiert werden. Bisher fließen alle Teilindikatoren gleichwertig in das Bewertungsschema ein. Das heißt, die Vielfalt der Lebensräume ist gleichwertig mit den Anteilen an naturnahen Elementen oder dem Vernetztheitsgrad. Diese Gleichwertigkeit ist eine Annahme, die ggf. zu überprüfen ist. Zu prüfen wäre in diesem Zusammenhang weiterhin, ob unabhängig von der Gesamtpunktzahl für einzelne Teilindikatoren Mindestanforderungen erfüllt sein müssen, damit der Gesamtindikator in eine bestimmte Bewertungsstufe eingeordnet werden kann. Auch die gesetzten Klassengrenzen könnten

noch diskutiert werden. Hilfsweise könnten dazu kleine Ausschnitte aus unterschiedlichen Landschaften/Naturräumen genauer hinsichtlich der auftretenden Werte untersucht und miteinander verglichen werden.

- Im Zuge einer Weiterentwicklung sollte geprüft werden, ob ggf. auf Basis einer naturräumlichen Untergliederung Deutschlands sowie unter Betrachtung der unterschiedlichen landschaftlichen Voraussetzungen regionalisiert wünschenswerte Zustände in Hinblick auf die Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität definiert werden können. Hierfür müssten die Teilindikatoren in regional angepasster und differenzierter Weise gewichtet und bewertet werden.
- Der Indikator-Prototyp sollte weiterhin für einen oder mehrere weitere Zeitschnitte berechnet werden, um Trends aufzeigen zu können.

5 Fortschreibung der Indikatoren für das Handlungsfeld „Biologische Vielfalt“ der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel

Der Arbeitsschritt beinhaltete die Erhebung der seit dem letzten Erhebungszeitpunkt neu vorliegenden Daten einschließlich ggf. rückwirkend zu korrigierender Daten (bis 31.12.2017 vorliegende Daten), die Aktualisierung der Zeitreihen und graphische Darstellung sowie, falls erforderlich, eine Modifizierung der Bewertung der zeitlichen Entwicklung des Indikandums.

Im Einzelnen wurden je Indikator folgende Arbeiten geleistet:

- Abfrage aktueller Daten bei den zuständigen Einrichtungen, Dokumentation dieser Abfragen,
- Aufbereitung der Daten und Berechnung der Datenpunkte gemäß den in Schliep et al. (2017) festgelegten Vorschriften zur Konstruktion und Berechnung des Indikators,
- Zusammenstellung einer konsolidierten Datenreihe, welche – wenn möglich – jährlich aktualisierte Datenpunkte aufweist und – wenn möglich – mindestens zehn Jahre vor den letzten berichteten Datenpunkt zurückreicht,
- Darstellung der Datenreihe des Indikators in Form einer Tabelle und einer anschaulichen Graphik,
- Berechnungen zu Status und Trend des Indikators mittels statistischer Verfahren,
- Formulierung der Aussagen des Indikators, fachliche Interpretation der Aussagen und Ausarbeitung von Empfehlungen in Hinblick auf die Politikberatung, Zusammenstellung dieser Texte in einem Bericht von ca. zwei Seiten Umfang für jeden Indikator,
- Darlegung verbleibender Defizite und Vorschläge zur künftigen Verbesserung des Indikators.

Im Kapitel 5.1 werden die geleisteten Arbeiten für jeden Indikator-Prototypen kurz zusammengefasst.

Als Ergebnisse wurden dem BfN fristgerecht vorgelegt:

- Darstellung der Ergebnisse der Fortschreibung sowie ggf. besonderer Auffälligkeiten (z. B. hinsichtlich veränderter Datenverfügbarkeit und -qualität) und deren Auswirkungen auf die Aussagekraft des Indikators sowie zukünftiger Fortschreibungen in Berichtsform,
- aktualisierte Indikatoren-Factsheets nach den Vorgaben des UBA für die DAS-Indikatoren,
- vollständige bis 31.12.2017 (Vorgabe UBA) fortgeschriebene Datenreihen,
- Textentwurf zur Darstellung des Indikators im Kapitel „Biologische Vielfalt“ für den Monitoringbericht 2019.

Die fortgeschriebenen Indikator-Factsheets zu jedem Indikator sind in Kapitel 7 dokumentiert und der DAS-Kapitelentwurf im Anhang A zu diesem Bericht.

5.1 Phänologische Veränderungen bei Wildpflanzenarten

Die graphische Darstellung für diesen Indikator wurde auf Anregung des UBA verändert. Neben Beginn (Eintrittsdatum) und Dauer zehn phänologischer Jahreszeiten für einen 30-jährigen Referenzzeitraum (1951-1980) und einen fortlaufenden Zeitraum der jeweils letzten verfügbaren 30 Jahre wurde zusätzlich ein 30-jähriger Vergleichszeitraum (1981-2010) aufgenommen, wobei sich Vergleichszeitraum und aktueller Zeitraum derzeit 23 Jahre überlappen. Die Überlappung zwischen Vergleichszeitraum und aktuellem Zeitraum wird in Zukunft kleiner werden.

Bei der Überprüfung der Datengrundlagen stellte sich heraus, dass die bisher vom Deutschen Wetterdienst (DWD) berechneten Jahresmittelwerte für die phänologischen Daten nicht mehr zur Verfügung gestellt werden. Es müssen nunmehr die Originaldaten heruntergeladen und verarbeitet werden. Im Zuge dessen haben sich diverse Problemstellungen ergeben, die im Folgenden dargestellt werden.

5.1.1 Verwendung von Jahresmelder- und Sofortmelder-Daten

In der Indikatordefinition ist davon die Rede, dass die phänologischen Daten sowohl Jahresmelder- als auch Sofortmelder-Daten umfassen. Der DWD hat auf Nachfrage jedoch darauf hingewiesen, dass diese Daten nicht gemischt ausgewertet werden sollten, „da es doch relevante Unterschiede bei der Datenerhebung gibt“. So heißt es zum Beispiel in den Beobachtungsrichtlinien, dass bei der Sofortmeldung die Gesamtheit der Pflanzen/Kulturen im Beobachtungsgebiet und nicht nur ein Objekt, wie bei der Jahresmeldung, beobachtet werden soll. Außerdem wird das Eintrittsdatum der frühesten Phase im Beobachtungsgebiet gemeldet. Es wird explizit darauf hingewiesen, dass die Daten der Sofortmeldung nicht mit den Daten der Jahresmeldung übereinstimmen müssen, sondern dass Abweichungen zu erwarten sind.

Bei Verwendung von Jahresmelder- und Sofortmelder-Daten kann es passieren, dass von einer Klimastation in einem Jahr zwei Werte in die Auswertungen eingehen. Somit würden bei Verwendung beider Datenquellen diese Klimastationen doppelt gewichtet werden.

Schließlich ist noch zu beachten, dass es für manche Phasen (Buschwindröschen – Blüte, Eberesche – Frucht, Hängebirke – Blattverfärbung, Stieleiche – Blatentfaltung) gar keine Sofortmelder-Daten gibt.

Aus diesen Gründen wurde getestet, ob bei der Indikatorberechnung zukünftig auf die Sofortmelder-Daten verzichtet werden sollte. Um die Auswirkungen dieser Vorgehensweise abschätzen zu können, wurden die letzten Berechnungen des Indikators (berechnet mit Sofortmelder-Daten) mit den aktuellen Berechnungen (ohne Sofortmelder-Daten) verglichen. Als Ergebnis kann man festhalten, dass sich in den meisten Fällen nur Abweichungen von einem Tag ergeben, in seltenen Fällen auch von mehreren Tagen.

Fazit: Da es fachlich unzulässig ist, Sofortmelder- und Jahresmelder-Daten miteinander zu mischen und die Abweichungen zwischen den Berechnungen in den meisten Fällen relativ gering sind, werden zukünftig nur die Jahresmelder-Daten verwendet. Dies wird in der Indikatorbeschreibung entsprechend dargestellt.

5.1.2 Datenlücken und Extrapolation

Eine Besonderheit liegt bei den phänologischen Phasen „Spätherbst“ (Rotbuche - Beginn Blattfall und „Winter“ (Stieleiche - Beginn Blattfall) vor. Hier hat sich gezeigt, dass in den Originaldaten für den Zeitraum von 1961 bis 1990 fast keine Meldungen vorliegen. Aus diesem Grund wurden diese Werte für den Zeitraum 1951-1990 vom DWD extrapoliert.

Hier ist allerdings unklar, wer diese Extrapolation vorgenommen hat und wie sie durchgeführt wurde.

Fazit: Datenbasis für die Berechnung der Jahresmittelwerte sollten die Jahresmelder-Daten sein. Ggf. müssten die Jahresmittelwerte auf Basis der Jahresmelder-Daten neu berechnet werden.

5.1.3 Wirkung von „Ausreißern“ in den Daten

In den Originaldaten der zehn auszuwertenden phänologischen Phasen fällt auf, dass es immer wieder Ausreißer gibt. In vielen Fällen ist ein Eingabefehler wahrscheinlicher als das der Beginn der jeweiligen phänologischen Phase zu dem genannten Zeitpunkt. Andererseits ist es schwierig zu bestimmen, welche Daten realistisch sind und welche verworfen werden sollten.

Ein Test wurde am Beispiel der Blüte des Huflattichs vorgenommen. Bei 140.221 Angaben mit einem Mittelwert von 80,74 und einer Standardabweichung von 16,62 wurden die Auswertungen testweise nur mit den Daten durchgeführt, welche in einem Wertebereich der doppelten Standardabweichung ($2 \times 16,62 = 33,04$) oberhalb und unterhalb des Mittelwertes liegen. Konkret heißt das, es wurden für die Blüte des Huflattichs (Mittelwert 22. März) nur Angaben akzeptiert, die zwischen dem 17. Februar und dem 24. April liegen. Dadurch wurde die Anzahl der verwendeten Werte um 5.698 Werte (rund 4 % aller Werte) reduziert. Der Mittelwert bleibt dabei mit 80,94 fast gleich, die Standardabweichung sinkt auf 14,65.

Die Mittelwerte mit Filter (+/- doppelte Standardabweichung) und ohne Filter (Originaldaten) wurden tabellarisch miteinander verglichen. Bei den 30-Jahreszeiträumen ergeben sich bei knapp einem Drittel der Zeiträume Abweichungen um einen Tag, einmal um zwei Tage. Bei den Jahresmittelwerten ergeben sich bei 60 % der Werte Abweichungen von 1-3 Tagen. Bemerkenswert ist, dass es Abweichungen in beide Richtungen gibt, also die Mittelwerte mit Filter in einigen Fällen höher und in anderen Fällen niedriger sind als die Mittelwerte ohne Filter.

Fazit: Als Ausreißer werden bei der Mittelwertbildung Daten mit einer Abweichung von mehr als 60 Tagen (jeweils 30 Tage in beide Richtungen) gegenüber dem langjährigen Mittel ausgeschlossen.

5.1.4 Monatsmittelwerte der Temperatur

Darüber hinaus liegen die Monatsmittelwerte der Temperatur, die bisher mit einer Genauigkeit von zwei Kommastellen angegeben waren, bei den herunterladbaren Daten nur noch mit einer Kommastelle vor. Ein Vergleich der bisherigen Mittelwerte zeigt, dass die Daten übereinstimmen.

Fazit: Die Berechnung erfolgt zukünftig mit einer Genauigkeit von einer Kommastelle.

5.2 Temperaturindex der Vogelartengemeinschaft

Entsprechend der Mittelverteilung im Vorhaben hat der DDA die Arbeiten an der Fortschreibung des Indikators mit Beginn des Jahres 2018 aufgenommen. Ab 15.02.2018 lagen aus dem Monitoring häufiger Brutvögel Daten zur Trendfortschreibung bis 2016 vor. Dies war die damals aktuelle Datenbasis für die Fortschreibung des DAS-Indikators.

Zur Erläuterung: Momentan besteht durch die Organisationsstruktur im Monitoring häufiger Brutvögel noch ein relativ hoher zeitlicher Versatz zwischen der Erfassung im Feld und dem Abschluss der Datenprüfung. Der DDA arbeitet im Rahmen eines weiteren F+E-Vorhabens daran, die Daten schneller verfügbar zu machen. Dies könnte der Aktualität und Bedeutung des Indikators in Zukunft zugutekommen.

Für die graphische Darstellung des Indikators wurde in Rücksprache mit dem BfN eine Veränderung vorgeschlagen. Um eine bessere Verständlichkeit zu erzielen, wurde auf die Darstellung der jährlichen Werte für den Temperaturindex der Vogelartengemeinschaft verzichtet und nur die Abbildung des gleichenden 5-Jahresmittels vorgeschlagen. Diese Änderung der Darstellungsweise wurde jedoch vom UBA abgelehnt.

5.3 Rückgewinnung natürlicher Überflutungsflächen

Die erforderlichen Daten zur Fortschreibung wurden von den unterschiedlichen Projektträgern der Vorhaben angefordert oder durch Eigenrecherchen gesammelt. Für die Fortschreibung des Indikators ist eine Angabe zum Flächenzugewinn von Überschwemmungsflächen und eine Beschreibung des jeweiligen Renaturierungs- oder Deichverlegungsprojektes notwendig (Schliep et al. 2017). Anhand dieser Beschreibung wurde entschieden, ob die im Indikator-Factsheet genannten Kriterien erfüllt sind.

5.4 Berücksichtigung des Klimawandels in LaPros und LRPs

Die Aktualisierung des Indikators ist abgeschlossen. Sowohl das Factsheet als auch das entsprechende Datenblatt zum Indikator wurden aktualisiert.

Für die Fortschreibung des Indikators „Berücksichtigung des Klimawandels in der Landschaftsplanung“ wurden zunächst alle bei der letzten Fortschreibung einbezogenen Pläne hinsichtlich ihres Alters gesichtet. In Planungsregionen und Ländern, deren Pläne vor 2007 aufgestellt wurden, wurde hinsichtlich möglicher Fortschreibungen recherchiert und der Planstand ggf. direkt bei den Trägern abgefragt.

Zusätzlich wurden jene Planungsträger direkt kontaktiert, deren Planunterlagen bei der letzten Fortschreibung des Indikators aus verschiedenen Gründen nicht verfügbar waren, z. B. weil die Pläne nicht digital vorlagen und eine Ausleihe der analogen Unterlagen prinzipiell nicht möglich war. In einigen Planungsregionen hatte sich die Verfügbarkeit der Unterlagen verändert, so dass sich die Datenlage auch für zurückliegende Zeitschnitte verbessert hat.

Für die Ebene der Landschaftsrahmenplanung wurden in der Summe 20 Pläne rückwirkend in die Zeitschnitte 2000-2010 eingearbeitet. Für die neuen Zeitschnitte 2015 und 2017 wurden 22 aktuelle Pläne ergänzt (zusätzlich zu den bereits zuvor aufgestellten und weiterhin gültigen Plänen).

Auf Landesebene wurde rückwirkend das Landschaftsprogramm Bremen für die Teilgebiete Bremen und Bremerhaven geteilt, so dass hier statistisch zwei Planwerke betrachtet wurden. Grund ist die bei der Planaufstellung getrennte Bearbeitung der beiden Teilgebiete. Diese führt dazu, dass das Landschaftsprogramm für den Teil der Stadtgemeinde Bremen im Jahr 2016 aktualisiert wurde, während die Fortschreibung für den Teil Bremerhaven noch in Bearbeitung ist. Dort ist weiterhin der Plan aus dem Jahr 1991 gültig. Um diesem Umstand gerecht zu werden, wurden die beiden Teile einzeln betrachtet, so dass sich in der Summe ein Umfang von 17 ausgewerteten Planwerken auf Ebene der Länder ergibt. Für die Zeitschnitte 2015 und 2017 wurden zudem sechs fortgeschriebene Landschaftsprogramme und Landesentwicklungspläne eingearbeitet. Für die Landschaftsprogramme ergibt sich für die Zeitschnitte 2015 und 2017 somit eine Vollerhebung, die Stichprobenumfänge auf der regionalen Planungsebene betragen 158 (2015) bzw. 159 (2017) Pläne.

Die Vorgehensweise bei der Auswertung der Planunterlagen blieb gegenüber der letzten Berechnung des Indikators unverändert (Auswertung der Textbände hinsichtlich Aussagen mit relevanten Stichworten, Kategorisierung der Aussagen in drei Kategorien, vgl. Schliep et al. 2017). Die Ergebnisse zeigen gegenüber der letzten Fortschreibung 2012 wie erwartet eine weitere Zunahme der Berücksichtigung des Klimawandels in der Landschaftsrahmenplanung wie auch in den Landschaftsprogrammen, insbesondere auch bei der Begründung naturschutzfachlicher Maßnahmen mit Klimaanpassung und Klimaschutz.

Im weiteren Bearbeitungsverlauf bis August 2018 erfolgte eine erneute Abfrage bei jenen Planungsträgern, die angaben, derzeit Fortschreibungen oder Neuaufstellungen von Landschaftsrahmen- und

Regionalplänen zu bearbeiten, welche voraussichtlich 2018 aufgestellt werden könnten. Insgesamt betraf die erneute Abfrage ca. 20 Planungsregionen, in denen eine Aufstellung der Fortschreibung bis Mitte 2018 realistisch, aber teilweise noch nicht sicher absehbar war. Diese Daten gingen allerdings nicht in die Fortschreibung ein, für die vom UBA der Zeitschnitt 31.12.2017 festgelegt wurde.

5.5 Gebietsschutz

Als Alternative zum DAS-Indikator „Gebietsschutz“ wurde der Indikator „Sicherung des länderübergreifenden Biotopverbunds“ entwickelt. Dieser Indikator wurde allerdings vom BMU abgelehnt (Nachricht vom BfN vom 20.08.2018).

Stattdessen wurde der vorhandene DAS-Indikator „Gebietsschutz“ fortgeschrieben. Die aktualisierten Daten wurden dem Indikator „Gebietsschutz“ aus dem Indikatorenset zur Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt entnommen (Stand März 2018).

Das Indikator-Factsheet für den beibehaltenen Indikator „Gebietsschutz“ findet sich in Kapitel 7.5 und das Indikator-Kennblatt für den vollständig operationalisierten Indikator „Sicherung des länderübergreifenden Biotopverbunds“ in Kapitel 6.2.

Teil II: Kennblätter und Factsheets der Einzelindikatoren

Die in diesem Vorhaben erarbeiteten Fachindikatoren zur Politikberatung, die die Wirkungen des Klimawandels auf den Zustand und die Veränderung von Arten und Lebensräume anzeigen, werden in Abschnitt 6 in Kennblättern dokumentiert.

Die Indikatoren, die im Handlungsfeld „Biologische Vielfalt“ der DAS berichtet werden und in diesem Vorhaben fortgeschrieben wurden, werden in Abschnitt 7 im spezifischen Factsheet-Format der DAS dargestellt.

6 Kennblätter der weiterentwickelten Indikator-Prototypen

6.1 Floristischer Temperaturindex kurzlebiger Gefäßpflanzenarten

<p>Verfasser/in des Kennblatts Arbeitsgruppe „Weiterentwicklung von Indikatoren zu Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt“ (IKB 2)² im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz Bearbeiter/in: Vincent Aljes, Prof. Dr. Gert Rosenthal, Universität Kassel, FG Landschafts- und Vegetationsökologie Mitwirkend: Dr. Ulrich Sukopp, Dr. Elisa Braeckevelt, Bundesamt für Naturschutz, FG II 1.3 Monitoring Rudolf May, Dr. David Harter, Bundesamt für Naturschutz, FG II 1.2 Botanischer Artenschutz Rainer Schliep, TU Berlin, FG Landschaftsplanung und Landschaftsentwicklung Dr. Erik Welk, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Biologie/Geobotanik und Botanischer Garten</p>	<p>Letzte Aktualisierung am 06.08.2019</p>
<p>Ansprechpartner/in Vincent Aljes, Universität Kassel, FG Landschafts- und Vegetationsökologie Dr. Elisa Braeckevelt, Bundesamt für Naturschutz, FG II 1.3 Monitoring</p>	<p>Nächste Fortschreibung</p>
<p>Bearbeitungs-/Entwicklungsstatus Neuentwicklung: Konzeptionelle Entwicklung abgeschlossen, exemplarische Auswertung für die Gruppe der ein- bis zweijährigen Gefäßpflanzenarten.</p>	

² Prof. Dr. S. Heiland, A. Miller, R. Schliep (TU Berlin, FG Landschaftsplanung und Landschaftsentwicklung), Prof. Dr. G. Rosenthal, C. Baierl, V. Aljes (Uni Kassel, FG Landschafts- und Vegetationsökologie), Prof. Dr. U. Walz, S. Kretzschmar (HTW Dresden, Fakultät Landbau/Landespflege), Dr. C. Sudfeldt, S. Trautmann (Dachverband Deutscher Avifaunisten e.V.), W. Ackermann, D. Fuchs (PAN GmbH München), Dr. E. Braeckevelt, Dr. U. Sukopp (Bundesamt für Naturschutz, FG II 1.3 Monitoring)

Einordnung

Indikationsfeld Veränderungen von Populationen, Arealen und Biozönosen	
DPSIR (im ursprünglichen Indikatorenset) -	DPSIR in diesem Indikatorenset Impact

Beschreibung und Begründung

<p>Kurzbeschreibung</p> <p>Der Floristische Temperaturindex (FTI) kurzlebiger Gefäßpflanzenarten entspricht dem von Devictor et al. (2008) vorgestellten ungewichteten Community Temperature Index (CTI). Der FTI errechnet sich aus der mittleren artspezifischen europäischen Temperaturnische der kurzlebigen Gefäßpflanzenarten innerhalb einer Bezugseinheit (Messtischblatt, MTB). Veränderungen der Areale der in die Berechnungen einbezogenen Arten führen je nach Temperaturpräferenz der ein-/abwandernden Arten zu einer Zu- oder Abnahme des Indikatorwerts.</p>	<p>Einheit</p> <p>[°C]</p>
<p>Berechnungsvorschrift</p> <p>a) Berechnung der artspezifischen europäischen Temperaturnische für die Gefäßpflanzen Deutschlands (Species Temperature Index, STI)</p> <p>Zur Berechnung des STI wird mit nachfolgender Formel der Mittelwert der mittleren Jahresdurchschnittstemperatur zwischen 1970 und 2000 über alle von einer Art besetzten Atlas Florae Europaeae (AFE) Rasterzellen (50 km x 50 km) in Europa gebildet.</p> $STI_i = \frac{\sum_{j=1}^{V_i} TMP_{1970-2000_j}}{V_i}$ <p>Dabei wird für Art i mit Vorkommen in den AFE-Rasterzellen j aus den mittleren Jahresdurchschnittstemperaturen zwischen 1970 und 2000 $TMP_{1970-2000}$ und der Anzahl V der besetzten AFE-Rasterzellen der Species Temperature Index STI für Art i berechnet. Von den 2.797 Gefäßpflanzenarten, für die Verbreitungsdaten aus FloraWeb vorlagen, konnte für insgesamt 621 Arten ein europäischer STI berechnet werden. Von diesen 621 Arten wurden für die weitere Auswertung die einheimischen kurzlebigen (ein- bis zweijährigen) Arten ausgewählt (N = 118, Liste siehe Anhang).</p> <p>b) Berechnung des Floristischen Temperaturindex kurzlebiger Gefäßpflanzenarten (FTI)</p> <p>Der FTI berechnet sich analog zum ungewichteten Community Temperature Index (CTI) für die 118 kurzlebigen einheimischen Pflanzenarten. Der Community Temperature Index wurde für den hier zu entwickelnden Indikator in „Floristischer Temperaturindex kurzlebiger Gefäßpflanzenarten“ (FTI) umbenannt, da den FloraWeb-Daten floristische Kartierungen zugrunde liegen und die Arten nicht notwendigerweise in einer biozönotischen Beziehung zu einander stehen. Der FTI errechnet sich nach folgender Formel:</p>	

$$FTI_{mtbt} = \frac{\sum_{i=1}^N STI_i}{N}$$

Der FTI wird für jedes Messtischblatt mtb im Zeitraum t aus den STI-Werten der vorkommenden Pflanzenarten i und der Summe an Pflanzenarten N des Messtischblatts berechnet.

Die Berechnung des FTI wurde für die Dekaden zwischen 1950 und 2009 je Messtischblatt (MTB) berechnet. Es wurde ein Schwellenwert von mindestens 25 Einzelfunden je MTB festgelegt, um den Einfluss von Ausreißern auf den FTI gering zu halten. Der FTI von insgesamt 845 MTB lag über dem definierten Schwellenwert. Für die Dekade 2010 bis 2019 sind noch nicht alle floristischen Daten der in diesem Zeitraum durchgeführten Kartierungen in FloraWeb eingegangen, weshalb es derzeit noch große Datenlücken für diese Dekade gibt.

Zur grafischen Darstellung des Indikatortrends wurde ein lokal lineares Regressionsmodell (LOESS) benutzt. Der Trend wurde mittels gemischter linearer Modelle auf Signifikanz getestet. Zur Untersuchung der Beziehung zwischen der Veränderung des FTI und der Temperaturveränderung wurde der Pearson-Korrelationskoeffizient verwendet.

Begründung

- Pflanzenarten besitzen ein physiologisches, phänologisches und räumliches Reaktionsvermögen auf Klimaveränderungen (Bellard et al. 2012; Parmesan & Yohe 2003), das zur Indikation von Klimawandeleffekten herangezogen werden kann. Für den hier vorliegenden Indikator sollen klimawandelbedingte Arealverschiebungen von Pflanzenarten über lange Zeiträume als Teil des Indikatorensets eingeführt werden. Er ergänzt den Phänologie-Indikator durch die stärkere räumliche und zeitliche Integration und ist robust gegenüber jährlichen Witterungsschwankungen.
- Klimawandelbedingte Arealverschiebungen von Pflanzenarten in kühlere Klimazonen wurden bereits für verschiedene Regionen nachgewiesen (Chen et al. 2011; Parmesan & Yohe 2003; Root et al. 2003). In Deutschland entspricht dies einer Verschiebung Richtung Norden und Nordosten (Pompe et al. 2011). In den Gebirgen haben sich Arealgrenzen sowohl in tiefere als auch höhere Höhenlagen verschoben (Alexander et al. 2017; Bhatta et al. 2018; Grabherr et al. 1994; Lenoir et al. 2010).
- Durch Verschiebung von Arealgrenzen kommt es zur Ausbildung neuer Artengemeinschaften und damit einhergehenden Veränderungen synökologischer Beziehungen (z. B. Räuber-Beute-Beziehungen). Cahill et al. (2012) stellen in einer Metastudie fest, dass nicht direkte Klimawandeleffekte, sondern die veränderten Interaktionen zwischen Arten hauptverantwortlich für den Verlust der Artenvielfalt sind. Dieses Erkenntnis hebt die Bedeutung von Arealveränderungen als Folge des Klimawandels hervor und begründet die Notwendigkeit eines geeigneten Indikators zur Abbildung dieser Trends.
- Die Florenkartierungen Deutschlands, die in der FloraWeb-Datenbank zusammengeführt wurden, umfassen für alle Gefäßpflanzenarten Deutschlands flächendeckende und weit zurückreichende Daten. Auf den FloraWeb-Datensatz soll erstmalig der von Devictor et al. (2008) vorgestellte Community Temperature Index (CTI) angewendet werden, der in weiteren Studien (Kwon 2017; Oliver et al. 2016; Roth et al. 2014) als geeigneter Indikator zur Abbildung der Arealverschiebungen bei Pflanzen, Vögeln und Insekten identifiziert wurde.
- Die Gruppe der kurzlebigen (ein- bis zweijährigen) Arten eignet sich besonders zur Berechnung des Index, weil diese Arten einen kurzen Lebenszyklus aufweisen und damit direkter auf klimatische Veränderungen reagieren können als langlebige Arten wie Bäume. Um die Temperaturnische der Arten möglichst korrekt abzubilden und Randeffekte zu minimieren, wurde das gesamte europäische Verbreitungsgebiet zur Berechnung des STI genutzt (s. o.).

Rechtsgrundlage und/oder Zielbezug

Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS), Kapitel 3.2.5: „Im Sinne einer integrierten Herangehensweise sollten Bund und Länder integrative Maßnahmen prüfen und ergreifen, die Synergien zwischen Naturschutz, Klimaschutz und Anpassung nutzen und die Biodiversität erhalten“ (Bundesregierung 2008: 26).

Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt (NBS), Kapitel B 3.2: „Unsere Vision für die Zukunft ist: Der Anstieg der mittleren globalen Erwärmung ist auf maximal 2 Grad Celsius gegenüber vorindustriellen Werten begrenzt. Die Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt in Deutschland (z. B. Verschiebung der Vegetationszonen, Veränderung des Vogelzugverhaltens, Gefährdung kälteliebender Arten) sind abgepuffert bzw. minimiert“ (BMU 2007).

Datengrundlage

Datenquelle	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Berechnung des FTI: Verbreitungsdaten der Pflanzenarten aus FloraWeb ▪ Temperaturnischen der Pflanzenarten für Europa: Arealdaten der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. Die umfassenden Arealdaten wurden aus folgenden Quellen zusammengetragen: GBIF, publizierte Verbreitungskarten, nationale und regionale floristische Datenbanken, floristische Literatur. Berechnet und bereitgestellt durch Dr. Erik Welk. ▪ Klimadaten zur Berechnung des europäischen STI: WorldClim 2.0 (Fick und Hijmans 2017) ▪ Traitdaten zur Artenselektion: BioFlor-Datenbank (Klotz et al. 2002) ▪ Analyse des Zusammenhangs zwischen Klima- und FTI-Trend und optional zur Berechnung des STI für Deutschland: Klimadaten (Jahresmitteltemperatur) des DWD 	
Räumliche Auflösung	NUTS
<ul style="list-style-type: none"> ▪ FloraWeb Verbreitungsdaten: TK25 12 km x ~11,1 km ▪ Europäische Arealdaten: 50 km x ~50 km ▪ WorldClim 2.0: 1 km x 1 km ▪ Klimadaten des DWD: 1 km x 1 km 	0
Geographische Abdeckung	
Flächendeckend	
Zeitliche Auflösung	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ FloraWeb Verbreitungsdaten: uneinheitlich, über 10 Jahre aggregiert ▪ Europäische Arealdaten: uneinheitlich, über den Zeitraum 1970 bis 2000 aggregiert ▪ WorldClim 2.0 Klimadaten zur Berechnung des STI: Mittelwert für den Zeitraum 1970 bis 2000 ▪ Klimadaten des DWD: jährlich 	
Beschränkungen	Machbarkeit
Keine	Der Indikator ist auf Basis vorhandener Daten uneingeschränkt anwendbar.

Umsetzung – Aufwand und Verantwortlichkeit

Aufwandsschätzung		
Datenbeschaffung:	Mittel	Mehrere datenhaltende Institutionen

Datenverarbeitung:	Mittel	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Datenaufbereitung ▪ Berechnung der artspezifischen Temperaturnischen ▪ Indikatorberechnung
<p>Erläuterung:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Die erstmalige Berechnung des Indikators ist mit einer umfangreichen Aufarbeitung der Daten verbunden. Die FloraWeb-Daten müssen räumlich auf Messtischblattebene (TK25) und zeitlich zu Dekaden aggregiert werden. Für die Selektion geeigneter Arten (ein- bis zweijähriger Arten, Ausschluss von Neophyten und Bäumen) müssen Traitdaten aus der Bioflor-Datenbank gesammelt und taxonomisch abgeglichen werden. ▪ Die Berechnung der europäischen artspezifischen Temperaturnischen wurde von Herrn Dr. Welk von der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Biologie/Geobotanik und Botanischer Garten durchgeführt. Auf Grund der Datenmengen müssen für die Berechnung mehrere Tage eingeplant werden. Eine weitere Zusammenarbeit muss bei Fortschreibung des Indikators geklärt werden. Für die Berechnung einer deutschen Temperaturnische können sowohl Daten des DWD als auch Daten aus WorldClim 2.0 verwendet werden. Bei Verwendung der Jahresmitteltemperatur als bioklimatische Variable ist der Arbeitsaufwand gering (Rasterdaten extrahieren). ▪ Die Berechnung des FTI ist mit geringem Aufwand verbunden. ▪ Die Fortschreibung des Indikators ist, sofern die artspezifischen Temperaturnischen nicht neu berechnet werden müssen, ohne großen Aufwand möglich. Der zur Berechnung des FTI verwendete R-Code kann ohne zusätzlichen Aufwand mit einem aktualisierten FloraWeb-Datensatz ausgeführt werden. 		
Datenkosten		
Keine		
Zuständigkeit		
Bundesamt für Naturschutz (BfN)		
Anmerkung:		
Keine		

Aussage

<p>Interpretationsvorschrift</p> <p>Der FTI bildet die Temperaturpräferenz ein- bis zweijähriger Arten innerhalb einer räumlichen Bezugseinheit ab. Eine Zunahme des FTI bedeutet, dass sich die Anteile wärme- und kälteliebender ein- bis zweijähriger Arten zugunsten wärmeliebender Arten verschieben. Bei einer Abnahme des FTI verschieben sich diese Anteile jeweils in umgekehrter Richtung. Ursachen können das (klimawandelbedingte) lokale Aussterben oder die (klimawandelbedingte) Zuwanderung wärme- bzw. kälteliebender Arten sein.</p> <p>Je steiler der FTI ansteigt, desto stärker ist die Reaktion der betrachteten Arten auf eine langfristige Erwärmung im Zuge des Klimawandels.</p>
<p>Trend- und Statusanalyse</p> <p>a) In Abbildung 1 A ist die Veränderung des FTI im Zeitraum von 1950 bis 2009 dargestellt. Der Indikatorwert steigt nach dem Referenzzeitraum 1950-1979 stark an. Der FTI folgt dabei einem linearen Trend, welcher hochsignifikant ist ($p < 0,001$).</p> <p>b) Zwischen der 2000-2009 Dekade und der Referenzperiode 1950-1979 stieg der FTI im Mittel um $0,169\text{ °C}$ (Standardabweichung $SD = 0,293$) an. Dieser Anstieg ist mit den</p>

Temperaturveränderungen, die wie der FTI je MTB berechnet wurden ($N = 845$), schwach korreliert (Pearson $R^2 0,097$, $p < 0,005$). Die Differenz zwischen Jahresmitteltemperatur- und FTI-Anstieg betrug im Mittel $1,04\text{ °C}$ ($SD = 0,311$). Damit steigt der FTI deutlich langsamer an als die Jahresmitteltemperatur.

- c) Abbildung 1 B zeigt die Veränderung (Differenz) des FTI in den Rasterzellen (MTB) zwischen der 2000-2009 Dekade und dem Mittelwert der Referenzperiode 1950-1979. Es zeigen sich regional deutliche Unterschiede in der Entwicklung des FTI. Im Westen nimmt der Indikatorwert zum Teil deutlich über dem bundesweiten Mittel von $0,169\text{ °C}$ zu, während in Brandenburg Zellen mit negativer Entwicklung überwiegen. Auch in den Alpen konnten negative Trends festgestellt werden, was sich mit den Ergebnissen von Roth et al. (2014) deckt. Für viele der Rasterzellen konnte keine Berechnung durchgeführt werden, da die Artenzahlen in den betroffenen Zellen in mindestens einer Dekade unter dem Schwellenwert von 25 (Begründung s. Abschnitt Berechnungsvorschrift) lagen.

Handlungsempfehlungen

Pflanzenarten reagieren mit physiologischen, phänologischen und räumlichen Anpassungsstrategien auf den Klimawandel (Bellard et al. 2012). Können Arten mit geringer phänotypischer Plastizität Temperaturerhöhungen nicht durch eine räumliche Verschiebung ihres Vorkommens in kühlere Klimazonen ausgleichen, ist mit einem Vitalitätsverlust bis hin zum Aussterben von Populationen zu rechnen (Grabherr et al. 1994; Alexander et al. 2017).

Die Durchlässigkeit der Landschaftsmatrix für Pflanzenarten gewinnt damit weiter an Bedeutung. Handlungsempfehlungen beziehen sich daher neben Klimaschutzmaßnahmen auf die bessere räumliche Vernetzung von Lebensräumen. Prioritäten für Einzelschutzmaßnahmen können aus art-spezifischen Ansprüchen abgeleitet werden – Spezialisten sind vom Klimawandel stärker betroffen als Generalisten (Thuiller et al. 2005).

Evaluierung

Stärken

- Die umfassenden Florenkartierungen in Deutschland, die in FloraWeb zusammengeführt wurden, bieten ein großes Potenzial zur Anwendung des FTI. Für alle Gefäßpflanzenarten Deutschlands sind flächendeckende und weit zurückreichende Funddaten verfügbar. Es können somit grundsätzlich Trends seit Anfang des letzten Jahrhunderts abgebildet werden.
- Die Berechnung ist einfach, es sind keine vertieften statistischen Kenntnisse erforderlich. Durch die leicht nachvollziehbare Aussage des Indikators eignet er sich für die Politikberatung.
- Die im Gegensatz zu Vögeln und Insekten deutlich trägere Reaktionsgeschwindigkeit von Pflanzen im Raum wird als vorteilhaft eingeschätzt. Ausreißer durch Wetterextreme sind bei den weniger mobilen Pflanzen schwächer ausgeprägt, wodurch die Trendkurven des Indikators leichter zu interpretieren sind (vgl. Indikator „Temperaturindex häufiger Brutvogelarten“).
- Der FTI scheint robuster gegenüber false-absence-Fehlern (s. false-absence-Problematik, Tingley und Beissinger 2009) zu sein als z. B. Indikatoren, die Arealverschiebungen einzelner Arten abbilden. Eine Vermutung ist, dass das Verhältnis der Arten mit niedrigem und hohem FTI von den heterogenen Daten nicht so stark beeinflusst wird wie z. B. die Arealgrenzen einzelner Arten. Zwischen dem FTI und der Anzahl an Funden je MTB gibt es dennoch lineare Zusammenhänge (s. Abb. 2 im Anhang). Eine abschließende Bewertung ist noch nicht möglich, da neben dem Kartierungsaufwand auch ökologische Zusammenhänge in Frage kommen. Beispielsweise weisen artenreiche Magerrasen eine hohe Zahl wärmeliebender Arten auf, wohingegen alpine Standorte mit vielen Kältezeigern tendenziell artenarm sind.

Schwächen

- Zeitliche Trends des FTI werden nicht nur durch Veränderungen der Temperaturen gesteuert. Die Temperaturpräferenz einer Pflanzenart kovariert mit weiteren Eigenschaften der Pflanze (z. B. der Habitatpräferenz), die wiederum deren Reaktion auf weitere Umweltvariablen (z. B. Düngung) beeinflussen (Bowler und Böhning-Gaese 2017). Clavero et al. (2011) stellten neben der Temperaturveränderung einen starken Einfluss des Landnutzungswandels auf den CTI fest. Bei der Interpretation des Indikators muss daher berücksichtigt werden, dass die Trends nicht nur durch den Klimawandel erklärt werden. In Regionen mit z. B. starkem landwirtschaftlichen Einfluss (Nitratbelastung, wechselnde Bewirtschaftungsformen) dürfte der erklärende Anteil des Klimawandels an der FTI-Erhöhung gering sein. Für den hier berechneten FTI konnte zwischen dem Anstieg des Indikatorwerts und der Temperaturerhöhung nur ein schwacher korrelativer Zusammenhang festgestellt werden (Pearson R^2 0,097, $p < 0,005$).
- Neben dieser konzeptionellen Schwäche des FTI führen auch die heterogenen FloraWeb-Daten zu Unsicherheiten. Devictor et al. (2008) schreiben, dass Vorkommensdaten, die mit einer hohen räumlichen Präzision und bei vergleichbarem Kartieraufwand an den Arealgrenzen der Arten erhoben werden, für die Berechnung eines validen CTI-Werts ausreichen. Sowohl räumlich als auch zeitlich sind jedoch starke Varianzen in den FloraWeb-Daten zu finden. Die 1980er- und 1990er-Jahre sind durch die umfassenden Florenkartierungen in diesem Zeitraum räumlich sehr gut abgedeckt. In der 2000er Dekade fällt allerdings auf, dass die Funde je MTB stark rückläufig sind und für einige MTB noch keine Daten vorliegen. Für die Anzahl an Funden je MTB, welche auch als Kartierintensität interpretiert werden können, zeigen sich deutliche Sprünge entlang der Bundeslandgrenzen (s. Abb. 3 im Anhang). Die nördlichen Bundesländer Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern stechen heraus: Beide Bundesländer sind bei der Auswertung kaum bis gar nicht berücksichtigt worden, da die Mindestanzahl von 25 Funden kurzlebiger Arten je MTB überwiegend unterschritten wurde.
- Zwischen den Florenkartierungen und der Aufnahme der Daten in FloraWeb vergehen nicht selten 10 Jahre und mehr. Auch für die 2000-2009er Dekade sind noch nicht alle Florendaten in die Datenbank eingeflossen. Eine Auswertung für die gegenwärtige Dekade ist auf Grund mangelhafter räumlicher Abdeckung der Daten nicht möglich.
- Die fehlende Gewichtung der Arten nach Abundanz dürfte sich negativ auf die Sensitivität des Indikators auswirken. Bevor es zu Artenverlusten kommt, ist mit einer Umstrukturierung und Teilverlusten innerhalb der Artengemeinschaft zu rechnen. Diese Abundanzverschiebungen werden durch den ungewichteten FTI nicht berücksichtigt.

Möglichkeiten zur Weiterentwicklung

- Der FTI wird trotz seiner Schwächen als ein geeignetes Werkzeug zur Darstellung von Auswirkungen des Klimawandels auf die heimische Flora eingeschätzt. Um belastbare Aussagen treffen zu können, ist allerdings eine Weiterentwicklung des FTI und eine umfassende Aufarbeitung der FloraWeb-Daten notwendig. Bowler und Böhning-Gaese (2017) haben eine modifizierte Version des CTI vorgestellt, bei der mit Hilfe multipler Regressionsmodelle die Temperaturpräferenz der Arten von weiteren kovariierenden Arteigenschaften wie der Habitatpräferenz getrennt wird. Mit diesem vielversprechenden Ansatz würde der Einfluss weiterer Determinanten für Arealverschiebungen reduziert, was die Aussagekraft des CTI erhöhen könnte. Eine Anwendung dieses Verfahrens wurde nicht weiterverfolgt, da die für Deutschland vorliegenden Landnutzungsmodelle nicht weit genug zurückreichen, methodisch nicht konsistent sind und die räumliche Auflösung als zu grob bewertet wurde. Neben Landnutzungsänderungen sind Stickstoffdepositionen eine weitere Umweltvariable, die gerade bei Arealveränderungen der wärmeliebenden Magerrasenarten einen großen Effekt zeigen (Stevens 2004) und in einem modellbasierten CTI berücksichtigt werden sollten.

- Die Eignung der deutschen Temperaturnische für die Berechnung des FTI sollte bei einer Weiterentwicklung des Indikators erneut diskutiert werden. Das deutsche Verbreitungsgebiet deckt zwar nur einen Teil der tatsächlichen Temperaturnische der Arten ab und im direkten Vergleich liegt das Mittel der deutschen Temperaturnische für die meisten Arten über dem der europäischen. Allerdings konnte – wie auch von Devictor et al. (2008) gezeigt – eine mäßig starke Korrelation zwischen der nationalen und der europäischen Temperaturnische festgestellt werden ($R^2 = 0,29$, $p < 0,0001$). Es können auf Basis von FloraWeb für insgesamt 2.797 Pflanzenarten die deutschen Temperaturnischen berechnet werden. Die deutlich höhere Anzahl an Pflanzenarten im Vergleich zu 621 Pflanzenarten mit Berechnung der europäischen Temperaturnischen ist vor allem für die Darstellung räumlicher Trends von Vorteil (s. Abb. 1 B).
- Die false-absence-Problematik ist damit aber nicht gelöst. Im Falle einer Weiterentwicklung des FTI muss dieser Fehler mit geeigneten statistischen Modellen korrigiert werden. Hierzu stehen zum Beispiel „site occupancy models“ zur Verfügung, mit denen das Vorkommen der Arten modelliert wird (u. a. Kéry et al. 2010; Mackenzie et al. 2011; Royle und Link 2006). Die Arbeitsgruppe sMon vom iDiv entwickelt statistische Verfahren zur Analyse heterogener Monitoringdaten. Die Methoden sollen eine Ableitung belastbarer Biodiversitätstrends aus heterogenen Kartierungsdaten ermöglichen. Bei einer Weiterentwicklung des FTI können evtl. aufgearbeitete FloraWeb-Daten für die Neuberechnung verwendet werden.

Graphische Darstellung

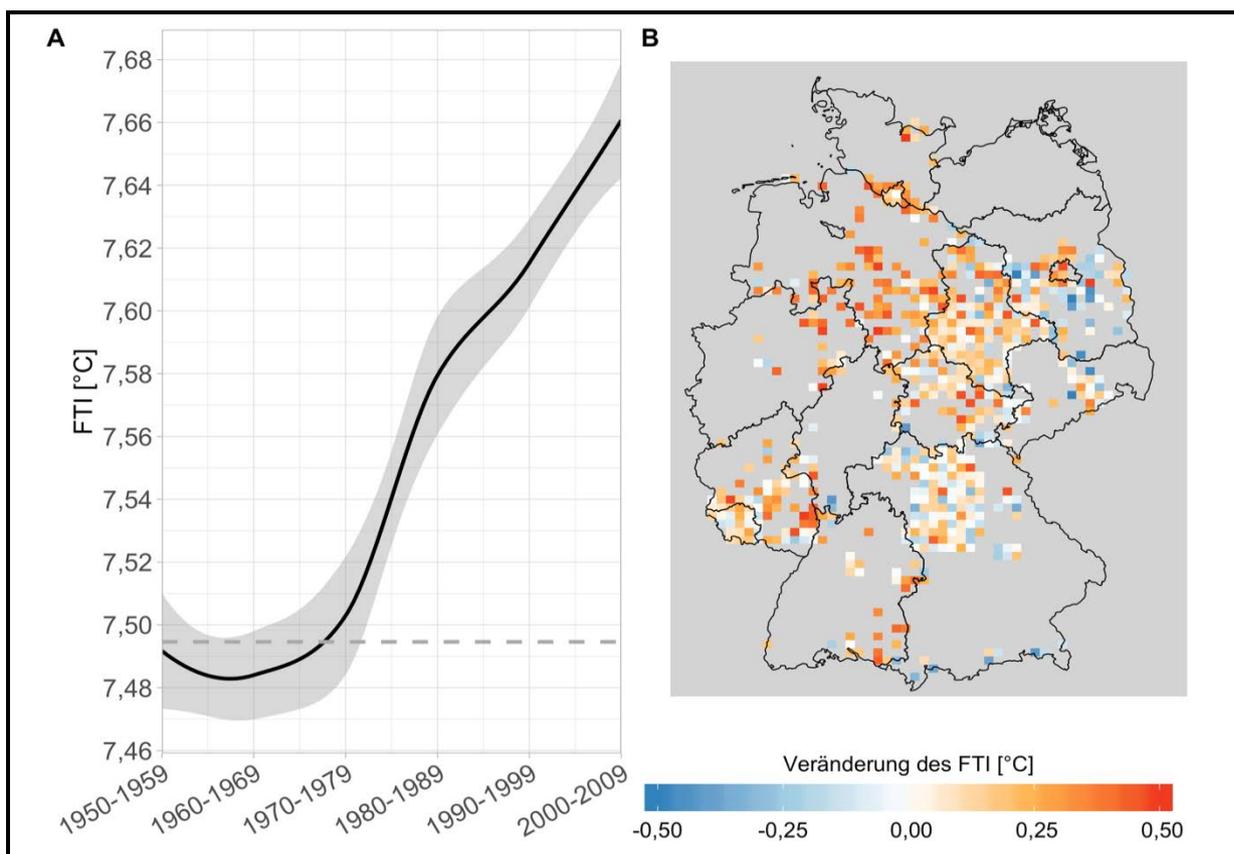


Abb. 1: A: Entwicklung des Floristischen Temperaturindex kurzlebiger Gefäßpflanzenarten (FTI) von 1950-2009 in Dekaden. Trendkurve basierend auf einem lokal linearen Regressionsmodell (LO-ESS). Die gestrichelte Linie entspricht dem mittleren FTI für den Referenzzeitraum 1950-1979. Jeder Dekade liegen 845 FTI-Werte der Messtischblätter mit einer Mindestanzahl von 25

Funden zugrunde. B: Differenz des FTI zwischen dem Referenzzeitraum 1950-1979 und der Dekade 2000-2009 in °C. Positiver Wert = Zunahme des FTI, negativer Wert = Abnahme des FTI.

Glossar

Florenkartierung	<p>Die Bestandserhebung und Kartierung der Gefäßpflanzen (Farn- und Blütenpflanzen) findet in Deutschland unter der Bezeichnung Florenkartierung statt (BfN 2008).</p> <p>Diese flächendeckende Bestandserhebung und Kartierung der Flora in Deutschland basiert auf ehrenamtlichen Geländeerhebungen unter Beteiligung Fachkundiger sowie taxonomischer Betreuung durch Spezialisten. Die deutschlandweiten Kartierungen und die flächendeckende Zusammenführung der regionalen Erhebungen wurden zunächst durch Koordinationsstellen an Universitäten und später durch die deutsche Zentralstelle für die floristische Kartierung Deutschlands übernommen (BfN 2008).</p>
FloraWeb	<p>Das internetbasierte Informationssystem FloraWeb basiert auf der zentralen Datenbank der Florenkartierung (FlorKart) und wird vom BfN als Daueraufgabe in Kooperation mit der Zentralstelle für die floristische Kartierung Deutschlands bzw. deren Nachfolger, der Zentralstelle für die Phyto-diversität Deutschlands (ZePhyD), weitergeführt. FloraWeb bietet öffentlich und frei zugängliche Informationen zu Pflanzen und Vegetation in Deutschland und einen integrierten dynamischen Kartendienst zur Erzeugung von Verbreitungskarten aus der Datenbank FlorKart (BfN 2008).</p>
Messtischblatt	<p>Topographische Karte im Maßstab 1 : 25.000 (TK25), die der deutschen Rasterkartierung als Basis-Flächenbezug bei der Geländeerhebung dient (BfN 2008).</p>

Quellen und weiterführende Informationen

- Alexander, J. M., Chalmandrier, L., Lenoir, J., Burgess, T. I., Essl, F., Haider, S., Kueffer, C., Mcdougall, K., Milbau, A., Nuñez, M. A., Pauchard, A., Rabitsch, W., Rew, L. J., Sanders, N. J., Pellissier, L. (2017): Lags in the response of mountain plant communities to climate change. *Global Change Biology*, 24: 563-579.
- Bellard, C., Bertelsmeier, C., Leadley, P., Thuiller, W., Courchamp, F. (2012): Impacts of climate change on the future of biodiversity. *Ecology Letters*, 15(4): 365-377.
- BfN – Bundesamt für Naturschutz (Hg.) (2008): Florenkartierung in Deutschland. Online, URL: <https://www.bfn.de/themen/artenschutz/erfassung-und-kartierung/florenkartierung.html> [Zugriff: 29.07.2019]
- Bhatta, K. P., Grytnes, J.-A., Vetaas, O. R. (2018): Downhill shift of alpine plant assemblages under contemporary climate and land-use changes. *Ecosphere*, 9(1): e02084.
- BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hg.) (2007): Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt. Eigenverlag, Berlin, 178 S.
- Bowler, D., Böhning-Gaese, K. (2017): Improving the community-temperature index as a climate change indicator. *PloS One*, 12(9): e0184275.
- Bundesregierung (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Online, URL: https://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das_gesamt_bf.pdf [Zugriff: 29.07.2019]

- Cahill, A. E., Aiello-Lammens, M. E., Fisher-Reid, C., Hua, X., Karanewsky, C. J., Ryu, H. Y., Sbeglia, G. C., Spagnolo, F., Waldron, J. B., Warsi, O., Wiens, J. J. (2012): How does climate change cause extinction? *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 280: 20121890.
- Chen, I. C., Hill, J. K., Ohlemüller, R., Roy, D. B., Thomas, C. D. (2011): Rapid range shifts of species associated with high levels of climate warming. *Science*, 333(6045): 1024-1026.
- Clavero, M., Villero, D., Brotons, L. (2011): Climate change or land use dynamics: Do we know what climate change indicators indicate? *PLoS ONE*, 6(4): e18581.
- Devictor, V., Julliard, R., Couvet, D., Jiguet, F. (2008): Birds are tracking climate warming, but not fast enough. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 275(1652): 2743-2748.
- Fick, S. E., Hijmans, R. J. (2017): WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37(12): 4302-4315.
- Grabherr, G., Gottfried, M., Pauli, H. (1994): Climate effects on mountain plants. *Nature*, 369(6480): 448-448.
- Kéry, M., Royle, J. A., Schmid, H., Schaub, M., Volet, B., Häfliger, G., Zbinden, N. (2010): Site-occupancy distribution modeling to correct population-trend estimates derived from opportunistic observations. *Conservation Biology*, 24(5): 1388-1397.
- Klotz, S., Kühn, I., Durka, W. (2002): BIOLFLOR - Eine Datenbank mit biologisch-ökologischen Merkmalen zur Flora von Deutschland. In *Schriftenreihe für Vegetationskunde* (Vol. 38). Bonn: Bundesamt für Naturschutz.
- Kwon, T. S. (2017): Temperature and ant assemblages: Biased values of community temperature index. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 20(4): 1077-1086.
- Lenoir, J., Gégout, J. C., Guisan, A., Vittoz, P., Wohlgemuth, T., Zimmermann, N. E., Dullinger, S., Pauli, H., Willner, W., Svenning, J. C. (2010): Going against the flow: Potential mechanisms for unexpected downslope range shifts in a warming climate. *Ecography*, 33(2): 295-303.
- Mackenzie, D. I., Nichols, J. D., Lachman, G. B., Droege, S., Andrew, J., Langtimm, C. A. (2011): Estimating site occupancy rates when detection probabilities are less than one. *Ecology*, 83(8): 2248-2255.
- Oliver, T. H., Smithers, R. J., Beale, C. M., Watts, K. (2016): Are existing biodiversity conservation strategies appropriate in a changing climate? *Biological Conservation*, 193: 17-26.
- Parmesan, C., Yohe, G. (2003): A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*, 421(6918): 37-42.
- Pompe, S., Berger, S., Bergmann, J., Badeck, F., Lübbert, J., Klotz, S., Rehse, A.-K., Söhlke, G., Sattler, S., Walther, G.-R., et al. (2011): Modellierung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Flora und Vegetation in Deutschland. *BfN-Skripten*, 304: 1-98.
- Root, T. L., Price, J. T., Hall, K. R., Schneider, S. H., Rosenzweig, C., Pounds, J. A. (2003): Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature*, 421(6918): 57-60.
- Roth, T., Plattner, M., Amrhein, V. (2014): Plants, birds and butterflies: Short-term responses of species communities to climate warming vary by taxon and with altitude. *PLoS ONE*, 9(1): e82490.
- Royle, J. A., Link, W. A. (2006): Generalized site occupancy models allowing for false positives and false negative errors. *Ecology*, 87(4): 835-841.
- Stevens, C. J., Dise, N. B., Mountford, J. O., Gowing, D. J. (2004): Impact of Nitrogen Deposition on the Species Richness of Grasslands. *Science*, 303(5665): 1876-1879.
- Thuiller, W., Lavorel, S., Araújo, M. B. (2005): Niche properties and geographical extent as predictors of species sensitivity to climate change. *Global Ecology and Biogeography*, 14(4): 347-357.
- Tingley, M. W., Beissinger, S. R. (2009): Detecting range shifts from historical species occurrences: new perspectives on old data. *Trends in Ecology and Evolution*, 24(11): 625-633.

Anhang

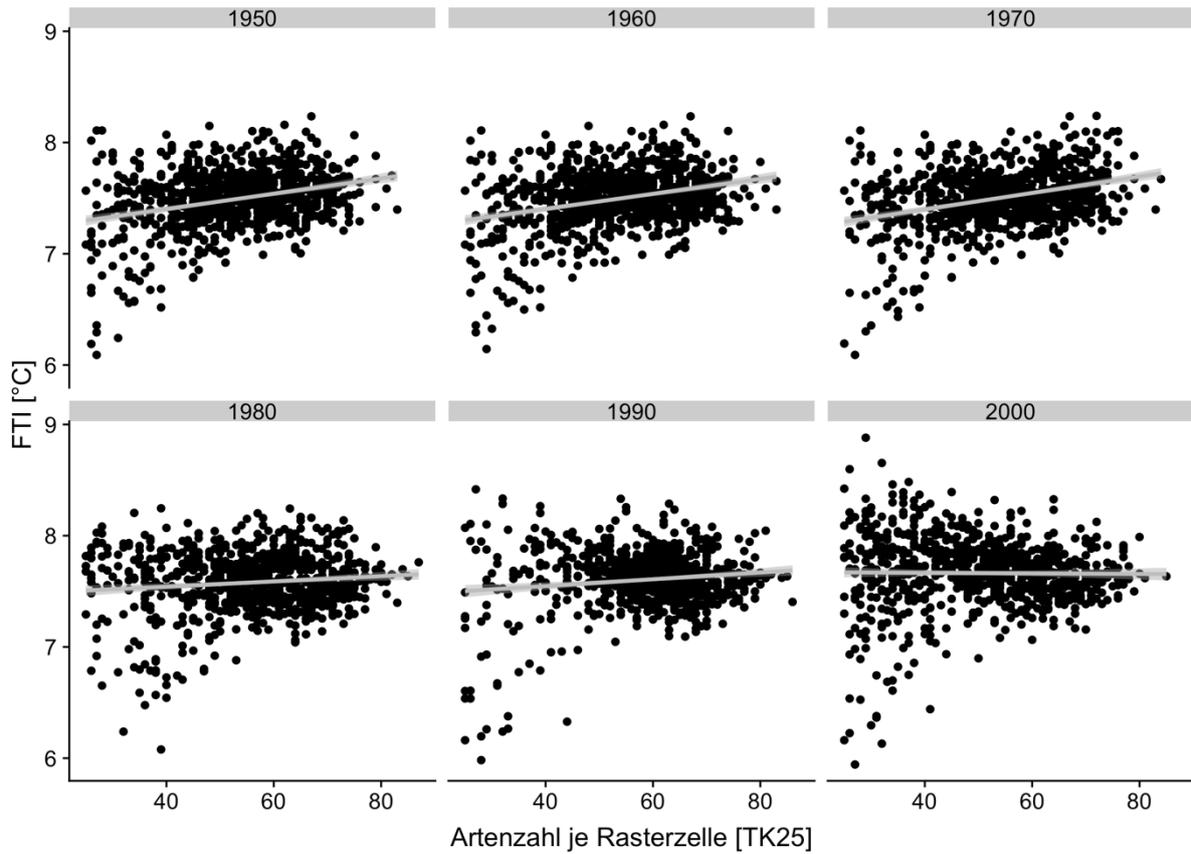


Abb. 2: Zusammenhang zwischen dem Floristischem Temperaturindex (FTI) und der Anzahl an Artenfunden in einem Messtischblatt (Rasterzelle). N = 845.

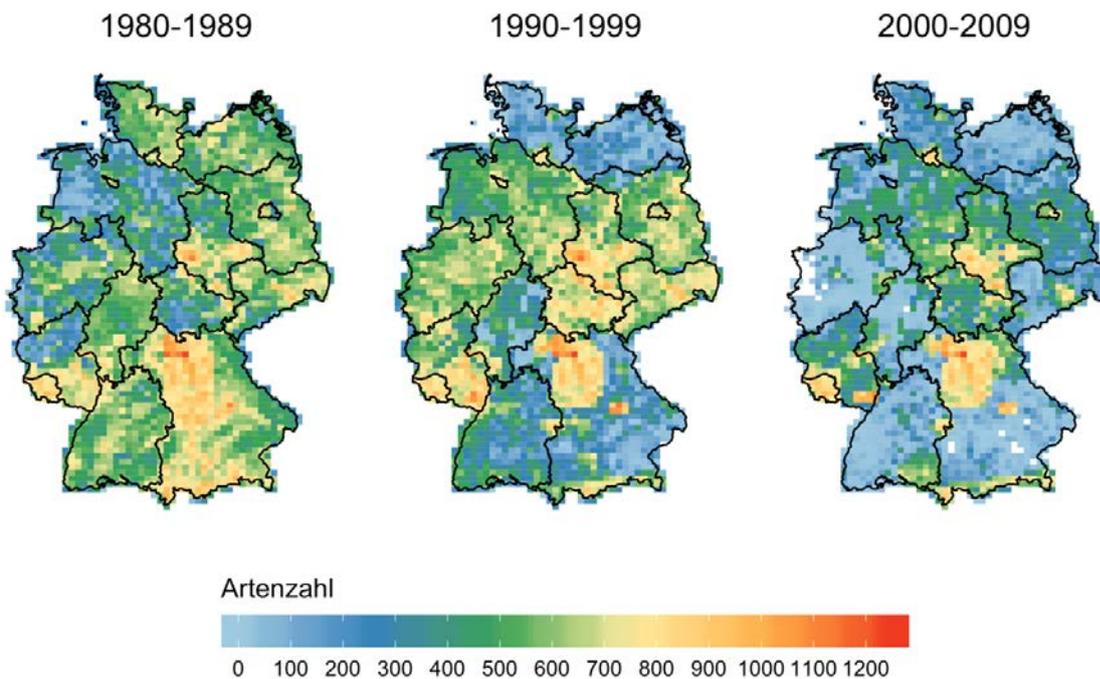


Abb. 3: Anzahl an Artenfunden in den TK25-Rasterzellen für die Zeiträume 1980-1989, 1990-1999 und 2000-2009. Gesamtartenzahl = 2.797. NA = weiß.

Tab. 1: Übersicht der kurzlebigen (ein- bis zweijährigen) Gefäßpflanzenarten (N = 118), für die eine deutsche (D) und eine europäische (E) Temperaturnische (STI) berechnet werden konnte.

Artnamen	D-STI	E-STI
<i>Abutilon theophrasti</i>	9,05365	9,00000
<i>Alliaria petiolata</i>	8,58014	8,17035
<i>Anchusa arvensis</i>	8,68522	7,57410
<i>Angelica archangelica</i>	8,84855	2,91867
<i>Angelica palustris</i>	8,92583	5,30399
<i>Angelica sylvestris</i>	8,47082	3,79721
<i>Anthemis austriaca</i>	8,97050	10,23671
<i>Anthemis cotula</i>	8,51949	10,22921
<i>Arabis hirsuta</i>	8,20528	3,46575
<i>Artemisia scoparia</i>	9,08872	5,94515
<i>Asperula arvensis</i>	8,40626	12,17646
<i>Barbarea stricta</i>	8,78499	5,11383
<i>Brassica oleracea</i>	8,53147	10,20690
<i>Bromus grossus</i>	8,35430	8,60870
<i>Bromus hordeaceus</i>	8,54256	8,25260
<i>Bromus sterilis</i>	8,68390	10,92627
<i>Bromus tectorum</i>	8,73788	9,74459
<i>Bupleurum rotundifolium</i>	8,39090	9,83950
<i>Cakile maritima</i>	8,59582	10,53765
<i>Campanula alpina</i>	4,51717	5,20181
<i>Campanula rapunculus</i>	8,79392	11,79126
<i>Carduus crispus</i>	8,64529	4,37200
<i>Carduus nutans</i>	8,58777	8,86372
<i>Carlina biebersteinii</i>	6,20872	3,79570
<i>Carum carvi</i>	8,17221	2,96731
<i>Centaurea cyanus</i>	8,57943	5,21361
<i>Cerastium semidecandrum</i>	8,85465	9,39961
<i>Ceratocarpus claviculata</i>	9,17877	9,25061
<i>Chaerophyllum temulum</i>	8,67857	9,22684
<i>Cirsium palustre</i>	8,47262	5,47841
<i>Conium maculatum</i>	8,75660	7,98649
<i>Crepis biennis</i>	8,46157	8,07714
<i>Crepis capillaris</i>	8,60431	11,37548
<i>Cynoglossum officinale</i>	8,64238	7,28544

Artname	D-STI	E-STI
<i>Echium vulgare</i>	8,52236	9,81099
<i>Erigeron acris</i>	8,50340	0,82093
<i>Eryngium maritimum</i>	8,55937	12,95005
<i>Erysimum crepidifolium</i>	8,32872	8,52571
<i>Euphorbia helioscopia</i>	8,51916	8,84144
<i>Filago pyramidata</i>	10,01167	12,79795
<i>Galeopsis bifida</i>	8,52007	3,41089
<i>Galeopsis segetum</i>	8,64210	9,99534
<i>Galeopsis speciosa</i>	8,26229	4,18722
<i>Galium aparine</i>	8,54021	8,28792
<i>Galium spurium</i>	8,45914	4,31722
<i>Galium tricornutum</i>	8,33000	8,24006
<i>Gentiana utriculosa</i>	6,52934	7,70603
<i>Gentianella aspera</i>	5,57559	5,38312
<i>Gentianella lutescens</i>	5,56022	6,60000
<i>Geranium columbinum</i>	8,38311	10,20789
<i>Geranium dissectum</i>	8,53927	11,50348
<i>Geranium molle</i>	8,75224	11,50404
<i>Geranium robertianum</i>	8,47428	9,38699
<i>Hyoscyamus niger</i>	8,71847	2,80791
<i>Inula conyzae</i>	8,52575	9,83784
<i>Lactuca serriola</i>	8,68420	8,95288
<i>Lamium purpureum</i>	8,51798	7,40402
<i>Lathyrus nissolia</i>	8,51404	11,24814
<i>Legousia speculum-veneris</i>	8,57529	10,98856
<i>Lepidium ruderale</i>	8,71980	6,55672
<i>Lindernia procumbens</i>	8,93497	10,80881
<i>Linum catharticum</i>	8,33462	7,00017
<i>Lomatogonium carinthiacum</i>	1,96573	-1,40591
<i>Malva neglecta</i>	8,57311	8,92682
<i>Malva pusilla</i>	8,83938	4,91491
<i>Matricaria recutita</i>	8,58427	8,01328
<i>Medicago lupulina</i>	8,49152	6,20955
<i>Medicago minima</i>	8,84382	12,29438
<i>Melampyrum arvense</i>	8,32976	7,91883
<i>Melampyrum sylvaticum</i>	6,86452	2,59787

Artname	D-STI	E-STI
<i>Melilotus albus</i>	8,51380	3,72440
<i>Melilotus officinalis</i>	8,52852	6,34502
<i>Moehringia trinervia</i>	8,48919	6,67523
<i>Myosotis arvensis</i>	8,52019	5,00772
<i>Myosotis stricta</i>	8,67989	5,92275
<i>Myosurus minimus</i>	8,73964	7,59065
<i>Neslia paniculata</i>	8,18556	3,51949
<i>Oenanthe conioides</i>	8,99703	8,90909
<i>Ornithopus perpusillus</i>	8,95341	10,33721
<i>Orobanche hederæ</i>	9,34170	10,76436
<i>Orobanche minor</i>	8,69630	9,92541
<i>Orobanche picridis</i>	9,38952	10,83831
<i>Orobanche reticulata</i>	7,51692	8,16981
<i>Papaver rhoeas</i>	8,58047	11,41453
<i>Pastinaca sativa</i>	8,57130	6,37143
<i>Pedicularis palustris</i>	7,93744	2,87714
<i>Ranunculus peltatus</i>	8,74289	7,70649
<i>Ranunculus sardous</i>	8,89611	10,20804
<i>Rhinanthus alectorolophus</i>	8,05976	8,77982
<i>Rhinanthus minor</i>	8,24441	4,86291
<i>Salsola kali</i>	8,75293	5,93935
<i>Scorzonera parviflora</i>	8,91616	5,46000
<i>Senecio jacobaea</i>	8,54588	6,16698
<i>Senecio viscosus</i>	8,54699	7,71430
<i>Senecio vulgaris</i>	8,52279	7,33610
<i>Sherardia arvensis</i>	8,45264	8,38175
<i>Silene noctiflora</i>	8,42402	6,53571
<i>Solanum nigrum</i>	8,77071	11,64028
<i>Teesdalia nudicaulis</i>	8,81979	9,65824
<i>Teucrium botrys</i>	8,23335	10,01527
<i>Thlaspi arvense</i>	8,52445	4,25563
<i>Torilis japonica</i>	8,56577	9,88553
<i>Tragopogon dubius</i>	8,97717	7,51551
<i>Tragopogon pratensis</i>	8,50958	7,61569
<i>Trifolium aureum</i>	8,18155	5,43669
<i>Trifolium campestre</i>	8,57148	10,69446

Artname	D-STI	E-STI
<i>Trifolium dubium</i>	8,52632	9,37835
<i>Trifolium spadiceum</i>	7,08486	3,74014
<i>Turgenia latifolia</i>	8,54975	10,54866
<i>Valerianella carinata</i>	8,81385	10,88272
<i>Verbascum thapsus</i>	8,46130	5,88354
<i>Veronica arvensis</i>	8,52076	7,73532
<i>Vicia lathyroides</i>	8,87880	10,54535
<i>Vicia tetrasperma</i>	8,60234	7,59101
<i>Viola arvensis</i>	8,52795	6,35001
<i>Viola kitaibeliana</i>	8,80038	11,53290
<i>Viola tricolor</i>	8,49488	5,26873
<i>Xanthium strumarium</i>	8,85869	8,11820

6.2 Sicherung des länderübergreifenden Biotopverbunds

<p>Verfasser/in des Kennblatts Arbeitsgruppe „Weiterentwicklung von Indikatoren zu Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt“ (IKB 2)³ im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz</p> <p>Bearbeiter/in: Dipl.-Ing. Cindy Baierl, Prof. Dr. Gert Rosenthal, Universität Kassel, FG Landschafts- und Vegetationsökologie</p> <p>Mitwirkend: Dr. Ulrich Sukopp, Dr. Elisa Braeckevelt, Bundesamt für Naturschutz, FG II 1.3 Monitoring Rainer Schliep, TU Berlin, FG Landschaftsplanung und Landschaftsentwicklung</p>	<p>Letzte Aktualisierung am 06.08.2019</p>
<p>Ansprechpartner/in Dipl.-Ing. Cindy Baierl, FG Landschafts- und Vegetationsökologie Dr. Elisa Braeckevelt, Bundesamt für Naturschutz, FG II 1.3 Monitoring</p>	<p>Nächste Fortschreibung</p>
<p>Bearbeitungs-/Entwicklungsstatus Realisierung Indikator-Prototyp</p>	

Einordnung

<p>Indikationsfeld Anpassung naturschutzfachlicher Strategien und Maßnahmen an den Klimawandel</p>	
<p>DPSIR (im ursprünglichen Indikatorenset) -</p>	<p>DPSIR in diesem Indikatorenset Response</p>

Beschreibung und Begründung

<p>Kurzbeschreibung Der Indikatorwert gibt den prozentualen Anteil jährlich neu ausgewiesener strenger Schutzgebiete (sgG; umfassen Nationalparke – NP, Naturschutzgebiete – NSG, Kern- und Pflegezonen der Biosphärenreservate – BR Kern- u. Pflegezonen) auf dem terrestrischen Bundesgebiet innerhalb der Flächen für den länderübergreifenden Biotopverbund (FBV) an. Der prozentuale Anteil neu ausgewiesener strenger Schutzgebiete innerhalb der FBV wird jährlich berechnet.</p>	<p>Einheit %</p>
---	-----------------------------

³ Prof. Dr. S. Heiland, A. Miller, R. Schliep (TU Berlin, FG Landschaftsplanung und Landschaftsentwicklung), Prof. Dr. G. Rosenthal, C. Baierl, V. Aljes (Uni Kassel, FG Landschafts- und Vegetationsökologie), Prof. Dr. U. Walz, S. Kretzschmar (HTW Dresden, Fakultät Landbau/Landespflege), Dr. C. Sudfeldt, S. Trautmann (Dachverband Deutscher Avifaunisten e.V.), W. Ackermann, D. Fuchs (PAN GmbH München), Dr. E. Braeckevelt, Dr. U. Sukopp (Bundesamt für Naturschutz, FG II 1.3 Monitoring)

Berechnungsvorschrift

Der jährliche prozentuale Zuwachs neu ausgewiesener streng geschützter Gebiete (Nationalparke, Naturschutzgebiete, Kern- und Pflegezonen der Biosphärenreservate), die innerhalb der Flächen für den länderübergreifenden Biotopverbund liegen, wird nach folgender Formel ermittelt:

$$\text{Indikatorwert} = \frac{\text{Nettozuwachs (ha) streng geschützter Gebiete in FBV} \times 100}{\text{Gesamtnettozuwachs (ha) streng geschützter Gebiete}}$$

Da bei der Berechnung nach oben genannter Formel die Flächenverluste an strengen Schutzgebieten mitberücksichtigt werden, handelt es sich bei dem Indikatorwert um den Nettozuwachs in Prozent. Sich überlagernde Schutzgebietsflächen werden zusammengefasst, um Doppelanrechnungen auszuschließen. Offensichtliche Artefakte und Flächenveränderungen, die kleiner als 200 m² sind (meist durch unterschiedliche Digitalisierungsmethoden bedingt) gehen nicht in die Berechnung des Indikatorwerts ein.

sgG = streng geschützte Gebiete

FBV = Flächen für den länderübergreifenden Biotopverbund

Begründung

Artenvielfalt und genetische Vielfalt wildlebender Pflanzen- und Tierarten hängen maßgeblich vom Schutz geeigneter Habitats und Lebensräume ab (BMU 2007). Flächeninanspruchnahme und Landschaftszerschneidung, insbesondere durch Siedlungsbau und Verkehrswege, reduzieren die Zahl und Größe verbliebener Lebensräume kontinuierlich und führen zu deren zunehmender Fragmentierung und Isolierung. Neben der Größe und Qualität (z. B. im Hinblick auf Nahrungsverfügbarkeit und Habitatstrukturen) verbliebener Lebensrauminseln sind für den Fortbestand von Tier- und Pflanzenpopulationen zudem Wanderungs- und Ausbreitungsmöglichkeiten zwischen verschiedenen Vorkommen essentiell, um den genetischen Austausch zwischen den Populationen zu gewährleisten. Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund des Klimawandels entscheidend für die Erhaltung der biologischen Vielfalt, da viele Arten ihre Verbreitungsgebiete an die klimatischen Änderungen anpassen müssen (Doyle und Ristow 2006, Dunwiddie et al. 2009, Lawler 2009, Reich et al. 2012).

Die Ausweisung neuer streng geschützter Gebiete (Naturschutzgebiete, Nationalparke sowie Kern- und Pflegezonen der Biosphärenreservate) in der Flächenkulisse für den länderübergreifenden Biotopverbund trägt dazu bei, Biotopverbundflächen dauerhaft zu sichern. Nach Bundesrecht (s. nachfolgende Erläuterungen der Rechtsgrundlage) sind die Länder zur Schaffung eines Biotopverbunds auf mindestens 10 % der Landesfläche verpflichtet. Ziel ist die Erhaltung bzw. Wiederherstellung zusammenhängender Lebensräume, um Tier- und Pflanzenarten im Klimawandel eine Verschiebung von Verbreitungsgebieten zu ermöglichen und so irreversible lokale Aussterbeereignisse vorzubeugen. Neu ausgewiesene streng geschützte Gebiete sollen sich deshalb zunehmend am Biotopverbundkonzept ausrichten, um die Flächen für den länderübergreifenden Biotopverbund dauerhaft rechtlich zu sichern.

Um die Funktionalität eines länderübergreifenden Biotopverbunds zu gewährleisten, sollte dieser durch Biotopverbundsysteme auf lokaler, regionaler und internationaler Ebene ergänzt werden. Darüber hinaus sollten bei der klimawandelbezogenen Konzeption von Biotopverbundsystemen auch Zielarten im Fokus stehen, die besonders von den Folgen des Klimawandels betroffen sind (Zielarten eines Biotopverbundsystems sind z. B. Verantwortungsarten oder Rote-Liste-Arten).

Auf Basis der Biotopkartierungen der Bundesländer, der Daten zur Bodenbedeckung (Corine Landcover) und bekannter Vorkommen von Zielarten für den länderübergreifenden Biotopverbund wurde der Bestand an FBV ermittelt (Fuchs et al. 2010, Ackermann et al. 2013). Auf eine Kategorisierung dieser Flächen in Kernflächen, Verbindungsflächen und Verbindungselemente

wurde bewusst verzichtet, da die konkrete Funktion jeder Fläche u. a. von der betrachteten Zielart abhängt (Burkhardt et al. 2004). So kann ein und dieselbe Fläche für Arten mit geringer Mobilität den gesamten Lebensraum einer Population ausmachen und damit Kernflächencharakter haben, während sie für mobile Arten mit größeren Raumansprüchen den funktionalen Charakter einer Verbindungsfläche oder eines Verbindungselements hat.

Der Datensatz zu den Flächen für den länderübergreifenden Biotopverbund steht seit dem Jahr 2012 deutschlandweit für feuchte und trockene Lebensräume des Offenlands, für Waldlebensräume sowie für Europäische Vogelschutzgebiete (SPA) zur Verfügung. Von besonderer Bedeutung ist die tatsächliche Sicherung von Biotopverbundflächen durch strenge Schutzgebiete, die hier ausschließlich betrachtet werden sollen. Die Auswertungen werden jährlich durchgeführt und beginnen im Jahr 2010, seitdem das bundesweite Konzept für den länderübergreifenden Biotopverbund vorliegt.

Rechtsgrundlage und/oder Zielbezug

Biotopverbund (§§ 20 u. 21 BNatSchG):

Nach § 20 Abs. 1 BNatSchG ist ein Netz verbundener Biotope (Biotopverbund) auf mindestens 10 % der Fläche jedes Bundeslandes zu schaffen, um der voranschreitenden Zerschneidung und Verinselung von Lebensräumen auf verschiedenen räumlichen Ebenen entgegenzuwirken. Der länderübergreifende Biotopverbund gewinnt zunehmend an Bedeutung, da er einen wichtigen Beitrag dazu leistet, dass sich Tier- und Pflanzenarten durch Migration in ihrer Verbreitung an veränderte klimatische Bedingungen anpassen können. Mit der Ausweisung streng geschützter Gebiete wird ein wichtiger Beitrag zur Erreichung dieses Ziels geleistet (BMU 2010).

Als weitere mögliche Sicherungsmaßnahmen werden im BNatSchG weitere Flächenschutzkategorien des

§ 20 Abs. 2 BNatSchG, planungsrechtliche Vereinbarungen, langfristige vertragliche Vereinbarungen sowie andere geeignete Maßnahmen genannt.

Mit der gesetzlichen Verankerung und Spezifikation des Biotopverbunds in § 21 BNatSchG existiert ein wichtiges Instrument, um Tieren durch die Vorhaltung geeigneter Flächen Wanderungen und den genetischen Austausch zwischen Populationen zu ermöglichen. Laut BNatSchG § 21 Abs. 3 besteht der Biotopverbund aus Kernflächen, Verbindungsflächen und Verbindungselementen. Aufgrund ihrer Art, Ausstattung und Anordnung erlauben die Biotopverbundflächen sowohl Tieren als auch Pflanzen eine Verschiebung bzw. Anpassung ihrer Verbreitungsgebiete unter den Bedingungen sich verändernder Klimabedingungen. Diese Bestandteile liegen idealerweise in einer Landschaftsmatrix, die für Organismen durchgängig ist. Um den Biotopverbund langfristig zu gewährleisten, sollen dessen Bestandteile gem. § 21 Abs. 4 BNatSchG rechtlich gesichert werden.

Datengrundlage

Datenquelle

BfN Geofachdaten im Vektorformat:

- des länderübergreifenden Biotopverbunds in Deutschland (FBV) mit feuchten und trockenen Lebensräumen des Offenlandes, Waldlebensräumen sowie den Europäischen Vogelschutzgebieten (SPA)
- der strengen Schutzgebiete (sgG) mit den Naturschutzgebieten (NSG), Nationalparks (NLP) und den Kern- und Pflegezonen der Biosphärenreservate (BR Kern- u. Pflegezonen) Deutschlands

Räumliche Auflösung

1 : 200.000

NUTS

0

<p>Geographische Abdeckung Deutschland</p>	
<p>Zeitliche Auflösung Der Datensatz des länderübergreifenden Biotopverbunds wurde im Jahr 2010 erarbeitet und 2012 um die bis dato fehlenden Daten aus Hessen ergänzt. Seit dem Jahr 2012 steht er für das komplette Bundesgebiet zur Verfügung. Die Schutzgebietsdaten der NSG, NLP und BR werden seit 2010, dem Jahr der Veröffentlichung der FBV-Kulisse, für diesen Indikator ausgewertet. Die jährlichen Aktualisierungen melden die Länder i. d. R. bis zum Herbst jedes Jahres für das jeweilige Vorjahr an das BfN in Bonn (Fachgebiet Z 2.1 Naturschutzinformation, Geoinformation), das die Länderdaten zu einem Bundesdatensatz zusammenführt. Die Einarbeitung der Schutzgebietsdaten kann dementsprechend nur mit einem zeitlichen Verzug von etwa 2 Jahren erfolgen. Bspw. werden die Daten der NSG aus 2018 im Frühjahr 2020 zur Verfügung stehen. Jährlich seit 2010, aktuell bis 2017</p>	
<p>Beschränkungen Die Berechnung des Indikatorwerts setzt die Nutzung und Modifikation von Shapefiles der sgG in einem Geographischen Informationssystem (GIS) voraus. Da die Digitalisierungen der streng geschützten Gebiete teilweise stark je nach Bundesland und Zeitstand variieren, ist das Ergebnis der Überlagerung der Flächen der sgG von zwei aufeinanderfolgenden Jahren dahingehend zu überprüfen, ob es sich um tatsächliche Flächenveränderungen (Zuwächse oder Abgänge) oder um nicht reale, durch Digitalisierungsabweichungen entstandene Artefakte handelt. Dies gelingt mittels einer zweistufigen Plausibilitätsprüfung: 1. Registrierte Flächenveränderungen werden erst ab einer Mindestflächengröße vom 200 m² berücksichtigt und weiter geprüft. 2. Die Flächenveränderungen müssen ein Mindestverhältnis von Flächengröße (shape area) zu Flächenumfang (shape length) von 10 : 1 erfüllen, um als tatsächliche Flächenveränderungen in die Berechnung einzugehen. Mit der angewandten und stichprobenhaft validierten Plausibilitätsprüfung wird ein Filterergebnis erzielt, das für die Berechnung des Indikatorwerts geeignet und ausreichend ist.</p>	<p>Machbarkeit Der Indikator ist auf Basis vorhandener Daten uneingeschränkt anwendbar.</p>

Umsetzung – Aufwand und Verantwortlichkeit

<p>Aufwandsschätzung</p>		
Datenbeschaffung:	Niedrig	Eine datenhaltende Institution
Datenverarbeitung:	Mittel	Datenaufbereitung erforderlich
<p>Erläuterung: Die Geodaten zu den Flächen für den Biotopverbund werden durch das BfN (Fachgebiet II 2.1 Biotopschutz und Biotopmanagement, Dr. Peter Finck) bereitgestellt. Die Geodaten zu den sgG (NSG, NLP, BR Kern- und Pflegezonen) stammen ebenfalls vom BfN (Fachgebiet Z 2.1</p>		

Naturschutzinformation, Geoinformation, Ursula Euler). Die Geodaten der Schutzgebiete müssen zunächst in einem geostatistischen Verfahren plausibilisiert werden, bevor eine Verschneidung mit den FBV erfolgen kann.
Datenkosten Keine
Zuständigkeit Bundesamt für Naturschutz (BfN)
Anmerkung: Das Bundesamt für Naturschutz (BfN) als datenhaltende Institution wird für die Fortschreibung des Indikators vorgeschlagen.

Aussage

Interpretationsvorschrift Je größer der Flächenanteil neu ausgewiesener sgG innerhalb der FBV ist – bezogen auf die gesamte Fläche neu ausgewiesener sgG – desto stärker richten sich Schutzgebietsausweisungen am Ziel des länderübergreifenden Biotopverbunds aus und tragen damit als ein wichtiges rechtliches Instrument zur dauerhaften Sicherung von dessen Flächen bei.
Trend- und Statusanalyse Die Berechnung des Indikators erfolgt durch eine Verschneidung der Kulisse der FBV mit den im jeweiligen Jahr neu ausgewiesenen Flächen der sgG. Flächenverluste an strengen Schutzgebieten werden dabei im Sinne einer Bilanz berücksichtigt. Der prozentuale Flächenanteil der neu ausgewiesenen sgG sollte innerhalb der Kulisse der FBV möglichst hoch sein. Die Neuausweisungen strenger Schutzgebiete zeigen in den dargestellten Bilanzperioden von 2010 bis 2017 keinen eindeutigen Trend. Der Anteil neu ausgewiesener sgG innerhalb der FBV bewegt sich zwischen minimal 19,7 % (2010-2011) und maximal 48,0 % (2011-2012). In den letzten beiden Bilanzperioden wurden fast genau jeweils 31 % aller strengen Schutzgebiete in der FBV-Kulisse ausgewiesen. Der überwiegende Flächenanteil – zwischen 52,0 % (2011-2012) und 80,3 % (2014-2015) – der neuen strengen Schutzgebiete wird noch immer außerhalb der für den länderübergreifenden Biotopverbund bedeutenden Flächen ausgewiesen.
Handlungsempfehlungen Um Tier- und Pflanzenarten eine Reaktion auf den Klimawandel zu ermöglichen, sollte ein großräumig funktionierender länderübergreifender Biotopverbund geschaffen werden, damit die Arten aktuell und zukünftig geeignete Lebensräume erreichen können. Die Konnektivität von Habitaten ist eine Grundvoraussetzung für die Anpassung von Verbreitungsgebieten an veränderte klimatische Bedingungen. Für die Sicherung oder Wiederherstellung dieser Konnektivität bietet der länderübergreifende Biotopverbund eine wichtige konzeptionelle Grundlage, an welcher sich Neuausweisungen und Abgänge streng geschützter Gebiete stärker orientieren sollten.

Evaluierung

Stärken Der Indikator bildet den prozentualen Anteil des realen Flächenzuwachses der sgG in den FBV ab und hat damit einen eindeutigen Bezug zu Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel.

Da es sich um einen (einfachen) Indikatorwert handelt, ist dieser leicht kommunizierbar und verständlich.

Schwächen

Andere Maßnahmen und Flächen, die ebenfalls zur Sicherung des länderübergreifenden Biotopverbunds beitragen können, werden nicht berücksichtigt.

Der prozentuale Flächenzuwachs erlaubt keine Aussagen zum gesamten (absoluten) Umfang neuer Schutzgebietsausweisungen. Trotz eines hohen prozentualen Anteils in den FBV kann der Gesamtzuwachs sehr gering oder sehr groß sein.

Möglichkeiten zur Weiterentwicklung

Es besteht die Möglichkeit der Einbeziehung weiterer Gebietskategorien wie z. B. raumplanerischer Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für Natur und Landschaft oder von Flächen des Vertragsnaturschutzes etc.. Voraussetzung dafür wären allerdings entsprechende, für die Bundesebene aufbereitete Datensätze.

Graphische Darstellung

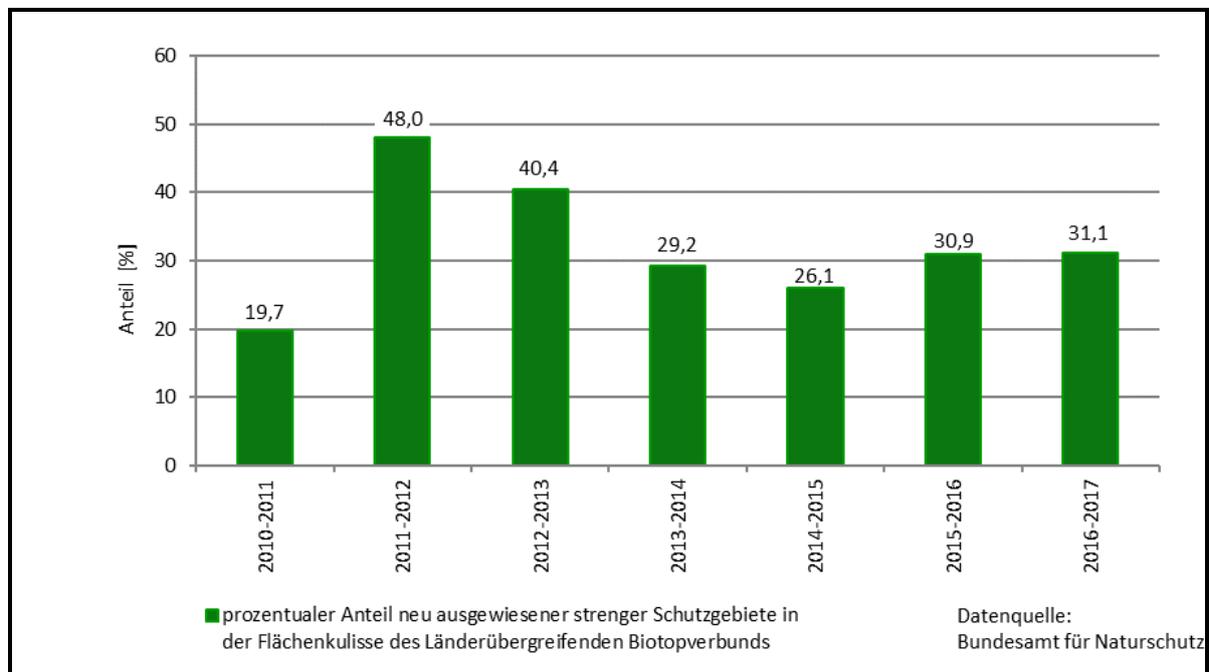


Abb.1.: Indikator „Sicherung des länderübergreifenden Biotopverbunds“: prozentualer Anteil neu ausgewiesener streng geschützter Gebiete (sgG) in den Flächen des länderübergreifenden Biotopverbunds (FBV) in den Bilanzzeiträumen von 2010 bis 2017.

Glossar

Biotopverbund

Der Begriff „Biotopverbund“ beschreibt die Erhaltung, Entwicklung und Wiederherstellung räumlicher Voraussetzungen und funktionaler Beziehungen in Natur und Landschaft, die erforderlich sind, um Tiere, Pflanzen, deren Lebensgemeinschaften und Lebensräume langfristig zu sichern (z. B. Burkhardt et al. 2004, Ullrich 2008).

Flächen für den länderübergreifenden Biotopverbund (FBV)	Unter Flächen für den länderübergreifenden Biotopverbund werden solche verstanden, die aufgrund ihrer aktuellen biotischen und abiotischen Ausstattung geeignet sind, die nachhaltige Sicherung von (Teil-)Populationen oder Individuen standort- und naturraumtypischer Arten und von deren Lebensräumen zu gewährleisten und die selbst Ausgangsbereiche für Wiederbesiedlungsprozesse sein können (Burkhardt et al. 2004: 11; vgl. Fuchs et al. 2010: 17). Die entsprechenden Flächen wurden anhand von Kriterien wie Flächengröße, Ausprägung und Vollständigkeit, Unzerschnittenheit und Vorkommen von Zielarten für den Biotopverbund ermittelt. Diese Kriterien wurden von einer Bund-Länder-Arbeitsgruppe erarbeitet (Burkhardt et al. 2004, Fuchs et al. 2010).
Streng geschützte Gebiete (sgG)	Naturschutzgebiete (NSG), Nationalparke (NLP) und die Kern- und Pflegezonen der Biosphärenreservate (BR) gemäß §§ 23, 24 und 25 BNatSchG.

Quellen und weiterführende Informationen

- Ackermann, W., Schweiger, M., Sukopp, U., Fuchs, D., Sachteleben, J. (2013): Indikatoren zur biologischen Vielfalt. Entwicklung und Bilanzierung. Naturschutz und Biologische Vielfalt, Heft 132, Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg, 229 S.
- BMU – Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hg.) (2007): Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt. Eigenverlag, Berlin, 178 S.
- BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hg.) (2010): Dialogforum Biotopverbund. Dokumentation. Eigenverlag, Berlin, 17 S.
- Burkhardt, R., Baier, H., Bendzko, U., Bierhals, E., Finck, P., Jenemann, K., Liegl, A., Mast, R., Mirbach, E., Nagler, A., Pardey, A., Riecken, U., Sachteleben, J., Schneider, A., Szekely, S., Ullrich, K., Van Hengel, U., Zeltner, U., Zimmermann, F. (2004): Empfehlungen zur Umsetzung des § 3 BNatSchG „Biotopverbund“. Naturschutz und Biologische Vielfalt, Band 2, Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg, 84 S.
- Doyle, U., Ristow, M. (2006): Biodiversitäts- und Naturschutz vor dem Hintergrund des Klimawandels für einen dynamischen integrativen Schutz der biologischen Vielfalt. Naturschutz und Landschaftsplanung 38 (4): 101-106.
- Dunwiddie, P. W., Hall, S. A., Ingraham, M. W., Bakker, J. D., Nelson, K. S., Fuller, R., Gray, E. (2009): Rethinking conservation practice in light of climate change. Ecological Restoration 27 (3): 320-329
- Fuchs, D., Hänel, K., Lipski, A., Reich, M., Finck, P., Riecken, U. (2010): Länderübergreifender Biotopverbund in Deutschland. Grundlagen und Fachkonzept. Naturschutz und Biologische Vielfalt, Heft 96, Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg, 191 S.
- Hagerman, S. M., Chan, K. M. A. (2009): Climate change and biodiversity conservation: impacts, adaptation strategies and future research directions. F1000 Biology Reports. doi: 10.3410/B1-16.
- Lawler, J. J. (2009): Climate change adaptation strategies for resource management and conservation planning. – The Year in Ecology and Conservation Biology. Annals of the New York Academy of Sciences 1162: 79-98.
- Reich, M., Rüter, S., Prasse, R., Matthies, S., Wix, N., Ullrich, K. (2012): Biotopverbund als Anpassung an den Klimawandel? Naturschutz und Biologische Vielfalt, Heft 122, Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg, 170 S.

Ullrich, K. 2008: Biotopverbundsysteme. Online, URL: http://www.aid.de/downloads/1459_2008_biotopverbundsysteme.pdf [Zugriff: 11.06.2013]

6.3 Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität

<p>Verfasser/in des Kennblatts Arbeitsgruppe „Weiterentwicklung von Indikatoren zu Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt“ (IKB 2)⁴ im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz Bearbeiter/in: Prof. Dr. Ulrich Walz, Sarah Kretzschmar, Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW) Mitwirkend: Dr. Ulrich Sukopp, Dr. Elisa Braeckevelt, Bundesamt für Naturschutz, FG II 1.3 Monitoring Rainer Schliep, TU Berlin, FG Landschaftsplanung und Landschaftsentwicklung</p>	<p>Letzte Aktualisierung am 06.08.2019</p>
<p>Ansprechpartner/in Prof. Dr. Ulrich Walz, Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW) Dr. Elisa Braeckevelt, Bundesamt für Naturschutz, FG II 1.3 Monitoring</p>	<p>Nächste Fortschreibung</p>
<p>Bearbeitungs-/Entwicklungsstatus Neuentwicklung: Der Indikator wurde vollständig entwickelt und auf Basis von Landkreisgrenzen berechnet. Die Berechnungen sind auf die Nutzung anderer Berechnungsgrundlagen übertragbar. Eine Berechnung auf der Grundlage von 10-km²-INSPIRE-Rasterzellen wäre möglich.</p>	

Einordnung

<p>Indikationsfeld Anpassung naturschutzfachlicher Maßnahmen an den Klimawandel</p>	
<p>DPSIR (im ursprünglichen Indikatorenset) –</p>	<p>DPSIR in diesem Indikatorenset State</p>

Beschreibung und Begründung

<p>Kurzbeschreibung Der Indikator bilanziert mithilfe von vier Teilindikatoren die Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität auf Kreisebene als Voraussetzung für den Artenschutz im Klimawandel und als Ausdruck klimawandelresilienter Landschaften. Er wird mithilfe der vier Teilindikatoren „Vielfalt der Nutzungs- und Bodenbedeckungsklassen“, „Anteil wenig kulturbeeinflusster Flächen“, „Kleinräumige Vernetzung der Elemente“ und „Randliniendichte gewässerbetonter und gehölzdominierter Lebensräume“ gebildet, die in einer</p>	<p>Einheit Skala: sehr gering – gering – mittel – hoch – sehr hoch</p>
--	--

⁴ Prof. Dr. S. Heiland, A. Miller, R. Schliep (TU Berlin, FG Landschaftsplanung und Landschaftsentwicklung), Prof. Dr. G. Rosenthal, C. Baierl, V. Aljes (Uni Kassel, FG Landschafts- und Vegetationsökologie), Prof. Dr. U. Walz, S. Kretzschmar (HTW Dresden, Fakultät Landbau/Landespflege), Dr. C. Sudfeldt, S. Trautmann (Dachverband Deutscher Avifaunisten e.V.), W. Acker-mann, D. Fuchs (PAN GmbH München), Dr. E. Braeckevelt, Dr. U. Sukopp (Bundesamt für Naturschutz, FG II 1.3 Monitoring)

<p>Bewertungsmatrix zusammengeführt werden und die Bewertung der Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität eines Landkreises ergeben. Hierzu werden die Maßzahlen jedes Teilindikators jeweils fünf Bewertungsstufen mit steigendem „Punktwert“ zugeordnet. Die erreichten Punkte der Teilindikatoren werden summiert. Die Summe ergibt die Gesamtbewertung der Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität durch Zuordnung zu den Stufen „sehr gering“, „gering“, „mittel“, „hoch“ und „sehr hoch“.</p> <p>Die Berechnung der Teilindikatoren erfolgte für die Bezugseinheit Landkreise.</p> <p>Für eine bundesweite Aussage zu Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität wurden zwei Indikatorbestandteile aus den genannten Teilindikatoren gebildet:</p> <p>A. Verteilung der Flächenanteile der Landes-/Bundesfläche über die fünf Bewertungsstufen (sehr gering, gering, mittel, hoch und sehr hoch) (s. Abb. 2) und</p> <p>B. Flächenanteil an der Landes-/Bundesfläche, auf der der Indikator mindestens mittlere Bewertungen aufweist (also mittlere, hohe und sehr hohe Bewertungen) (s. Abb. 3).</p>	
<p>Berechnungsvorschrift</p> <p>Angelehnt an das von Haber etablierte Konzept der differenzierten Landnutzung (Haber 1998, Haber und Bückmann 2014), welches für eine nachhaltige und resiliente Landnutzung folgende Voraussetzungen postuliert:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Diversifizierung der vorherrschenden Landnutzung, ▪ mindestens 10-15 % der Fläche innerhalb einer Raumeinheit sollen für entlastende oder puffernde Nutzungen („naturbetonte“ Bereiche) zur Verfügung stehen, ▪ netzartige Verteilung der naturbetonten Bereiche, <p>wurden zur Bilanzierung der Lebensraumqualität vier Teilindikatoren ausgewählt.</p> <p>Diese vier Teilindikatoren sind zunächst jeweils eigenständig zu betrachten:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Vielfalt der Nutzungs- und Bodenbedeckungsklassen (Shannon Diversity Index – SHDI; Maß für Verschiedenheit bzw. Mannigfaltigkeit): Die Berechnung erfolgt unter der Annahme, dass bei einer bestimmten Anzahl unterschiedlicher Klassen die Diversität am höchsten ist, wenn alle Klassen die gleichen Anteile an der Gesamtfläche haben. 2. Anteil wenig kulturbeeinflusster Flächen: Anteil der Landschaftselemente mit den Hemerobiegraden ahemerob, oligohemerob und mesohemerob in % der Gebietsfläche eines Landkreises. 3. Kleinräumige Vernetzung der Elemente: Berechnung der Konnektivität/Verbundenheit gehölzdominierter Nutzungs- und Bodenbedeckungsklassen (Wälder, Gehölze, Hecken, Baumreihen). 4. Randliniendichte gewässerbetonter und gehölzdominierter Lebensräume: Randliniendichte gewässerbetonter und gehölzdominierter Lebensräume, Summe der Gewässer-Randlinien und Gehölz-Randlinien in m/ha pro Landkreis. <p>Berechnung:</p> <p>1. Vielfalt der Nutzungs- und Bodenbedeckungsklassen (Shannon Diversity Index – SHDI):</p>	

$$SHDI = - \sum_{i=1}^m (p_i \ln p_i)$$

nach McMargial und Marks (1995)

wobei: p_i = Flächenanteil der Nutzungs- und Bodenbedeckungsklasse i (Klassen von $i = 1$ bis $i = m$) an der Gesamtfläche

m = Anzahl der verschiedenen Klassen

$SHDI \geq 0$, ohne Einheit

Der Shannon's-Diversitätsindex ist ein auf der Informationstheorie beruhender Index für Vielfalt bzw. Heterogenität. Neben dem Simpson's Diversitätsindex und einigen anderen gehört er in der Ökologie zu den am häufigsten zur Beschreibung der Vielfalt angewendeten Indices (Colwell 2009). Neben dem Reichtum (Anzahl einer Art bzw. Flächeninhalt einer Nutzungsklasse) wird auch die Verteilung (Anteil an der Gesamtheit) in die Berechnung einbezogen.

Der SHDI ist gleich Null, wenn nur eine Nutzungsklasse vorliegt, es also keine Diversität gibt. Ist bei mehreren Nutzungsklassen ein deutlich dominanter Klassentyp vorherrschend, nimmt er geringe Werte an. Die Werte steigen mit zunehmender Klassenzahl und/oder mit zunehmender Gleichverteilung der Flächenanteile der Klassen.

Für jede Anzahl an Nutzungsklassen gibt es bei einer Gleichverteilung dieser Klassen genau eine maximal mögliche Shannon's Diversität. In die Berechnung wurden 21 Nutzungsklassen einbezogen.

2. Anteil wenig kulturbeeinflusster Flächen

$$\text{Anteil naturnaher Elemente} = \frac{A_{ahemerob} + A_{oligohemerob} + A_{mesohemerob}}{A_{gesamt}} \cdot 100$$

A = Fläche aller Nutzungsklassen mit der jeweiligen Hemerobiestufe

A_{gesamt} = Gesamtfläche des Gebietes (hier Landkreis in ha)

Für diesen Teilindikator wurden die Ergebnisse des vom IÖR-Monitor berechneten Indikators „Anteil naturbetonter Flächen an Gebietsfläche“ übernommen. Dieser zeigt den Flächenanteil von Landnutzungen mit den Hemerobiestufen ahemerob, oligohemerob und mesohemerob (nicht, schwach und mäßig kulturbeeinflusst) innerhalb eines Landkreises in %. Wenig kulturbeeinflusste Landschaftselemente bieten Rückzugsorte für bestimmte Arten, die den Einfluss menschlicher Kulturtätigkeit meiden. Das Vorhandensein solcher Flächen erhöht die Widerstandsfähigkeit einer Landschaft gegen Störungen (z. B. Lebensraumverlust aufgrund von Flächenverlust oder klimatisch veränderter Bedingungen).

3. Kleinräumige Vernetzung der Elemente

$$IND2_{CBI_{impr}} = \frac{(A_{G1}^2 + A_{G2}^2 + A_{G3}^2 + \dots + A_{Gn}^2)}{A_{Gebiet}}$$

nach Deslauries et al. (2018)

A_{Gn} = Gesamtfläche der Gruppe n , z. B. bestehend aus 3 Elementen $A_{G1} = A_{1,1} + A_{1,2} + A_{1,3}$
oder ein nicht zu einer Gruppe gehörendes Einzelelement, z. B. $A_{G2} = A_2$

A_{Gebiet} = Gesamtfläche der Gebietseinheit (hier Landkreis in ha)

Um die kleinräumige Vernetzung zu quantifizieren, wird die im Rahmen des City Biodiversity Indexes entwickelte IND2-Connectivity-Formel verwendet. Hierbei werden die innerhalb eines vorgegebenen Radius (hier 100 m) verbundenen Flächen summiert (Gesamtfläche einer Gruppe) und anschließend quadriert, mit den nichtverbundenen, ebenfalls quadrierten Einzelflächen aufsummiert und durch die gesamte Gebietsfläche dividiert. Flächen gelten als verbunden, wenn sie nicht mehr als 100 m voneinander entfernt sind und diese Distanz nicht durch Siedlungen oder Autobahnen, Bundesstraßen bzw. Landstraßen zerschnitten wird. Die hier verwendete Formel

zur Berechnung der Konnektivität bringt die Wahrscheinlichkeit zum Ausdruck, dass zwei zufällig gewählte Punkte in der Landschaft miteinander verbunden und nicht durch Barrieren getrennt sind. Sie berücksichtigt sowohl die Intra-Patch-Konnektivität (innerhalb einer jeden Fläche) als auch die Inter-Patch-Konnektivität (zwischen den Flächen). Der Indikator nimmt umso größere Werte an, je mehr Einzelflächen als miteinander vernetzt gelten.

In die Berechnung einbezogene Elemente sind Laubwald, Mischwald, Nadelwald und Gehölze.

4. Randliniendichte gewässerbetonter und gehölzdominierter Lebensräume

$$\text{Kantendichte} = \frac{\sum_{i=1}^m L_i}{A_{\text{gesamt}}}$$

L_i = Länge aller Kanten (Randlinien) der i-ten Klasse, z. B. Gewässer in m

m = Anzahl der verschiedenen Klassen

A_{gesamt} = Gesamtfläche des Gebietes (hier Landkreis in ha)

Für diesen Teilindikator wurden die Ergebnisse der vom IÖR-Monitor berechneten Indikatoren „Gehölzdominierte Ökotondichte“ und „Gewässerranddichte“ addiert. So beinhaltet diese Berechnung die Länge der Randlinien von Gehölz- und Waldrändern, Baumreihen und Hecken sowie die Randlinien von Still- und Fließgewässern in m bezogen auf die Gebietsfläche in ha.

Die vier berechneten Teilindikatoren wurden mit Hilfe einer Bewertungsmatrix aggregiert und bilden so gemeinsam den Indikator „Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität“. Hierzu wurde die Wertespanne jedes Teilindikators in fünf Intervalle eingeteilt, sodass die berechneten Werte jeweils den Bewertungsstufen „sehr gering“, „gering“, „mittel“, „hoch“ und „sehr hoch“ zugeordnet wurden. Den Bewertungsstufen wurden Punkte zugeteilt (Tab. 1). Für den Gesamtindikator „Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität“ ergibt sich durch Aufsummierung der Punkte der Teilindikatoren eine Skala, die von minimal 4 Punkten (alle Teilindikatoren sind in der niedrigsten Bewertungsstufe) bis zu maximal 20 Punkten (alle Teilindikatoren sind in der höchsten Bewertungsstufe) reicht. Die Teilindikatoren fließen gleichgewichtet in die Aggregation des Gesamtindikators ein.

Tab. 1: Bewertungsmatrix der Teilindikatoren des Indikators „Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität“.

Punkte	Vielfalt der Nutzungs- und Bodenbedeckungsklassen (ohne Dimension)	Anteil wenig kulturbeflügelter Flächen (in %)	Kleinräumige Vernetzung der Elemente (in ha)	Randliniendichte gewässerbetonter und gehölzdominierter Lebensräume (in m/ha)
1	1,00 – 1,31	0 – 20	0 – 400	0 – 25
2	1,31 – 1,56	20 – 40	400 – 800	25 – 50
3	1,56 – 1,80	40 – 60	800 – 1200	50 – 75
4	1,80 – 2,04	60 – 80	1200 – 1600	75 – 100
5	2,04 – 2,29	80 – 100	> 1600	100 – 125

Die Zahl der Punkte des Gesamtindikators wurde den fünf Bewertungsintervallen „sehr gering“, „gering“, „mittel“, „hoch“ und „sehr hoch“ zugeordnet (Tab. 2).

Die zwei Indikatoren für eine bundesweite Aussage zu Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität wurden wie folgt gebildet:

- Verteilung der Flächenanteile der Landes-/Bundesfläche über die fünf Bewertungsstufen: Summierung der Flächen der Landkreise jeder Bewertungsstufe (sehr gering, gering, mittel, hoch und sehr hoch) und Berechnung des prozentualen Anteils an der Gesamtfläche Deutschlands in %.

- Flächenanteil an der Landes-/Bundesfläche, auf der der Indikator mindestens mittlere Bewertungen aufweist: Summierung der Flächen, die mindestens die Bewertung „mittel“ erreicht haben (mittel, hoch und sehr hoch) und Berechnung des prozentualen Anteils an der Gesamtfläche Deutschlands in %.

Tab. 2: Bewertungsstufen des Indikators „Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität“.

Punkte	Bewertung der Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität
4 bis 7	Sehr gering
8 bis 10	Gering
11 bis 13	Mittel
14 bis 16	Hoch
17 bis 20	Sehr hoch

Begründung

Es ist davon auszugehen, dass in Deutschland alle Lebensräume durch den Klimawandel beeinflusst werden, wobei es jedoch lebensraumspezifisch zu unterschiedlichen Auswirkungen kommt und auch der Grad der Beeinflussung stark variieren kann (vgl. Thuiller 2007). Die aktuell vorherrschenden Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse unterliegen klimawandelbedingten Veränderungen (IPPC 2016). Dadurch können verschiedene Funktionen innerhalb eines Ökosystems beeinflusst werden, und es kann auch zu Störungen für die Lebewesen innerhalb dieser Systeme kommen. Insbesondere ist mit regional wie saisonal stark schwankenden Veränderungen des Wasserhaushalts zu rechnen (vgl. Dister und Henrichfreise 2009). Relevante Wirkfaktoren sind hier zum einen die Bodenerosion sowie die Veränderung der Wasserrückhalte- und -speicherfunktion von Böden (Jones et al. 2009), die wiederum Auswirkungen auf das Vorkommen unterschiedlicher Vegetationseinheiten und Lebensräume hat (Pompe et al. 2011).

Die Rolle der Lebensraumvielfalt in der Landschaft wird traditionell in Hinblick auf die Lebensraumansprüche einzelner Arten (Nahrung, Reproduktion etc.) betrachtet. Vor dem Hintergrund des Klimawandels gewinnt aber zunehmend der Aspekt der Interaktion zwischen mehreren Arten an Bedeutung: Die durch die phänologischen Daten schon seit längerer Zeit beschreibbaren Verschiebungen bestimmter jahreszeitlicher Entwicklungsphänomene von Tieren und Pflanzen führen zu einem Aufbrechen synökologischer Beziehungen und damit zu einer Gefährdung bestehender Artengemeinschaften. Gleichzeitig bilden sich neue Artengemeinschaften mit anderen Ansprüchen an ihre Lebensräume. Aufgrund veränderter Lebensbedingungen kann es zu Wanderbewegungen kommen. Hierbei spielen der Pool an Arten und deren Migrationsfähigkeit eine entscheidende Rolle (Kapos et al. 2008). Naturnahe Flächen dienen als Rückzugsareale und Artreservoir. Daher ist eine Vielfalt von Lebensräumen in der Landschaft ein wichtiger Beitrag zur Dynamik der Landschaftsentwicklung als Versicherung gegen Auswirkungen des Klimawandels. Eine Landschaft mit einem vielfältigen Mosaik verschiedener Lebensräume, welche miteinander verbunden sind, schafft grundlegende Stabilität, um Störungen auszugleichen. Durch Rückzugs- und Ausweichlebensräume werden die Überlebenschancen von Tieren und Pflanzen verbessert, sofern solche Lebensräume in ausreichender Zahl und ausreichender Nähe zueinander vorhanden sind.

Die Dynamik der Landschaftsentwicklung wird im Wesentlichen durch die Vielfalt an Strukturen und Lebensräumen bestimmt, die durch ausgewählte Landschaftsstrukturmaße beschrieben werden kann. Werden dabei bestimmte Schwellenwerte einzelner Landschaftsstrukturmaße unterschritten, ist die Funktionsfähigkeit des gesamten Landschaftsgefüges eingeschränkt, die Landschaft könnte sich verändern in Richtung eines neuen und weniger klimawandelresilienten Zustands. Zur Erfassung der Landschaftsstruktur existieren zwar eine große Anzahl von Maßen

(vgl. z. B. Schindler et al. 2008: 505), zur Beschreibung reichen in der Regel aber einige wenige Maße aus (Lausch und Herzog 2002: 13ff).

Bei der Entwicklung des Indikators wurde vor diesem Hintergrund davon ausgegangen, dass die Veränderungen der Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse die Lebensräume unterschiedlich stark beeinflussen. Dies führt zu veränderten Lebensbedingungen, auf die die Lebewesen reagieren. Die Landschaft muss als Puffer wirken und räumliche Reaktionen der Arten ermöglichen.

Eine klimaresiliente Landschaft muss daher folgende Eigenschaften aufweisen, um eine möglichst hohe Biodiversität bewahren zu können:

1. Divers und heterogen: Unterschiedliche Lebensräume erhöhen die Wahrscheinlichkeit eines Überlebens von Arten durch räumliche Ausweichmöglichkeiten, eine heterogene Landschaftsstruktur ermöglicht das Nebeneinander von Lebensräumen in einem kleinräumigen Mosaik.
2. Naturnah: Naturnahe Landschaftselemente dienen als Artreservoir.
3. Vernetzt: Erreichbare Landschaftselemente ermöglichen räumliche Anpassungsbewegungen.

Dabei ist es wichtig den Blick nicht nur auf die wenig vom Menschen beeinflussten Lebensräume zu verengen. In der (mittel-)europäischen Kulturlandschaft bieten kulturbeeinflusste Lebensräume bspw. in Städten einer Vielzahl von Arten Ausweich- und Rückzugsräume oder ermöglichen überhaupt erst einen hohen Grad an biologischer Vielfalt, bspw. durch das Auftreten vieler Arten, die an landwirtschaftliche Nutzungen angepasst sind.

Auch Duelli (1997) nennt als am besten geeigneten Faktoren, um die Biodiversität in agrarischen „Mosaik-Landschaften“ zu erfassen und zu bewerten, (1) die Habitatvariabilität (Anzahl der Biotoptypen je Raumeinheit), (2) die Habitatheterogenität (Anzahl der Habitatflächen (Patches) und Ökotonlängen je Raumeinheit und (3) die Flächenanteile natürlicher oder naturnaher und intensiv genutzter Flächen.

Auch im Konzept von Haber (1998) tragen Diversität, Vernetzung und naturnahe Elemente zu einer nachhaltigen Landnutzung bei.

Im Schweizer Biodiversitäts-Monitoring werden ebenfalls Indikatoren zu Ökotonen (E4: Länge linearer Landschaftselemente) und zur Vielfalt an Nutzungen (E5: Nutzungs- und Bedeckungsvielfalt des Bodens) verwendet (BAFU 2010).

Zur Bilanzierung von Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität wurden folgende vier Landschaftsstrukturmaße ausgewählt:

- Der Shannon Diversity Index (SHDI) beschreibt die Mannigfaltigkeit von Lebensräumen in der Landschaft. Dabei wird nicht nur die reine Anzahl verschiedener Lebensraumtypen zur Bewertung herangezogen, sondern auch die Flächenanteile dieser Lebensraumtypen. Dieser Index repräsentiert die Anforderung „divers“ (Teilindikator „Vielfalt der Nutzungs- und Bodenbedeckungsklassen“).
- Der Anteil wenig kulturbeeinflusster Flächen repräsentiert die Anforderung „naturnah“ (Teilindikator „Anteil wenig kulturbeeinflusster Flächen“).
- Der Connectivity Index ist ein Maß für den Vernetzungsgrad der Landschaftselemente und dient damit der Abbildung der Anforderung „vernetzt“ (Teilindikator „Kleinräumige Vernetzung“).
- Die Randliniendichte bzw. Kantendichte gibt das Verhältnis der Länge der Grenzlinien der Elemente zur Gebietsfläche wieder. Es wurden die Randlängen gehölzdominierter und gewässerdominierter Ökotope (Edge Density) herangezogen. Dieser Teilindikator spiegelt die Anforderung „heterogen“ wider, da eine Landschaft mit vielen Grenzlinien besonders heterogen ist (Teilindikator „Kantendichte“).

Die Berechnungen erfolgten auf Grundlage der Landkreise und kreisfreien Städte. Eine Berechnung auf Basis des 10-km²-INSPIRE-Grids wäre zukünftig möglich, um standardisierte Flächengrößen als Bezugseinheiten zu nutzen.

Die vier Teilindikatoren ergänzen sich und bilden in ihrer Gesamtheit den Indikator „Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität“. Die Teilindikatoren wurden mit gleicher Gewichtung aggregiert (s.o.).

Rechtsgrundlage und/oder Zielbezug

Die Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt strebt im Kapitel „Konkrete Vision“, Abschnitt B 1.1.3 Vielfalt der Lebensräume, eine dauerhafte Sicherung naturraumtypischer Vielfalt von Lebensräumen an. „Die Lebensräume und ihre Lebensgemeinschaften sind in ein funktionsfähiges ökologisches Netzwerk eingebunden und befinden sich in einem günstigen Erhaltungszustand“ (BMU 2007: 28).

Ferner wird im Kapitel „Konkrete Vision“, Abschnitt B 1.3.2 Kulturlandschaften, die „Definition einer naturraumbezogenen Mindestdichte von zur Vernetzung von Biotopen erforderlichen linearen und punktförmigen Elementen (z. B. Saumstrukturen, Hecken, Feldraine, Trittsteinbiotope) bis 2010 und Abbau bestehender Unterschreitungen“ angestrebt (BMU 2007: 42). Eine naturraumbezogene Mindestdichte wurde allerdings bislang nicht definiert.

Die Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel fordert die Verringerung von „beeinträchtigenden Nutzungsformen“ zur Unterstützung von voraussichtlich besonders vom Klimawandel betroffenen Arten und Biotopen, die Etablierung von Ausweichhabitaten im Küstenraum und die Erhöhung der Strukturvielfalt von Gewässern (Bundesregierung 2008: 27), ohne dezidiert auf die Lebensraumvielfalt auf der Landschaftsebene einzugehen.

In der Novelle des Bundesnaturschutzgesetzes 2009 wird in § 21 „Biotopverbund, Biotopvernetzung“ als neue Regelung zur Biotopvernetzung auf regionaler Ebene im Abs. 6 neu aufgeführt: „Auf regionaler Ebene sind insbesondere in von der Landwirtschaft geprägten Landschaften zur Vernetzung von Biotopen erforderliche lineare und punktförmige Elemente (Saumstrukturen, insbesondere Hecken und Feldraine sowie Trittsteinbiotope) zu erhalten und dort, wo sie nicht in ausreichendem Maße vorhanden sind, zu schaffen (Biotopvernetzung)“ (BNatSchG 2010).

Regelungen zur Mindestdichte von Kleinstrukturen in Agrarlandschaften finden sich beispielsweise in den Landesnaturschutzgesetzen von Baden-Württemberg (NatSchG BW, § 5), Nordrhein-Westfalen (LG NRW, § 2c, Abs. 3) oder Sachsen (SächsNatSchG, § 1c, Abs. 2), allerdings ohne spezifische Zielwerte.

Datengrundlage

Datenquelle	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem (ATKIS Basis-DLM) ▪ Digitales Landbedeckungsmodell für Deutschland (LBM-DE) ▪ Flächenschema des IÖR-Monitors (basierend auf dem ATKIS Basis-DLM) ▪ Indikatoren des IÖR-Monitors 	
Räumliche Auflösung	NUTS
Kreisebene	3
Geographische Abdeckung	
Deutschland	
Zeitliche Auflösung	
3-5-jährig	

<p>Beschränkungen</p> <p>Einschränkungen betreffen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Die jährliche Wiederholbarkeit, da die Datengrundlage LBM-DE nur ca. alle 3-5 Jahre erhoben wird. ▪ Die inhaltliche Auflösung, da ATKIS die Vegetation teilweise wenig differenziert erfasst. 	<p>Machbarkeit</p> <p>Aufgrund der amtlich festgeschriebenen Aktualisierungszyklen von ATKIS kann dieser Indikator regelmäßig erhoben werden</p>
---	---

Umsetzung – Aufwand und Verantwortlichkeit

Aufwandsschätzung		
Datenbeschaffung:	Niedrig	Eine datenhaltende Institution
Datenverarbeitung:	Mittel	Datenaufbereitung erforderlich
<p>Erläuterung:</p> <p>Die Daten werden vom Bundesamt für Kartographie und Geodäsie abgegeben. Einzelne Teilindikatoren (Naturbetonte Flächen, Randdichten) werden im Rahmen des IÖR-Monitors kostenlos öffentlich zur Verfügung gestellt. Die übrigen Teilindikatoren müssen selbst berechnet werden.</p>		
<p>Datenkosten</p> <p>Keine, da von öffentlicher Hand im Rahmen der Amtshilfe kostenlos</p>		
<p>Zuständigkeit</p> <p>Bundesamt für Naturschutz. Berechnung durch IÖR Dresden und HTW Dresden</p>		
<p>Anmerkung:</p> <p>Keine</p>		

Aussage

<p>Interpretationsvorschrift</p> <p>Je größer der Indexwert, desto höher ist die Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität bezogen in der betrachteten Raumeinheit. Je niedriger der Indexwert, desto geringer ist die Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität in der betrachteten Raumeinheit.</p> <p>Je größer die Fläche Deutschlands mit möglichst hoher Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität und je größer der Anteil der betrachteten Raumeinheiten mittlerer bis sehr hoher Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität, desto mehr bewegt sich der Indikatorwert hin zu einem wünschenswerten Zustand in Deutschland bzw. in Richtung Ziel.</p> <p>Ein Zielwert könnte z. B. lauten, dass auf mindestens 90 % der Landes- bzw. Bundesfläche mittlere und höhere Werte erreicht werden.</p>
<p>Trend- und Statusanalyse</p> <p>Da der Indikator erstmalig für einen Zeitschnitt berechnet wurde, ist eine Trendanalyse bisher nicht möglich.</p> <p>Der aktuelle Status zeigt, dass 43 % der Landkreise wenigstens mittlere Werte erreichen (Abb. 3). Der Anteil der Landkreise mit geringen Werten (45 %) und sehr geringen Werten (12 %) ist vergleichsweise hoch (Abb. 2).</p>
<p>Handlungsempfehlungen</p>

Der Indikator zeigt, dass es in Deutschland Landschaftsbereiche gibt, die wenig vielfältig bzw. wenig heterogen sind, geringe Anteile naturnaher Elemente aufweisen oder gering vernetzt sind. In solchen Bereichen müssen Maßnahmen verstärkt ansetzen und Wege zu einer Restrukturierung der Landschaft mit naturnahen Elementen gesucht werden. Dazu sollten geeignete Förderinstrumente aufgelegt werden, z. B. zum (kleinräumigen) Biotopverbund.

Evaluierung

Stärken

Der Indikator ist auf der Grundlage regelmäßig erhobener Daten in standardisierter Form zu berechnen. Die Teilindikatoren sind relativ einfach gehalten sowie anschaulich und nachvollziehbar.

Schwächen

Der Indikator bilanziert mit der Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität in der Landschaft das Ergebnis von (naturschutzfachlichen) Maßnahmen, die nicht zwingend infolge des Klimawandels umgesetzt werden, sondern auch als Reaktion auf den allgemeinen Landschaftswandel infolge der Intensivierung von Landnutzung, Infrastrukturausbau etc.

Eine vielfältige Landschaftsstruktur muss nicht notwendigerweise typisch für eine bestimmte Region sein. Es gibt regionale Unterschiede der Naturausstattung und Nutzungsgeschichte.

Möglichkeiten zur Weiterentwicklung

Bei einer Weiterentwicklung des Indikator-Prototyps sind folgende Ansatzpunkte denkbar bzw. wünschenswert:

- Die Berechnung auf der Grundlage von regelmäßigen Gitterzellen des INSPIRE-Grids (z. B. 10 x 10 km²) würde die Fläche der Bezugseinheit konstant halten. Die räumliche Vergleichbarkeit wäre damit besser gewährleistet.
- Bisher fließen alle Teilindikatoren gleichwertig in das Bewertungsschema ein. Diese Gleichwertigkeit ist eine Annahme, die ggf. zu überprüfen ist. Auch die gesetzten Klassengrenzen könnten noch diskutiert werden.

Im Zuge einer Weiterentwicklung sollte geprüft werden, ob ggf. auf Basis einer naturräumlichen Untergliederung Deutschlands sowie unter Betrachtung der unterschiedlichen landschaftlichen Voraussetzungen regionalisiert wünschenswerte Zustände in Hinblick auf die Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität definiert werden können.

Graphische Darstellung

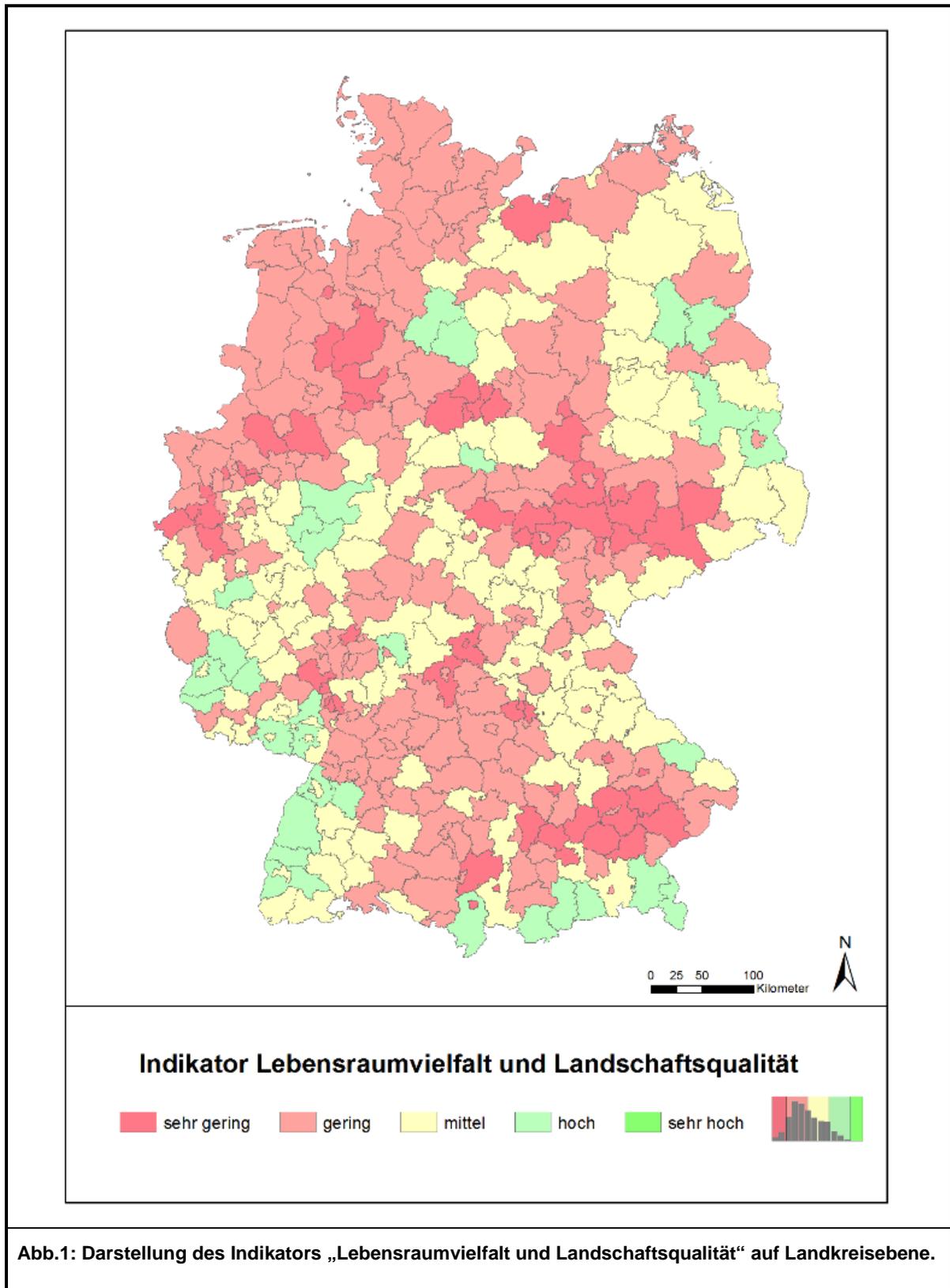




Abb.2: Darstellung der 5-stufigen Bewertung der Lebensraumvielfalt und Landschaftsqualität der Landkreise Deutschlands. Die Teilindikatoren wurden 5-stufig bewertet, die Zusammenführung und Endbewertung der erreichten Punkte erfolgte ebenfalls 5-stufig (s. Tab. 2).

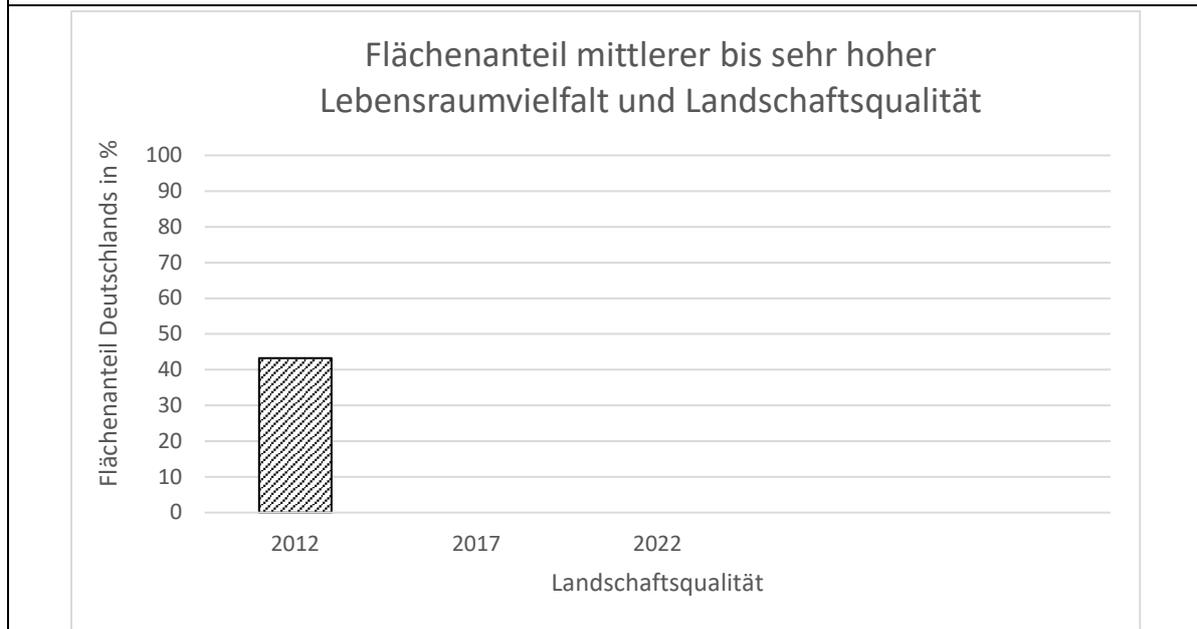


Abb. 3: Darstellung des prozentualen Anteils der drei höchsten Bewertungsstufen an der Fläche der Landkreise Deutschlands (mittel, hoch, sehr hoch der 5-stufigen Bewertung, wobei sehr hoch bisher nicht besetzt ist).

Glossar

Biotop	Ein Biotop ist ein Lebensraum einer Lebensgemeinschaft.
Habitat	Ein Habitat ist im ursprünglichen, autökologischen Sinne der Lebensraum einer Art, mittlerweile wird der Begriff auch synonym zum (synökologischen) Biotopbegriff für den Lebensraum einer Lebensgemeinschaft verwendet.
Hemerobie	<p>Hemerobie ist ein Maß für den gesamten Einfluss des Menschen auf Ökosysteme und kann mit menschlichem Kultureinfluss übersetzt werden (Kowarik 2006). Im Sprachgebrauch des Naturschutzes wird Hemerobie synonym mit dem Begriff Naturferne verwendet. Die Beeinflussung von Ökosystemen durch den Menschen wird in sieben Hemerobiegrade von „kein Kultureinfluss“ (ahemerob) bis „übermäßig starker Kultureinfluss“ (metahemerob) eingeteilt (s. folgende Graphik: IÖR 2013; s. a. Walz und Stein 2014)</p> <p style="text-align: center;"> ahemerob (nicht) oligohemerob (schwach) mesohemerob (mäßig) β-euhererob (mäßig-stark) α-euhererob (stark) polyhemerob (sehr stark) metahemerob (übermäßig stark) </p>
Ökoton	Als Ökoton wird in der Ökologie der Übergangsbereich zwischen zwei verschiedenen Ökosystemen bezeichnet. Oft sind Ökotope besonders artenreich und weisen eine höhere Artenvielfalt auf als die Summe der Arten, die in den angrenzenden Gebieten vorkommen (Tansley 1939, Duelli 1997, Hansen und DiCastrì 1992).
Resilienz	Als Resilienz wird die Fähigkeit von Landschaften verstanden, Störungen zu absorbieren und sich so zu reorganisieren, dass ihre Eigenart, wesentlichen Funktionen, Strukturen und Rückkopplungsprozesse erhalten bleiben (vgl. Walker et al. 2004).
Shannon Diversity Index	Der Shannon Diversity Index beschreibt als Landschaftsstrukturmaß die Vielfalt der Lebensräume und berücksichtigt dabei sowohl die Anzahl unterschiedlicher Lebensraumtypen als auch deren Abundanz (Häufigkeit).

Quellen und weiterführende Informationen

BAFU – Bundesamt für Umwelt (2010): Alle Indikatoren in Kürze: Basisdaten aus dem Biodiversitäts-Monitoring Schweiz BDM.

BMU – Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hg.) (2007): Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt. Eigenverlag, Berlin, 178 S.

Bundesnaturschutzgesetz vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2542), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 15. September 2017 (BGBl. I S. 3434) geändert worden ist

Bundesregierung (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Online, URL: http://www.bmub.bund.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das_gesamt_bf.pdf [Zugriff: 19.01.2018].

Colwell, R. K. (2009): Biodiversity: Concepts, Patterns, and Measurement. – In: Levin, S. A. (Hg.): The Princeton guide to ecology. – 257-263; Princeton (Univ. Press).

Deslauriers, M. R.; Asgary, A.; Nazarnia, N., Jaeger, J. A. G. (2018): Implementing the connectivity of natural areas in cities as an indicator in the City Biodiversity Index (CBI). Ecological Indicators (94 (2)): 99-113.

- Dister, E. R., Henrichfreise, A. (2009): Veränderungen des Wasserhaushaltes und Konsequenzen für den Naturschutz. *Natur und Landschaft*, 84 (1): 26-31.
- Duelli, P. (1997): Biodiversity evaluation in agricultural landscapes: An approach at two different scales. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 62: 81-91.
- Haber, W. (1998): Das Konzept der differenzierten Landnutzung. Grundlage für Naturschutz und nachhaltige Naturnutzung. In: BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit [Hg.]: Ziele des Naturschutzes und einer nachhaltigen Naturnutzung in Deutschland. Tagungsband zum Fachgespräch 24. und 25. März 1998: 57-64.
- Haber, W., Bückmann, W. (2014): Nachhaltiges Landmanagement, differenzierte Landnutzung und Klimaschutz. – FAGUS-Schriften, 16, Technische Universität Berlin.
- Hansen, A. J., di Castri, F. (Hg.) (1992): Landscape boundaries. Consequences for biotic diversity and ecological flows. *Ecological studies*, 92, 452 S.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2016): Klimaänderung 2014: Synthesebericht. Beitrag der Arbeitsgruppen I, II und III zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC). 145 S. [Hauptautoren, R.K. Pachauri und L.A. Meyer (Hg.). IPCC, Genf, Schweiz. Deutsche Übersetzung durch Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Bonn, 2016.]. Online, URL: <https://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/deutch/IPCC2007-SYR-german.pdf> [Zugriff: 05.08.2019]
- Jones, A., Stolbovoy, V., Rusco, E., Gentile, A.-R., Gardi, C., Marechal, B., Montanarella, L. (2009): Climate change in Europe. 2. Impact on soil. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 29: 423-432.
- Kapos, V., Scharlemann, J., Campbell, A., Chenery, A., Dickson, B. (2008): Impacts of Climate Change on Biodiversity: A review of the recent scientific literature. – 53 S. (UNEP World Conservation Monitoring Centre.).
- Kowarik, I. (2006): Natürlichkeit, Naturnähe und Hemerobie als Bewertungskriterien. In: Fränze, O., Müller, F., Schröder, W. (Hg.): *Handbuch der Umweltwissenschaften: Grundlagen und Anwendungen der Ökosystemforschung*. 16. Erg. Lfg. Landsberg, S. VI.3-12.
- Lausch, A., Herzog, F. (2002): Applicability of landscape metrics for the monitoring of landscape change: issues of scale, resolution and interpretability. *Ecological Indicators* 2 (1-2): 3–15.
- McGarigal, K., Marks, B. J. (1995): FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-351. Portland, 122 S.
- Pompe, S., Berger, S., Bergmann, J., Badeck, F., Lübbert, J., Klotz, S., Rehse, A.-K., Söhlke, G., Sattler, S., Walther, G.-R., Kühn, I. (2011): Modellierung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Flora und Vegetation in Deutschland: Ergebnisse aus dem F+E-Vorhaben FKZ 805 81 001. – BfN-Skripten, 304: 98 S.; Bonn-Bad Godesberg (Bundesamt für Naturschutz).
- Schindler, S., Poirazidis, K., Wrška, T. (2008): Towards a core set of landscape metrics for biodiversity assessments: A case study from Dardia National Park, Greece. *Ecological Indicators* 8 (5): 502–514.
- Tansley, A. G. (1939): *The British islands and their vegetation: Volume 1*. Cambridge (Cambridge University Press), 484 S.
- Thuiller, W. (2007): Climate change and the ecologist. *Nature* 448 (2): 550-552.
- Walker, B., Holling, C. S., Carpenter, S. R., Kinzig, A. (2004): Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems. *Ecology and Society* 9 (2): 5.
- Walz, U., Stein, C. (2014): Indicators of hemeroby for the monitoring of landscapes in Germany. *Journal for Nature Conservation*, 22 (3): 279-289.

7 Factsheets der fortgeschriebenen Indikatoren

7.1 Phänologische Veränderungen bei Wildpflanzenarten

Verfasser:	Universität Stuttgart, Institut für Raumordnung und Entwicklungsplanung (Dr. Livia Schäffler) i. A. des Bundesamtes für Naturschutz, FKZ 3511 82 0400	
Mitwirkung:	Deutscher Wetterdienst, Referat Nationale Klimaüberwachung Universität Stuttgart, Institut für Raumordnung und Entwicklungsplanung (Prof. Dr. Stefan Siedentop) TU Berlin, FG Landschaftsplanung und Landschaftsentwicklung (Prof. Dr. Stefan Heiland, Rainer Schliep) Bundesamt für Naturschutz, FG II 1.3 Monitoring (Dr. Ulrich Sukopp, Dr. Elisa Braeckevelt)	
Letzte Aktualisierung:	30.09.2013	Universität Stuttgart, Institut für Raumordnung und Entwicklungsplanung (Dr. Livia Schäffler)
	06.05.2014	TU Berlin, FG Landschaftsplanung und Landschaftsentwicklung (Rainer Schliep)
	27.02.2019	PAN GmbH München (Werner Ackermann)
Nächste Fortschreibung:	2020	

I Beschreibung

Interne Nr. BD-I-1	Titel: Phänologische Veränderungen bei Wildpflanzenarten
Einheit: Anzahl Kalendertage <u>Zusatz:</u> Anzahl Kalendertage	Kurzbeschreibung des Indikators: Beginn (Eintrittsdatum) und Dauer zehn phänologischer Jahreszeiten für einen 30-jährigen Referenzzeitraum (1951-1980), einen 30-jährigen Vergleichszeitraum (1981-2010) und einen fortlaufenden Zeitraum der jeweils letzten verfügbaren 30 Jahre (Phänologische Uhr für Wildpflanzen in Deutschland) <u>Zusatz:</u> Dauer der Vegetationsperiode als Summe der Tage des phänologischen Frühlings, Sommers und Herbstes
	Berechnungsvorschrift: Phänologische Uhr für Wildpflanzen in Deutschland: Der Beginn der phänologischen Jahreszeiten wird durch den Eintritt folgender phänologischer Leitphasen bestimmt (Angaben in der Liste: Nummer, Bezeichnung der phänologischen Jahreszeit, Name der Wildpflanzenart, Ereignis in der Entwicklung der Pflanze im Jahresgang): 1. Vorfrühling: Huflattich (<i>Tussilago farfara</i>) – Beginn der Blüte 2. Erstfrühling: Buschwindröschen (<i>Anemone nemorosa</i>) – Beginn der Blüte 3. Vollfrühling: Stieleiche (<i>Quercus robur</i>) – Beginn der Blättentfaltung

4. Frühsommer: Schwarzer Holunder (*Sambucus nigra*) – Beginn der Blüte
5. Hochsommer: Sommerlinde (*Tilia platyphyllos*) – Beginn der Blüte
6. Spätsommer: Eberesche (*Sorbus aucuparia*) – Entwicklung erster reifer Früchte
7. Frühherbst: Schwarzer Holunder (*Sambucus nigra*) – Entwicklung erster reifer Früchte
8. Vollherbst: Hängebirke (*Betula pendula*) – Beginn der Blattverfärbung
9. Spätherbst: Rotbuche (*Fagus sylvatica*) – Beginn des Blattfalls (extrapoliert)
10. Winter: Stieleiche (*Quercus robur*) – Beginn des Blattfalls (extrapoliert)

Über den Zeitraum der letzten 30 Jahre (gleitendes Zeitfenster bis zum jeweils letzten verfügbaren Jahr) werden die bundesweiten Mittelwerte der Eintrittsdaten der zehn aufeinanderfolgenden phänologischen Jahreszeiten berechnet und den entsprechenden Mittelwerten aus dem 30-jährigen Referenzzeitraum 1951 bis 1980 und dem 30-jährigen Vergleichszeitraum 1981 bis 2010 gegenübergestellt.

$$\text{Mittelwert } ED_x = \frac{\sum_{i=1}^n \emptyset ED_x}{n}$$

ED Eintrittsdatum einer phänologischen Jahreszeit

\emptyset bundesweites Jahresmittel

x Nummer der phänologischen Jahreszeit (1-10)

n = 30 Anzahl der Jahre für den aktuellen Zeitraum (veränderlich über die jeweils letzten 30 verfügbaren Jahre), den Referenzzeitraum (unveränderlich über die Jahre 1951 bis 1980) und den Vergleichszeitraum (unveränderlich über die Jahre 1981 bis 2010)

Zusatz: Dauer der Vegetationsperiode

Die Berechnung der Dauer der Vegetationsperiode erfolgt tagesgenau entsprechend dem täglichen Meldungsrhythmus der Beobachter nach den Richtlinien des Deutschen Wetterdienstes (DWD) für die Jahresmelder. Die Dauer der Vegetationsperiode entspricht der Summe der Tage des phänologischen Frühlings, Sommers und Herbstes und ergibt sich aus der Differenz zwischen den Eintrittsdaten des phänologischen Winters und des phänologischen Vorfrühlings. Sie wird fortlaufend gegen die Beobachtungsjahre aufgetragen und im Zusammenhang mit den jeweiligen mittleren Temperaturen aus den drei Monaten dargestellt, die diesen beiden phänologischen Jahreszeiten vorhergehen.

$$d_{VP} = \emptyset ED_{Winter} - \emptyset ED_{Vorfrühling}$$

d_{VP} Dauer der Vegetationsperiode

ED Eintrittsdatum einer phänologischen Jahreszeit

\emptyset bundesweites Jahresmittel

Die Datenbasis für den Indikator wurde 2018 in Absprache mit dem DWD rückwirkend ausschließlich auf Jahresmelderdaten umgestellt. Jahresmelder erfassen im Unterschied zu Sofortmeldern, die vor allem Daten zu

	<p>Kulturpflanzen erheben, Daten zu allen für den Indikator verwendeten phänologischen Phasen von Wildpflanzenarten. Diese phänologischen Beobachtungsdaten werden an ca. 1.125 aktiven Stationen erhoben (DWD 2018). Sie liegen für ganz Deutschland vor und sind seit 1951 archiviert. Als Ausreißer werden bei der Mittelwertbildung Daten mit einer Abweichung von mehr als 60 Tagen gegenüber dem langjährigen Mittel ausgeschlossen. Gegenüber den bisherigen Indikatorwerten ergeben sich dadurch in wenigen Fällen geringfügige Abweichungen, die aber keinen Einfluss auf die Indikatorenaussage haben.</p>
Interpretation des Indikatorwerts:	<p><u>Phänologische Uhr:</u></p> <p>Die Phänologische Uhr trifft Aussagen zu drei verschiedenen Aspekten: (1) Je größer die in der Uhr gezeigten Indikatorwerte sind, desto länger dauern die betreffenden phänologischen Jahreszeiten. (2) Je weiter sich die Grenze zwischen zwei aufeinanderfolgenden phänologischen Jahreszeiten im Uhrzeigersinn verschiebt, desto später endet die erste und desto später beginnt die zweite dieser beiden phänologischen Jahreszeiten im Verlauf des Jahres. (3) Je stärker die Abweichung der Lage der Grenzen zwischen zwei aufeinanderfolgenden phänologischen Jahreszeiten im Vergleich des aktuellen Zeitraums mit dem Referenzzeitraum und dem Vergleichszeitraum ist, desto ausgeprägter ist die phänologische Veränderung zwischen den miteinander verglichenen Zeiträumen.</p> <p><u>Zusatz:</u></p> <p>Je höher der Indikatorwert, desto länger dauert die Vegetationsperiode.</p>

II Einordnung

Handlungsfeld:	Biologische Vielfalt
Indikationsfeld:	Phänologische Veränderungen bei Arten und Lebensgemeinschaften
Thematischer Teilaspekt:	Phänologische Veränderungen bei Pflanzenarten
DPSIR:	Impact

III Herleitung und Begründung

Referenzen auf andere Indikatorenssysteme:	<p>EEA-Indikator „Plant phenology“ (CLIM 023)</p> <p>NBS-Indikator „Klimawandel und Frühlingsbeginn“</p>
Begründung:	<p>Der Klimawandel verändert die biologische Vielfalt in Deutschland in vielfältiger Weise, u. a. die Verbreitung und Häufigkeit von Pflanzen und Tieren, die Zusammensetzung von Lebensgemeinschaften sowie Strukturen und Funktionen von Lebensräumen (Essl & Rabitsch 2013, Mosbrugger et al. 2014, Klotz & Settele 2017). Statistische Auswertungen belegen Zusammenhänge zwischen dem Klimawandel und bspw. den Veränderungen der Verteilung von Arten in Raum und Zeit (u. a. Parmesan & Yohe 2003, Menzel et al. 2006).</p>

	<p>Der wohl einfachste und am besten untersuchte Weg, um weitergehende Auswirkungen der Klimaänderungen auf Ökosysteme aufzuspüren und einem breiten Publikum anschaulich und allgemein verständlich zu vermitteln, ist die Phänologie (Menzel 2007). Die Anpassung des morphologischen und physiologischen Zustands von Pflanzen an den Wechsel der Jahreszeiten wird durch eine Vielzahl von Faktoren gesteuert, in den gemäßigten Breiten sind die pflanzlichen Entwicklungsvorgänge insbesondere vom Temperaturverlauf über lange Zeitspannen abhängig (z. B. Parmesan & Yohe 2003, Menzel et al. 2005, 2006). Dabei konnte gezeigt werden, dass Pflanzen nicht ausschließlich auf die Temperatur unmittelbar bei Eintritt der phänologischen Phase reagieren, sondern proportional zur Summe der Temperaturen im Zeitraum vor dem Eintritt (Menzel 2007) und auf die Erwärmung im vorangegangenen Winter und Frühling (Cook et al. 2012). Deshalb sind phänologische Beobachtungen dazu geeignet, langfristige Auswirkungen veränderter klimatischer Ausgangsbedingungen auf die biologische Vielfalt aufzuzeigen und haben einen großen Vorteil gegenüber direkten physikalischen Messungen kurzfristiger Temperaturveränderungen (Ackermann et al. 2013).</p> <p>Insbesondere Frühjahrs- und Sommerphasen eignen sich als Anzeiger für klimatische Veränderungen, da deren Eintritt stark von der Temperatur in den vorhergehenden Monaten abhängt (Sparks & Menzel 2002, Menzel 2007). Steigende Temperaturen führen in diesen Phasen zu einer beschleunigten Pflanzenentwicklung. Die in Deutschland beobachtete Verlängerung der Vegetationsperiode ist in erster Linie auf den früheren Beginn des Frühlings zurückzuführen (Ackermann et al. 2013). Eine unabdingbare Voraussetzung für die Verwendung phänologischer Verschiebungen bei Pflanzen als Indikator für den Klimawandel ist, dass die festgestellten Veränderungen eindeutig und ursächlich regionalen Änderungen von Klimaparametern im Zuge des Klimawandels zugeschrieben werden können (Menzel 2007).</p> <p>Auch methodisch eignet sich der Indikator „Phänologische Veränderungen bei Wildpflanzenarten“ sehr gut für die Erfassung direkter Auswirkungen des Klimawandels auf die Biodiversität: phänologische Veränderungen sind leicht zu beobachten und das phänologische Beobachtungsprogramm des Deutschen Wetterdienstes (DWD) umfasst zahlreiche Zeigerpflanzen, für die bundesweite Zeitreihen seit 1951 vorliegen. Wegen der Länge der Zeitreihen und der jährlichen und tagesgenauen Erfassung der Daten sind sie für die Berechnung des Indikators hervorragend geeignet.</p> <p>Für die biologische Vielfalt sind phänologische Veränderungen von großer Bedeutung, da sie das zeitliche Zusammenspiel zwischen Organismen entkoppeln und etablierte Interaktionsgefüge verändern können. Dies wirkt sich auf die Struktur und Funktion von Ökosystemen aus und kann zur Gefährdung zahlreicher Tier- und Pflanzenarten führen (Root & Huges 2005).</p> <p><u>Phänologische Uhr:</u></p> <p>Die phänologische Uhr stellt anschaulich dar, bei welchen phänologischen Jahreszeiten es zu einer Verfrühung bzw. Verspätung kommt und wie viele Kalendertage diese Verschiebungen umfassen. Für die Bestimmung des Beginns der zehn phänologischen Jahreszeiten wird der mittlere Eintrittstermin von zehn repräsentativen phänologischen Leitphasen (bestimmte Ereignisse in der Entwicklung ausgewählter Wildpflanzenarten) herangezogen, die anhand ihrer Sensitivität auf Temperaturveränderungen und anhand der</p>
--	--

	<p>Verlässlichkeit eingehender phänologischer Meldungen ausgewählt wurden. Der aktuelle Zeitraum (gleitendes Zeitfenster bis zum jeweils letzten verfügbaren Jahr), der Referenzzeitraum und der Vergleichszeitraum entsprechen jeweils dem klimatologischen Standardzeitraum von 30 Jahren, wobei sich Vergleichszeitraum und aktueller Zeitraum derzeit 23 Jahre überlappen. Die Überlappung zwischen Vergleichszeitraum und aktuellem Zeitraum wird in Zukunft kleiner werden.</p> <p><u>Zusatz:</u></p> <p>Als Zusatz werden die klimawandelbedingten Veränderungen der Dauer der Vegetationsperiode im Zusammenhang mit den Veränderungen der mittleren Temperatur der drei Monate dargestellt, die jeweils dem Eintritt des Winters und des Vorfrühlings vorausgehen. Eine verlängerte Vegetationsperiode kann z. B. zu einer höheren Produktivität von Ökosystemen führen.</p>
Schwächen:	Der Indikator beschreibt eine Entwicklung, die sich (kurz- und mittelfristigen sowie nationalen) Steuerungs- und Anpassungsmaßnahmen entzieht, d. h. bestenfalls langfristig und global steuerbar ist.
Rechtsgrundlagen, Strategien:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel 2008 (DAS) ▪ Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt 2007 (NBS) ▪ UN-Klimavertrag von Paris 2015 (in Kraft seit 4.11.2016) ▪ Klimaschutzplan 2050 (Kabinettsbeschluss vom 14.11.2016)
Ziele:	<p>NBS:</p> <p>Kap. B 3.2: „Unsere Vision für die Zukunft ist: Der Anstieg der mittleren globalen Erwärmung ist auf maximal 2 Grad Celsius gegenüber vorindustriellen Werten begrenzt. Die Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt in Deutschland (z. B. Verschiebung der Vegetationszonen, Veränderung des Vogelzugverhaltens, Gefährdung kälteliebender Arten) sind abgepuffert bzw. minimiert.“</p>
In der DAS beschriebene mögliche Klimawandelfolgen	<p>DAS, Kap. 3.2.5: „Hinweise auf Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt [...] in Deutschland wurden bereits in großer Zahl dokumentiert. Sie zeigen sich unter anderem beim Jahresrhythmus, bei Verbreitung und Vermehrungserfolg von Arten, in der Zusammensetzung und Struktur von Lebensgemeinschaften sowie durch Veränderungen der innerartlichen Vielfalt. Da Arten unterschiedlich auf Klimaänderungen reagieren, werden sich neuartige Artenkombinationen bilden, d. h. zwischen Arten, die einen gemeinsamen Lebensraum bewohnen oder voneinander abhängig sind, kommt es zu Verschiebungen. Auch die zeitliche Synchronisation bestimmter Entwicklungsphasen kann sich auflösen [...]. Zudem wandeln sich Nahrungsnetze und Konkurrenzsituationen.“</p>
Berichtspflichten:	Berichterstattung zur Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt (Indikatorenberichte, Rechenschaftsberichte) (u. a. BMU 2010, 2013, BMUB 2015, 2017).

IV Technische Informationen

Datenquelle:	Indikator, <u>Zusatz:</u> Phänologische Daten und Klimadaten aus dem Beobachtungsnetz des Deutschen Wetterdienstes (DWD), Referat Nationale Klimaüberwachung	
Räumliche Auflösung:	Flächenhaft	NUTS 0
Geographische Abdeckung:	Ganz Deutschland	
Zeitliche Auflösung:	Aktuellster 30-Jahreszeitraum im Vergleich zum Referenzzeitraum 1951-1980 und Vergleichszeitraum 1981-2010 <u>Zusatz:</u> jährlich, seit 1951	
Beschränkungen:	Der Blattfall der Rotbuche und der Stieleiche wurde erst 1991 in das phänologische Beobachtungsprogramm des DWD aufgenommen; Eintrittsdaten zwischen 1951 und 1990 werden daher über die mittlere Differenz zwischen Blattfall und Blattverfärbung der betreffenden Pflanzenart aus dem Zeitraum 1991-2017 extrapoliert.	
Verweis auf Daten-Factsheet:	BD-I-1_Daten_Wildpflanzenphaenologie.xlsx	

V Zusatz-Informationen

Glossar:	<p>Phänologie: Das Wort Phänologie ist dem Griechischen entlehnt und bedeutet Lehre von den Erscheinungen. In der modernen Biologie und Ökologie erfasst die Phänologie den jahreszeitlichen Entwicklungsgang von Pflanzen und Tieren, der neben endogenen Faktoren durch exogene Faktoren – insbesondere durch den Witterungsverlauf während des Jahres – gesteuert wird (DWD 2013).</p> <p>Phänologische Phase: In der Phänologie unterscheidet man verschiedene phänologische Phasen, deren Beginn durch das Eintreten bestimmter Ereignisse in der Entwicklung ausgewählter Arten angezeigt wird. Eine solche phänologische Phase ist z. B. der Beginn der Blüte einer bestimmten Pflanzenart. Zur Bestimmung der phänologischen Phasen werden weitverbreitete Wild- und Nutzpflanzen in ihrem Entwicklungsgang im Verlauf des Jahres beobachtet. Der Beginn einer phänologischen Phase wird in einem größeren Gebiet an möglichst vielen Orten und Individuen beobachtet. Im Ergebnis kann der über das Gebiet gemittelte Eintrittstag im jeweiligen Kalenderjahr berechnet werden (DWD 2013).</p> <p>Phänologische Leitphase: Der Beginn der phänologischen Jahreszeiten wird durch den Eintritt phänologischer Leitphasen bestimmt (DWD 2013). Grundsätzlich stehen für die Festlegung einer phänologischen Leitphase verschiedene phänologische Phasen zur Auswahl. So kann bspw. der Beginn des Erstfrühlings durch den Beginn der Blüte der Forsythie (<i>Forsythia suspensa</i>), den Beginn der Blüte des Buschwindröschens (<i>Anemone nemorosa</i>) oder den Beginn der Blattentfaltung der Stachelbeere (<i>Ribes uva-crispa</i>) angezeigt werden.</p>
-----------------	---

	<p>Phänologische Jahreszeiten: Das phänologische Jahr wird in 10 physiologisch-biologisch begründete phänologische Jahreszeiten eingeteilt, deren Beginn durch den Eintritt ausgewählter phänologischer Phasen (Leitphasen) bestimmt wird (DWD 2013). In den gemäßigten Breiten wiederholen sich die phänologischen Jahreszeiten in einem über die Jahre hinweg regelmäßig wiederkehrenden Ablauf, wobei sich der Beginn in den einzelnen Jahren zum Teil erheblich verfrühen oder verspäten kann. Außerdem können systematische Verschiebungen der Eintrittstermine über längere Zeiträume auftreten, die bspw. durch den Klimawandel verursacht werden.</p> <p>Phänologische Uhr: Die Phänologische Uhr ist eine Darstellung des DWD, die die phänologischen Jahreszeiten – und somit den zeitlichen Vegetationsablauf, wie er im Mittel für ein bestimmtes Gebiet erwartet werden kann – beschreibt. Dabei wird jede phänologische Jahreszeit durch eine Leitphase eröffnet und endet mit dem Beginn der darauffolgenden phänologischen Jahreszeit. Für die jeweilige phänologische Jahreszeit werden das mittlere Eintrittsdatum, das mittlere Enddatum (Beginn der folgenden phänologischen Jahreszeit minus einen Tag) sowie die mittlere Dauer der Phase in Tagen angegeben (DWD 2013).</p>
<p>Weiterführende Informationen:</p>	<p>Ackermann W., Schweiger M., Sukopp U., Fuchs D., Sachteleben J. 2013: Indikatoren zur biologischen Vielfalt. Entwicklung und Bilanzierung. Naturschutz und Biologische Vielfalt, Bd. 132, Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg, 229 S.</p> <p>BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) 2007: Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt. BMU, Berlin, 178 S.</p> <p>BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) 2010: Indikatorenbericht 2010 zur Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt. BMU, Berlin, 87 S. http://biologischevielfalt.bfn.de/fileadmin/NBS/documents/Indikatoren/Indikatorenbericht-2010_NBS_Web.pdf</p> <p>BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) 2013: Gemeinsam für die biologische Vielfalt. Rechenschaftsbericht 2013 zur Umsetzung der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt. BMU, Berlin, 151 S. http://biologischevielfalt.bfn.de/fileadmin/NBS/documents/Indikatoren/rechenschaftsbericht_2013_biolog_vielfalt_broschuere_bf.pdf</p> <p>BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (Hrsg.) 2017: Biologische Vielfalt in Deutschland. Fortschritte sichern – Herausforderungen annehmen! Rechenschaftsbericht 2017 der Bundesregierung zur Umsetzung der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt. BMU, Berlin, 111 S. http://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Naturschutz/nationale_strategie_rechenschaftsbericht_2017_bf.pdf</p> <p>BMUB – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2015): Indikatorenbericht 2014 zur Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt. BMUB, Berlin, 111 S. http://biologischevielfalt.bfn.de/fileadmin/NBS/indikatoren/diagramme/2014/NBS-Indikatorenbericht-2014_Internet_barrierefrei.pdf</p>

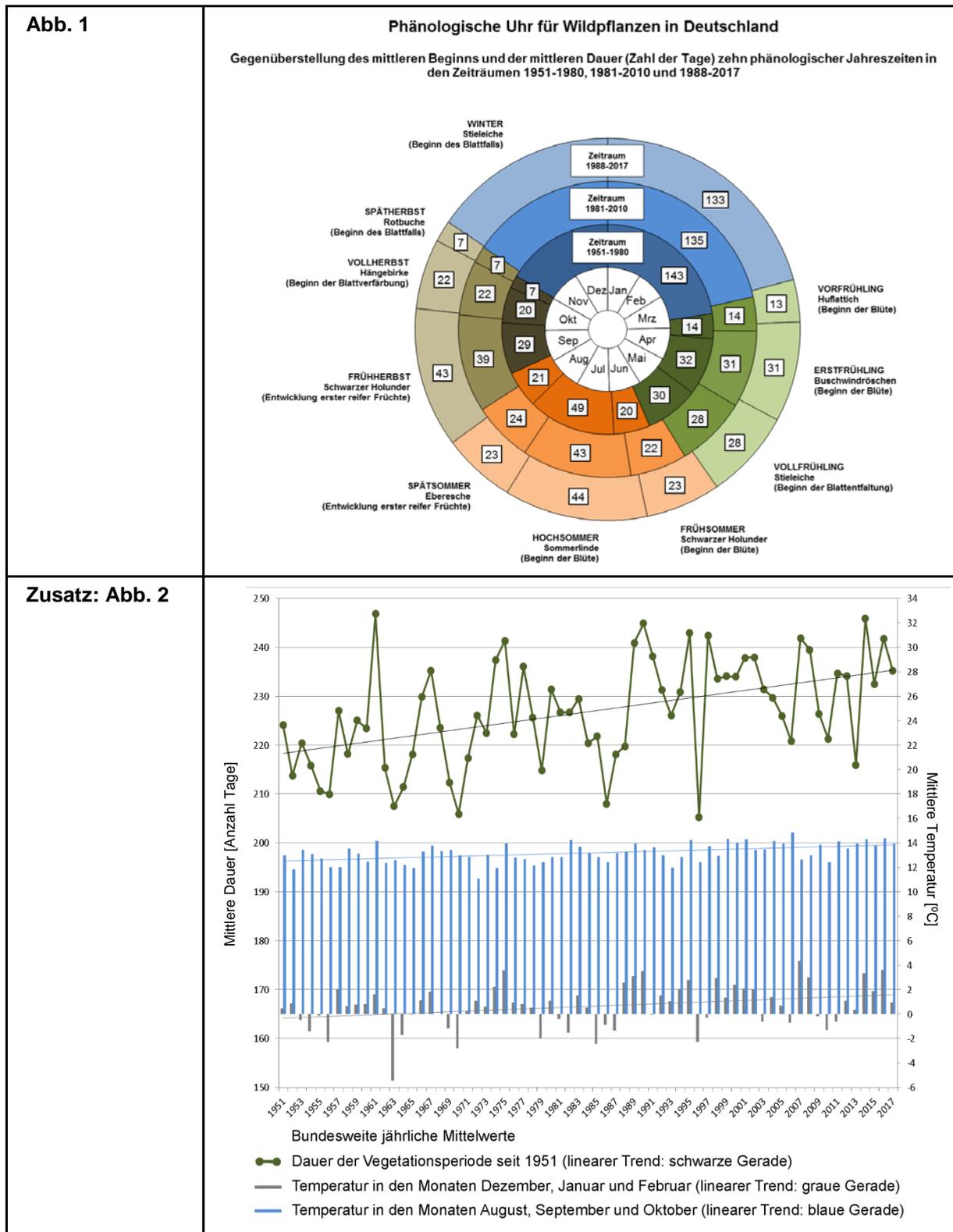
	<p>BMUB – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hrsg.) 2016: Klimaschutzplan 2050. Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung. BMUB, Berlin, 91 S. https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_bf.pdf</p> <p>Bundesregierung 2008: Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Berlin, 78 S. https://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das_gesamt_bf.pdf</p> <p>Bundesregierung 2011: Aktionsplan Anpassung der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Berlin, 93 S. https://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/aktionsplan_anpassung_klimawandel_bf.pdf</p> <p>Cook B.I., Wolkovich E.M., Parmesan C. (2012): Warming and divergent flowering trends. Proceedings of the National Academy of Sciences 109(23): 9000-9005.</p> <p>DWD – Deutscher Wetterdienst (Hrsg.) 2013: Phänologie. Online Wetterlexikon des Deutschen Wetterdienstes. https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?lv2=101996&lv3=102052</p> <p>DWD – Deutscher Wetterdienst 2018: Aktuelles Netz aus Stationen mit phänologischen Beobachtungen des Nationalen Klimadatenzentrums. Stand: 19.07.2017; 1128 Stationen. https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimadatendeutschland/mnetz/karten/messnetz_pe.pdf?__blob=publicationFile&v=11</p> <p>Essl F., Rabitsch W. (Hrsg.) (2013): Biodiversität und Klimawandel. Auswirkungen und Handlungsoptionen für den Naturschutz in Mitteleuropa. Springer Spektrum, Berlin, 458 S.</p> <p>Estrella N., Menzel A. 2006: Responses of leaf colouring in four deciduous tree species to climate and weather in Germany. Climate Research 32: 253-267.</p> <p>Estrella N., Sparks T., Menzel A. 2007: Trends and temperature response in the phenology of crops in Germany. Global Change Biology 13: 1737-1747.</p> <p>Estrella N., Sparks T., Menzel A. 2009: Effects of temperature, phase type and timing, location, and human density on plant phenological responses in Europe. Climate Research 39: 235–248.</p> <p>Klotz S., Settele J. (2017): Biodiversität. In: Brasseur G., Jacob D., Schuck-Zöller S. (Hrsg.): Klimawandel in Deutschland. Springer Spektrum, Berlin, 151-160.</p> <p>LUBW – Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg 2010: Eintrittsdaten phänologischer Phasen und ihre Beziehung zu Wetter und Klima. ID Umweltbeobachtung U96-U51-N10. http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de</p> <p>Menzel A. 2007: Phänologische Modelle. promet/Meteorologische Fortbildung 33(1/2): 20-27.</p> <p>Menzel A., Estrella N., Fabian P. 2001: Spatial and temporal variability of the phenological seasons in Germany from 1951 to 1996. Global Change Biology 7: 657-666.</p>
--	--

	<p>Menzel A., Estrella N., Testka A. 2005: Temperature response rates from long-term phenological records. <i>Climate Research</i> 30: 21-28.</p> <p>Menzel A., Sparks T.H., Estrella N., Koch E., Aasa A., Ahas R., Alm-Kübler K., Bissolli P., Braslavská O., Briede A., Chmielewski F.M., Crepinsek Z., Curnel Y., Dahl Å., Defila C., Donnelly A., Filella I., Jatczak K., Måge F., Mestre A., Nordli Ø., Peñuela J., Pirinen P., Remišová V., Scheinfinger H., Stríž M., Susnik A., Van Vliet A.J.H., Wiegolaski F.-E., Zach S., Zust A. 2006: European phenological response to climate change matches the warming pattern. <i>Global Change Biology</i> 12: 1969-1976.</p> <p>Mosbrugger V., Brasseur G., Schaller M., Stribny B. (Hrsg.) (2014): <i>Klimawandel und Biodiversität – Folgen für Deutschland</i>. 2. Aufl. Wiss. Buchges., Darmstadt, 432 S.</p> <p>Parmesan C., Yohe G. 2003: A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. <i>Nature</i> 421: 37-42.</p> <p>Randalls S. 2010: History of the 2°C Climate Target. <i>WIREs Climate Change</i> 1(4): 598-605.</p> <p>Root T.L., Hughes L. 2005: Present and Future Phenological Changes in Wild Plants and Animals. In: Lovejoy T.E., Hannah L. (Hrsg.): <i>Climate Change and Biodiversity</i>. Yale University Press, New Haven, Conn. 418 S</p> <p>Sparks T.H., Menzel A. 2002: Observed changes in seasons: an overview. <i>International Journal of Climatology</i> 22: 1715-1725.</p> <p>United Nations (2015): Paris Agreement. https://unfccc.int/files/meetings/paris_nov_2015/application/pdf/paris_agreement_english_.pdf</p>
--	--

VI Umsetzung – Aufwand und Verantwortlichkeiten

Aufwands-schätzung:	Datenbeschaffung:	1	nur eine datenhaltende Institution
	Datenverarbeitung:	2	Vor der Zusammenführung der Daten zur Darstellung des Indikators ist eine einfache Datenaufbereitung in mehreren Schritten notwendig.
<u>Erläuterung:</u>			
<p>Die erforderlichen phänologischen Daten werden vom DWD bereitgestellt. Die Qualitätskontrolle der ehrenamtlich erhobenen phänologischen Daten wird durch das Referat Nationale Klimaüberwachung des DWD übernommen.</p> <p>Der Aufwand für die Fortführung des Indikators wird als niedrig eingeschätzt. Die jeweils fortgeschriebenen Daten der Jahresmelder müssen von der Website des DWD abgerufen und kontrolliert werden. Mittelwerte müssen gebildet und in das Datenblatt eingesetzt werden. Abschließend sind die Darstellungen anzupassen. Geschätzter Arbeitsaufwand: 1 Arbeitstag.</p>			
Datenkosten:	Keine		
Zuständigkeit:	Bundesamt für Naturschutz (BfN)		

VII Darstellungsvorschlag



VIII Anhang

Statistische Tests

Zur quantitativen Erfassung der Temperaturabhängigkeit phänologischer Veränderungen und zeitlicher Trends werden folgende statistische Tests durchgeführt:

1. Die Eintrittsdaten der phänologischen Jahreszeiten werden auf Unterschiede zwischen den Zeiträumen 1951-1980 und 1988-2017 untersucht (Mann-Whitney U-Test).

Tab. 1: Unterschiede zwischen den jährlichen Eintrittsdaten phänologischer Jahreszeiten zwischen den Zeiträumen 1951-1980 und 1988-2017 (s. Abb. 1).

	Vorfrühling	Erstfrühling	Vollfrühling
	Huflattich – Beginn der Blüte	Buschwind- röschen – Beginn der Blüte	Stieleiche – Beginn der Blattentfaltung
mittleres ED 1951- 1980	82,5	96,5	128,8
mittleres ED 1988- 2017	75,9	89,0	119,9
p	0,010*	<0,001**	<0,001**

	Frühsommer	Hochsommer	Spätsommer
	Schwarzer Holunder – Beginn der Blüte	Sommerlinde – Beginn der Blüte	Eberesche - erste reife Früchte
mittleres ED 1951- 1980	158,8	179,0	228,0
mittleres ED 1988- 2017	147,5	170,4	214,4
p	<0,001**	<0,001**	<0,001**

	Frühherbst	Vollherbst	Spätherbst
	Schwarzer Holunder – erste reife Früchte	Hängebirke - Beginn Blattverfärbung	Rotbuche – Beginn Blattfall#
mittleres ED 1951- 1980	248,6	277,5	297,4
mittleres ED 1988- 2017	236,9	280,1	301,8
p	<0,001**	<0,002**	<0,001**

	Winter
	Stieleiche – Beginn Blattfall#
mittleres ED 1951-1980	304,8
mittleres ED 1988-2017	308,4
p	0,001*

	Vegetationsdauer
	ED Blattfall Stieleiche – ED Blüte Huflattich
mittleres ED 1951-1980	222,3
mittleres ED 1988-2017	232,6
p	<0,001**

2. Die Dauer der Vegetationsperiode wird mittels linearer Regression mit zwei Einflussvariablen auf Zusammenhänge mit der Temperatur im jeweiligen Bezugsjahr untersucht. Herangezogen werden die Temperaturmittelwerte der drei Vormonate der beiden phänologischen Jahreszeiten, die den Beginn und das Ende der Vegetationsperiode bestimmen: der Beginn des Vorfrühlings (Blüte des Huflattichs) und der Beginn des Winters (Blattfall der Stieleiche).

Tab. 2: Zusammenhang der Dauer der Vegetationsperiode und der beiden Einflussvariablen (s. Abb. 2): (1) mittlere Temperatur der Monate Dezember, Januar und Februar für den Beginn des Vorfrühlings, (2) mittlere Temperatur der Monate August, September und Oktober für den Beginn des Winters.

Legende zur Tabelle: N = Stichprobengröße, R² = Bestimmtheitsmaß, B = Steigung der Regressionsgeraden, SD = Standardabweichung, p = Signifikanzwert, ** = hochsignifikantes Ergebnis, # = Blattfall 1951-1990 extrapoliert

	Dauer der Vegetationsperiode	
	Differenz von mittlerem ED Beginn Blattfall Stieleiche[#] und mittlerem ED Beginn Blüte Huflattich	
N	67	67
R²	0,571	0,232
Einflussfaktoren	(1) mittlere Temperatur Dez, Jan, Feb	(2) mittlere Temperatur Aug, Sep, Okt
B	4,506	6,636
SD	0,485	1,498
p	<0,001**	<0,001**

7.2 Temperaturindex der Vogelartengemeinschaft

Verfasser:	Dachverband Deutscher Avifaunisten e.V. (Sven Trautmann) i. A. des Bundesamtes für Naturschutz, FKZ 3511 82 0400	
Mitwirkung:	Dachverband Deutscher Avifaunisten e.V. (Dr. Christoph Sudfeldt) Bundesamt für Naturschutz, FG II 1.3 Monitoring (Dr. Ulrich Sukopp, Rainer Dröschmeister, Dr. Elisa Braeckevelt) Technische Universität Berlin, Fachgebiet Landschaftsplanung und Landschaftsentwicklung (Prof. Dr. Stefan Heiland, Rainer Schliep)	
Letzte Aktualisierung:	16.09.2013	Dachverband Deutscher Avifaunisten e.V. (Dr. Christoph Sudfeldt)
	06.05.2014	Dachverband Deutscher Avifaunisten e.V. (Sven Trautmann)
	27.02.2019	Dachverband Deutscher Avifaunisten e.V. (Sven Trautmann)
Nächste Fortschreibung:	2020	

I Beschreibung

Interne Nr. BD-I-2	Titel: Temperaturindex der Vogelartengemeinschaft
Einheit: °C	<p>Kurzbeschreibung des Indikators: Summe der artspezifischen auf das europäische Verbreitungsgebiet bezogenen Temperaturindizes von in Deutschland vorkommenden häufigen Brutvogelarten unter Berücksichtigung der Veränderungen der Häufigkeiten dieser Arten in Deutschland in Bezug zu einem Referenzjahr</p> <p>Berechnungsvorschrift: 1. Berechnung der europäischen Temperaturnische der einzelnen Vogelarten (STI = <i>Species Temperature Index</i>) Mittelwert der Durchschnittstemperatur zwischen März und August („Brutzeit“) im Zeitraum 1950-2000 (= Referenzperiode) über alle (~ 50 km x 50 km) UTM-Gitterzellen in Europa, in denen eine Art laut EBCC-Atlas der europäischen Brutvögel (Hagemeijer & Blair 1997) als Brutvogel vorkommt. Für eine Art i mit Vorkommen M in den Zellen j wird aus der Durchschnittstemperatur zwischen März und August $TMP_{\text{MärzAug } j}$ (Datenquelle und Berechnungsgrundlage s. Devictor et al. 2008) der STI der Art i errechnet:</p> $STI_i = \frac{\sum_{j=1}^{M_i} TMP_{\text{MärzAug } j}}{M_i}$ <p>2. Berechnung des Temperaturindex der Vogelartengemeinschaft (CTI = <i>Community Temperature Index</i>) Summe aller STI-Werte der im zu betrachtenden Raum vorkommenden Auswahl von Brutvogelarten, für die die vorliegenden Berechnungen durchgeführt werden konnten, gewichtet nach dem Bestandsindex m_{ind} einer Art i</p>

	<p>im Jahr t in Relation zur Summe der Bestandsindizes aller eingehenden Arten:</p> $CTI_t = \sum_{i=1}^N \left(STI_i \cdot \frac{m_ind_{it}}{\sum_{i=1}^N m_ind_{it}} \right)$ <p>Der Kurvenverlauf des Indikators reagiert in einzelnen Jahren unter Umständen sehr deutlich auf kurzfristige witterungsbedingte Populationsschwankungen. Um dies zu vermeiden und die Aussage des Indikators stärker auf langfristige durch den Klimawandel bedingte Effekte auszurichten, wird das gleitende 5-Jahresmittel (bezogen auf das jeweils letzte Kalenderjahr des gleitenden Zeitraums) dargestellt, das den Einfluss kurzfristiger Populationschwankungen minimiert.</p>
Interpretation des Indikatorwerts:	<p>Eine langfristige Zunahme des Indikatorwertes bedeutet einen wachsenden Einfluss einer durch den Klimawandel bedingten Erwärmung auf die betrachtete Gruppe der Vögel, da steigende Temperaturen die relativen Häufigkeiten von Vogelarten mit unterschiedlichen Temperaturpräferenzen verschieben. Der Indikatorwert nimmt zu, wenn wärmeliebende Arten relativ gesehen häufiger werden bzw. kälteliebende Arten relativ gesehen seltener werden. Der Indikatorwert fällt hingegen, wenn umgekehrt kälteliebende Arten relativ gesehen häufiger werden bzw. wärmeliebende Arten relativ gesehen seltener werden. Je stärker sich der Indikatorwert langfristig verändert, desto stärker ist der Einfluss des Klimawandels auf die betrachtete Gruppe der Vögel und desto stärker verschieben sich die relativen Häufigkeiten der Arten.</p>

II Einordnung

Handlungsfeld:	Biologische Vielfalt
Indikationsfeld:	Veränderungen von Populationen, Arealen und Biozöosen
Thematischer Teilaspekt:	Veränderungen der Zusammensetzung von Biozöosen, Verschiebungen im lokalen Artenspektrum
DPSIR:	Impact

III Herleitung und Begründung

Referenzen auf andere Indikatorenssysteme:	Community Temperature Index für Schmetterlinge (Van Swaay et al. 2008, 2010, Wiemers et al. 2012, Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft Sachsen 2013)
Begründung:	Vögel sind als Indikatoren für die Auswirkungen vieler Umwelteinflüsse allgemein anerkannt. Seit langem werden Vogeldaten auf nationaler (z. B. Indikator „Artenvielfalt und Landschaftsqualität“, Achtziger et al. 2004; Indikator „Gefährdete Arten“, in den u. a. auch die Daten der Roten Liste der Brutvögel Deutschlands einfließen, Grüneberg et al. 2015, BMUB 2015, BMU 2017) und auf internationaler Ebene (z. B. <i>Climate Impact Indicator</i> , Gregory et al. 2009, s. a. EEA 2009; <i>Wild Bird Indicators</i> des europäischen Brutvogelmonitorings, Klvaňová et al. 2009) für die Berechnung von Indikatoren in verschiedenen Anwendungsbereichen verwendet. Die besondere Eignung

	<p>von Vogelarten und Einsatzmöglichkeiten als Indikatoren wurden in wissenschaftlichen Publikationen beschrieben (u. a. Gregory et al. 2005).</p> <p>Argumente für die Verwendung von Vögeln als Bioindikatoren schließen die vergleichsweise einfache, mit vertretbarem (personellem und finanziellem) Aufwand langfristig standardisierbare Erfassung und die sehr breite zur Verfügung stehende Datenbasis ein. Das Vorkommen in allen Hauptlebensraumtypen der Landschaft, die relative Stabilität der natürlichen Populationsentwicklungen (im Gegensatz zu sehr starken kurzfristigen Häufigkeitsschwankungen vieler Arten bspw. der Wirbellosen), aber auch die Empfindlichkeit gegenüber Störeinflüssen machen Vögel zu geeigneten Indikatoren für Veränderungen ihrer Lebensräume. Diese Veränderungen führen bei vielen Vogelarten zu steigenden oder fallenden Bestandsgrößen, die im Kurvenverlauf entsprechender Indikatoren direkt abgebildet werden können. Da neben Vögeln auch viele andere Arten bspw. auf Temperaturänderungen empfindlich reagieren, bildet der Indikator indirekt auch die Entwicklung zahlreicher weiterer Arten in der Landschaft ab. Zuletzt sollte auch die hohe Wertschätzung erwähnt werden, die viele Menschen gegenüber der Gruppe der Vögel mit vielen bekannten und beliebten Arten zeigen.</p> <p>Auch als Indikatoren für die Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt sind Vögel geeignet. Eine Reihe von Untersuchungen belegen, dass Vögel auf Klimaveränderungen sensibel reagieren. Dies zeigt sich z. B. bei klimatisch bedingten Veränderungen im Bereich der Phänologie der Vögel (Zugzeiten, Brutbiologie: Both & Visser 2001, Hüppop & Hüppop 2003, Both & Visser 2004, Hüppop et al. 2008, van Buskirk et al. 2009, Newson et al. 2016), im Zugverhalten (Zugwege, Zugdistanzen: Visser et al. 2009, Rolshausen et al. 2010, Potvin et al. 2016), bei biotischen Interaktionen (Konkurrenz, Mutualismus: Ahola et al. 2007, Heikkinen et al. 2007, Samplonius et al. 2018), in den Strukturen von Artengemeinschaften (ökologische Ebene, genetische Ebene: Pulido & Berthold 2004, Lemoine et al. 2007, Stephens et al. 2016) sowie bei der Häufigkeit und Verbreitung von Arten (Thomas & Lennon 2001, Hüppop et al. 2008, Möller et al. 2008, Both et al. 2010, Brommer et al. 2012, Gillings et al. 2015).</p> <p>Auf europäischer Ebene wurde zudem bereits die Eignung von Vögeln als Indikatoren für Klimawandelauswirkungen positiv getestet (Devictor et al. 2008, Gregory et al. 2009). Im Rahmen des SEBI 2010-Prozesses wird der <i>Community Temperature Index</i> bereits für Schmetterlinge berichtet (EEA 2009). Auf Deutschland lässt sich der Indikator aufgrund seiner einfachen räumlichen Skalierbarkeit problemlos übertragen.</p> <p>Im Gegensatz zum ursprünglichen Ansatz von Devictor et al. (2008) werden bei der Berechnung des Indikators Bestandsindizes von 88 häufigen Brutvogelarten (s. Abschnitt VIII Anhang) mit Basisjahr 2006 verwendet. Diese Bestandsindizes ersetzen Zählraten bzw. relative Häufigkeiten (basierend auf den Rohdaten der Erfassungen einzelner Monitoringflächen), die im Ansatz von Devictor et al. (2008) benutzt wurden.</p> <p>Bei Verwendung von 88 häufigen Brutvogelarten ergibt sich ein signifikant positiver Indikatorverlauf (s. Abb. 1). Dieses Ergebnis ist bei Verwendung eines deutlich kleineren Artensets nicht reproduzierbar. Es empfiehlt sich daher, möglichst viele Arten mit einer großen Bandbreite an klimatischen</p>
--	--

	<p>einzu beziehen, um auf einer belastbaren Datenbasis zu robusten und verallgemeinerbaren Aussagen zu kommen.</p> <p>Durch die Verwendung von Indexdaten für ganz Deutschland erfolgt die Berechnung direkt auf nationaler Ebene und nicht durch das Verrechnen der Werte einzelner Monitoring-Probeflächen. Die absoluten Bestandsgrößen einzelner Arten werden bei der Berechnung des Indikators nicht berücksichtigt. Um zu vermeiden, dass starke relative Veränderungen der Bestandsindizes sehr seltener Arten das Ergebnis beeinflussen, wurden in das Artenset nur häufige Brutvogelarten aufgenommen.</p> <p>Für die Berechnung des Indikators werden kombinierte Daten aus dem Monitoring häufiger Vogelarten (1990-2010) und dem Monitoring häufiger Brutvögel (jährlich fortlaufend seit 2005) verwendet (Beschreibung der Programme in Sudfeldt et al. 2012; Artenauswahl s. Anhang). Mit Einführung des neuen Monitoringprogramms wurde die Methode umgestellt auf Linienkartierungen, die flächenbezogen ausgewertet werden. Um bundesweite Hochrechnungen zu ermöglichen, wurden Probeflächen einer bundesweiten, geschichteten Zufallsstichprobe vorgegeben. Die Schichtung entsteht durch Kombination von sechs verschiedenen Formen der Landnutzung (nach Basis-DLM) mit insgesamt 21 unterschiedlichen standortökologischen Raumeinheiten (Standorttypen bzw. Landschaftstypen). Im Jahr 2016 waren mehr als 1.580 Probeflächen des Grund- und Vertiefungsprogramms vergeben.</p> <p>Das Monitoring häufiger Brutvögel basiert auf der Mitarbeit vieler Freiwilliger. Eine institutionelle Absicherung ist für die Koordination der Erhebungen und die Auswertung der Daten durch den Dachverband Deutscher Avifaunisten e. V. gegeben, der von Bund und Ländern im Rahmen der Verwaltungsvereinbarung Vogelmonitoring unterstützt wird.</p>
<p>Schwächen:</p>	<p>Der Indikator bildet Veränderungen der relativen Häufigkeiten aller Arten der betrachteten Gruppe ab. Wenn z. B. die relative Zunahme der Brutbestände von Arten mit hohem STI etwa gleich groß wäre wie die relative Zunahme von Arten mit niedrigem STI, so bliebe der CTI-Wert insgesamt nahezu unverändert und der Indikator würde keinen Klimawandeleffekt anzeigen. Es können also klimabedingte Veränderungen in der Vogelartengemeinschaft auftreten, die der Indikator nicht anzeigt.</p> <p>Es fehlen derzeit vertiefende Analysen, mit denen das Ausmaß des – unmittelbaren und/oder mittelbaren – klimabedingten Einflusses auf den Indikatorverlauf bewertet und von anderen Faktoren (z. B. Landnutzungswandel) qualitativ und quantitativ getrennt werden kann, wobei zu beachten ist, dass der Landnutzungswandel seinerseits u. a. auch Folge von Klimaänderungen bzw. von gesellschaftlichen Maßnahmen zur Begrenzung der Klimaerwärmung sein kann.</p>
<p>Rechtsgrundlagen, Strategien:</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) (BMU 2008) ▪ Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt (NBS) (BMU 2007)
<p>Ziele:</p>	<p>DAS, Kap. 3.2.5: „Im Sinne einer integrierten Herangehensweise sollten Bund und Länder integrative Maßnahmen prüfen und ergreifen, die Synergien zwischen Naturschutz, Klimaschutz und Anpassung nutzen und die Biodiversität erhalten“ (BMU 2008: 26).</p>

	NBS, Kap. B 3.2: „Unsere Vision für die Zukunft ist: Der Anstieg der mittleren globalen Erwärmung ist auf maximal 2 Grad Celsius gegenüber vorindustriellen Werten begrenzt. Die Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt in Deutschland (z. B. Verschiebung der Vegetationszonen, Veränderung des Vogelzugverhaltens, Gefährdung kälteliebender Arten) sind abgepuffert bzw. minimiert“ (BMU 2007).
In der DAS beschriebene mögliche Klimawandelfolgen:	DAS, Kap. 3.2.5: „Hinweise auf Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt [...] in Deutschland wurden bereits in großer Zahl dokumentiert. Sie zeigen sich unter anderem beim Jahresrhythmus, bei Verbreitung und Vermehrungserfolg von Arten, in der Zusammensetzung und Struktur von Lebensgemeinschaften sowie durch Veränderungen der innerartlichen Vielfalt. Da Arten unterschiedlich auf Klimaänderungen reagieren, werden sich neuartige Artenkombinationen bilden, d. h. zwischen Arten, die einen gemeinsamen Lebensraum bewohnen oder voneinander abhängig sind, kommt es zu Verschiebungen. Auch die zeitliche Synchronisation bestimmter Entwicklungsphasen kann sich auflösen [...]. Zudem wandeln sich Nahrungsnetze und Konkurrenzsituationen“ (BMU 2008: 25ff).
Berichtspflichten:	Keine

IV Technische Informationen

Datenquelle:	Bestandsindizes: kombinierte Daten aus dem Monitoring häufiger Vogelarten (1990-2010) und dem Monitoring häufiger Brutvögel (jährlich fortlaufend seit 2005) (s. Sudfeldt et al. 2012; Artenauswahl s. Anhang), Koordination der Erhebungen und Auswertung der Daten: Dachverband Deutscher Avifaunisten e. V. STI-Werte: EBCC Atlas of European Breeding Birds (Hagemeijer & Blair 1997) für die Verbreitungsdaten, http://www.worldclim.org (Hijmans et al. 2005) für die Klimadaten; unveränderte Übernahme der STI-Werte aus Devictor et al. (2008)	
Räumliche Auflösung:	Flächenhaft	NUTS 0
Geographische Abdeckung:	Ganz Deutschland	
Zeitliche Auflösung:	Jährlich	
Beschränkungen:	Keine	
Verweis auf Daten-Factsheet:	BD-I-2_Daten_Temperaturindex_Voegel.xlsx	

V Zusatz-Informationen

<p>Glossar:</p>	<p>Bestandsindex</p> <p>Jährlicher Index der Häufigkeit von Vogelarten, berechnet mit Hilfe von <i>generalized estimation equation</i> Modellen im Programm TRIM. Die Berechnung erfolgt wie bei gewöhnlichen Trendauswertungen des Monitorings häufiger Brutvögel durch Kombination der Daten aus dem Monitoring häufiger Vogelarten (1990-2010) und dem Monitoring häufiger Brutvögel (jährlich fortlaufend seit 2005).</p> <p>CTI</p> <p><i>Community Temperature Index</i> (Temperaturindex der Vogelartengemeinschaft) = durchschnittliche Temperaturnische einer Artengemeinschaft in einem definierten Raum gewichtet mit der Häufigkeit der Arten innerhalb der Lebensgemeinschaft.</p> <p>Generalized estimation equation (GEE)</p> <p>Log-lineares Regressionsmodell, das Lücken in Zählreihen interpoliert.</p> <p>Monitoring häufiger Vogelarten</p> <p>Ehrenamtliches Monitoringprogramm (verwendeter Trendzeitraum: 1990-2010) mit zufälliger Routenauswahl, entlang derer Punkt-Stopp-Zählungen durchgeführt wurden (s. Sudfeldt et al. 2012).</p> <p>Monitoring häufiger Brutvögel</p> <p>Ehrenamtliches Monitoringprogramm (jährlich fortlaufend seit 2005) mit stratifiziert zufälliger Auswahl 1 km² großer Probeflächen, auf denen entlang von Wegen Linienkartierungen durchgeführt werden (s. Sudfeldt et al. 2012).</p> <p>STI</p> <p><i>Species Temperature Index</i> = Temperaturwert einer Art, der sich als Temperaturmittel von März bis August über das europäische Brutverbreitungsgebiet dieser Arten errechnet.</p>
<p>Weiterführende Informationen:</p>	<p>Achtziger R., Stickroth H., Zieschank R. 2004: Nachhaltigkeitsindikator für die Artenvielfalt – ein Indikator für den Zustand von Natur und Landschaft in Deutschland. Angewandte Landschaftsökologie, Bd. 62, 137 S.</p> <p>Ahola M.P., Laaksonen T., Eeva T., Lehikoinen E. 2007: Climate change can alter competitive relationships between resident and migratory birds. <i>Journal of Animal Ecology</i> 76: 1045-1052.</p> <p>BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (Hrsg.) 2017: Biologische Vielfalt in Deutschland. Fortschritte sichern – Herausforderungen annehmen! Rechenschaftsbericht 2017 der Bundesregierung zur Umsetzung der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt. BMU, Berlin, 111 S. http://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Naturschutz/nationale_strategie_rechenschaftsbericht_2017_bf.pdf</p> <p>BMUB – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hrsg.) 2015: Indikatorenbericht 2014 zur Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt. BMUB, Berlin, 111 S. http://biologischevielfalt.bfn.de/fileadmin/NBS/indikatoren/diagramme/2014/NBS-Indikatorenbericht-2014_Internet_barrierefrei.pdf</p>

	<p>Both C., Artemyev A.V., Blaauw B., Cowie R.J., Dekhuijzen A.J., Eeva T., Enemar A., Gustafsson L., Ivankina E.V., Järvinen A., Metcalfe N.B., Nyholm N.E.I., Potti J., Ravussin P.-A., Sanz J.J., Silverin B., Slater F.M., Sokolov L.V., Török J., Winkel W., Wright J., Zang H., Visser M.E. 2004: Large-Scale geographical variation confirms that climate change causes birds to lay earlier. <i>Proceedings Royal Society London B</i> 271: 1657-1662.</p> <p>Both C., van Turnhout C.A.M., Bijlsma R.G., Siepel H., van Strien A.J., Foppen R.P.B. 2010: Avian population consequences of climate change are most severe for long-distance migrants in seasonal habitats. <i>Proceedings Royal Society London B</i> 277: 1259-1266.</p> <p>Both C., Visser M.E. 2001: Adjustment to climate change is constrained by arrival date in a long-distance migrant bird. <i>Nature</i> 411: 296-298.</p> <p>Bowler D., Böhning-Gaese K. 2017: Improving the community-temperature index as a climate change indicator. <i>PLoS ONE</i> 12(9): e0184275. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0184275.</p> <p>Brommer J.E., Lehikoinen A., Valkama J. 2012: The Breeding Ranges of Central European and Arctic bird species move poleward. <i>PLoS One</i> 7(9): e43648.</p> <p>Devictor V., Julliard R., Couvet D., Jiguet F. 2008: Birds are tracking climate warming, but not fast enough. <i>Proceedings Royal Society London B</i> 275: 2743-2748.</p> <p>Devictor V., Van Swaay C., Brereton T., Brotons L., Chamberlain D., Heliölä J., Herrando S., Julliard R., Kuussaari M., Lindström Å, Reif J., Roy D.B., Schweiger O., Settele J., Stefanescu C., Van Strien A.J., Van Turnhout C., Vermouzek Z., DeVries M.W., Wynhoff I., Jiguet F. 2012: Differences in the climatic debts of birds and butterflies at a continental scale. <i>Nature climate change</i> 2(2): 121.</p> <p>EEA – European Environment Agency 2009: Progress towards the European 2010 biodiversity target – indicator fact sheets. EEA Technical report No 5/2009, Copenhagen, 78 S.</p> <p>Gaüzère P., Jiguet F., Devictor V. 2016: Can protected areas mitigate the impacts of climate change on bird's species and communities? <i>Diversity and Distributions</i> 22(6): 625-637.</p> <p>Gillings S., Balmer D.E., Fuller, R.J. 2015: Directionality of recent bird distribution shifts and climate change in Great Britain. <i>Global Change Biology</i> 21(6): 2155-2168.</p> <p>Gregory R.D., van Strien A.J., Vorisek P., Gmelig Meyling A.W., Noble D., Foppen R.P.B., Gibbons D.W. 2005: Developing indicators for European birds. <i>Philosophical Transactions of the Royal Society B</i> 360: 269-288.</p> <p>Gregory R.D., Willis S.G., Jiguet F., Vorisek P., Klvanova A., van Strien A.J., Huntley B., Collingham Y.C., Couvet D., Green R.E. 2009: An indicator of the impact of climatic change on European breeding birds. <i>PLoS One</i> 4(3): e4678.</p> <p>Grüneberg C., Bauer H.-G., Haupt H., Hüppop O., Ryslavy T., Südbeck P. 2015: Rote Liste der Brutvögel Deutschlands, 5. Fassung, 30. November 2015. <i>Ber. Vogelschutz</i> 52: 19-67.</p>
--	---

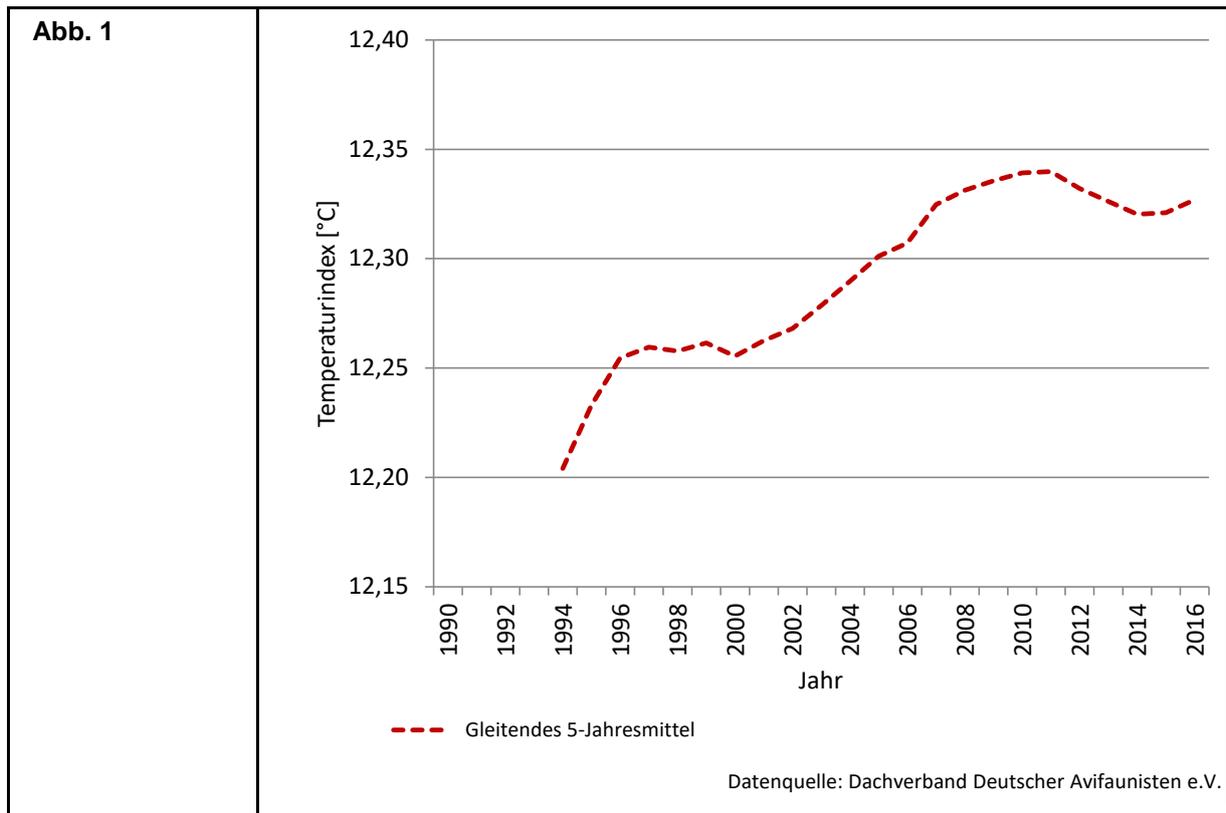
	<p>Hagemeijer E.J.M., Blair M.J. (Eds) 1997: The EBCC Atlas of European Breeding Birds: their distribution and abundance. Poyser, London, 960 S.</p> <p>Heikkinen R.K., Luoto M., Virkkala R., Pearson R.G., Körber J.-H. 2007: Biotic interactions improve prediction of boreal bird distributions at macro-scales. <i>Global Ecology and Biogeography</i> 16: 754-763.</p> <p>Hijmans R.J., Cameron S.E., Parra J.L., Jones P.G., Jarvis A. 2005: Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. <i>International Journal of Climatology</i> 25: 1965-1978.</p> <p>Hüppop K., Hüppop O. 2005: Atlas zur Vogelberingung auf Helgoland. Teil 3: Veränderungen von Heim- und Wegzugzeiten von 1960 bis 2001. <i>Vogelwarte</i> 43: 217 – 248.</p> <p>Hüppop K., Hüppop O., Bairlein F. 2008: Veränderungen von Zugzeiten. <i>Falke</i> 55: 294-299.</p> <p>Hüppop O., Hüppop K. 2003: North Atlantic Oscillation and the timing of spring migration in birds. <i>Proceedings of the Royal Society London B</i> 270: 233-240.</p> <p>Kampichler C., Van Turnhout C.A., Devictor V., Van Der Jeugd H.P. 2012: Large-scale changes in community composition: determining land use and climate change signals. <i>PLoS One</i> 7(4): e35272.</p> <p>Klvanova A., Vorisek P., Gregory R.D., van Strien A.J., Gmelig-Meyling A. 2009: Wild birds as indicators in Europe: latest results from the Pan-European Common Bird Monitoring Scheme (PECBMS). <i>Avocetta</i> 33: 7-12.</p> <p>Kullberg C., Fransson T., Hedlund J., Jonzén N., Langvall O., Nilsson J., Bolmgren K. 2015: Change in spring arrival of migratory birds under an era of climate change, Swedish data from the last 140 years. <i>Ambio</i> 44(1): 69-77.</p> <p>Lemoine N., Bauer H.G., Peintinger M., Boehning-Gaese K. 2007: Effects of climate and land-use change on species abundance in a central European bird community. <i>Conservation Biology</i> 21: 495-503.</p> <p>Lindström Å., Green M., Paulson G., Smith H.G., Devictor V. 2013: Rapid changes in bird community composition at multiple temporal and spatial scales in response to recent climate change. <i>Ecography</i> 36(3): 313-322.</p> <p>Möller A.P., Rubolini D., Lehikoinen E. 2008: Populations of migratory bird species that did not show a phenological response to climate change are declining. <i>PNAS</i> 105: 16195-16200.</p> <p>Newson S.E., Moran N.J., Musgrove A.J., Pearce-Higgins J.W., Gillings S., Atkinson P.W., Miller R., Grantham M.J., Baillie S.R. 2016: Long-term changes in the migration phenology of UK breeding birds detected by large-scale citizen science recording schemes. <i>Ibis</i> 158(3): 481-495.</p> <p>Pearce-Higgins J.W., Eglinton S.M., Martay B., Chamberlain D.E. 2015: Drivers of climate change impacts on bird communities. <i>Journal of Animal Ecology</i>, 84(4): 943-954.</p> <p>Potvin D.A., Välimäki K., Lehikoinen A. 2016: Differences in shifts of wintering and breeding ranges lead to changing migration distances in European birds. <i>Journal of Avian Biology</i> 47(5): 619-628.</p>
--	--

	<p>Pulido F., Berthold P. 2004: Microevolutionary response to climatic change. <i>Advances in Ecological Research</i> 35: 151-183.</p> <p>Rolshausen G., Hobson K.A., Schäfer H.M. 2010: Spring arrival along a migratory divide of sympatric blackcaps (<i>Sylvia atricapilla</i>). <i>Oecologia</i> 162: 175-183.</p> <p>Samplonius J.M., Bartošová L., Burgess M.D., Bushuev A.V., Eeva T., Ivankina E.V., Kerimov A.B., Krams I., Laaksonen T., Mägi M., Mänd R., Potti J., Török J., Trnka M., Visser M.E., Zang H., Both C. 2018: Phenological sensitivity to climate change is higher in resident than in migrant bird populations among European cavity breeders. <i>Global Change Biology</i> 24: 3780-3790.</p> <p>Santangeli A., Lehikoinen A. 2017: Are winter and breeding bird communities able to track rapid climate change? Lessons from the high North. <i>Diversity and Distributions</i> 23(3): 308-316.</p> <p>Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft Sachsen 2013: Klimafolgenmonitoring in Sachsen. Indikatoren zur Beobachtung von Klimafolgen. http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/Sammelmappe2.pdf</p> <p>Stephens P.A., Mason L.R., Green R.E., Gregory R.D., Sauer J.R., Alison J., Aunins A., Brotons L., Butchart S.H.M., Campedelli T., Chodkiewicz T., Chylarecki P., Crowe O., Elts J., Escandell V., Foppen R.P.B., Heldbjerg H., Herrando S., Husby M., Jiguet F., Lehikoinen A., Lindström Å., Noble D.G., Paquet J., Reif J., Sattler T., Szep T., Teufelbauer N., Trautmann S., van Strien A.J., van Turnhout C.A.M., Vorisek P., Willis S.G. 2016: Consistent response of bird populations to climate change on two continents. <i>Science</i> 352(6281): 84-87.</p> <p>Strebel N., Schmid H., Sattler T. 2016: Phänologie-Indikator Vögel. Schweizerische Vogelwarte, Sempach, 23 S.</p> <p>Sudfeldt C., Dröschmeister R., Wahl J., Berlin K., Gottschalk T., Grüneberg C., Mitschke A., Trautmann S. (2012): Vogelmonitoring in Deutschland. Programme und Anwendungen. <i>Naturschutz und Biologische Vielfalt</i>, Bd. 119, Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg, 257 S.</p> <p>Tayleur C.M., Devictor V., Gaüzère P., Jonzén N., Smith H.G., Lindström Å. 2016: Regional variation in climate change winners and losers highlights the rapid loss of cold-dwelling species. <i>Diversity and Distributions</i> 22(4): 468-480.</p> <p>Thomas C.D., Lennon J.J. 1999: Birds extend their ranges northwards. <i>Nature</i> 399: 213.</p> <p>Van Buskirk J., Mulvihill R.S., Leberman R.C. 2009: Variable shifts in spring and autumn migration phenology in North American songbirds associated with climate change. <i>Global Change Biology</i> 15: 760-771.</p> <p>Van Swaay C.A.M., Harpke A., van Strien A.J., Fontaine B., Stefanescu C., Roy D., Maes D., Kühn E., Öunap E., Regan E., Švitra G., Heliölä J., Settele J., Musche M., Warren M.S., Plattner M., Kuussaari M., Cornish N., Schweiger O., Feldmann R., Julliard R., Verovnik R., Roth T., Brereton T., Devictor V. 2010: The impact of climate change on butterfly communities 1990-2009. De Vlinderstichting, Wageningen.</p>
--	---

	<p>Van Swaay C.A.M., van Strien A.J., Julliard R., Schweiger O., Brereton T., Heliölä J., Kuussaari M., Roy D., Stefanescu C., Warren M.S., Settele J. 2008: Developing a Methodology for a European Butterfly Climate Change Indicator. Report VS2008.040, De Vlinderstichting, Wageningen.</p> <p>Visser M.E., Perdeck A.C., van Balen J.H., Both C. 2009: Climate change leads to decreasing migration distances. Global Change Biology 15: 1859-1865.</p> <p>Wiemers M., Winter M., Musche M. 2012: Naturschutzfachliches Monitoring „Klimawandel und Biodiversität“ – Weiterentwicklung der Konzeption und Auswertung ausgewählter vorhandener Daten. 2. Zwischenbericht. Unveröffentlichter Projektbericht.</p>
--	---

VI Umsetzung – Aufwand und Verantwortlichkeiten

Aufwands-schätzung:	Datenbe-schaffung:	1	Eine datenhaltende Institution
	Datenver-arbeitung:	2	Eigene, einfache Berechnungen („Nebenrechnungen“) notwendig
	<u>Erläuterung:</u> Für die Berechnung des Indikators müssen Bestandsindexwerte bestimmt, fachlich geprüft und miteinander verrechnet werden. Aufwand: ca. 5 Arbeitstage.		
Datenkosten:	Der DDA möchte prinzipiell für die Datenauswertung und -qualitätssicherung verantwortlich zeichnen, allerdings ist zu klären, ob der entstehende Mehraufwand im Rahmen der bestehenden Verwaltungsvereinbarung zum Vogelmonitoring leistbar ist oder zusätzlicher Mittel bedarf.		
Zuständigkeit:	Bundesamt für Naturschutz (BfN)		

VII Darstellungsvorschlag

VIII Anhang

Artenauswahl

Es wurden 88 in Deutschland vorkommende häufige Brutvogelarten ausgewählt, für die eine gesicherte Trendermittlung möglich ist (Tab. 1).

Tab. 1: Liste der 88 in Deutschland vorkommenden häufigen Brutvogelarten, die für die Verwendung im Indikator anhand der Datenverfügbarkeit ausgewählt wurden.

Art deutsch	Art wissenschaftlich
Zwergtaucher	<i>Tachybaptus ruficollis</i>
Stockente	<i>Anas platyrhynchos</i>
Rotmilan	<i>Milvus milvus</i>
Rebhuhn	<i>Perdix perdix</i>
Wachtel	<i>Coturnix coturnix</i>
Jagdfasan	<i>Phasianus colchicus</i>
Teichhuhn	<i>Gallinula chloropus</i>
Blässhuhn	<i>Fulica atra</i>
Kiebitz	<i>Vanellus vanellus</i>
Straßentaube	<i>Columba livia f. domestica</i>
Hohltaube	<i>Columba oenas</i>
Ringeltaube	<i>Columba palumbus</i>
Türkentaube	<i>Streptopelia decaocto</i>
Turteltaube	<i>Streptopelia turtur</i>
Kuckuck	<i>Cuculus canorus</i>
Mauersegler	<i>Apus apus</i>
Wendehals	<i>Jynx torquilla</i>
Grauspecht	<i>Picus canus</i>
Grünspecht	<i>Picus viridis</i>
Schwarzspecht	<i>Dryocopus martius</i>
Buntspecht	<i>Dendrocopos major</i>
Mittelspecht	<i>Dendrocopos medius</i>
Kleinspecht	<i>Dendrocopos minor</i>
Heidelerche	<i>Lullula arborea</i>
Feldlerche	<i>Alauda arvensis</i>
Rauchschwalbe	<i>Hirundo rustica</i>
Mehlschwalbe	<i>Delichon urbicum</i>
Baumpieper	<i>Anthus trivialis</i>
Wiesenpieper	<i>Anthus pratensis</i>
Wiesenschafstelze	<i>Motacilla flava</i>

Art deutsch	Art wissenschaftlich
Bachstelze	<i>Motacilla alba</i>
Zaunkönig	<i>Troglodytes troglodytes</i>
Heckenbraunelle	<i>Prunella modularis</i>
Rotkehlchen	<i>Erithacus rubecula</i>
Nachtigall	<i>Luscinia megarhynchos</i>
Hausrotschwanz	<i>Phoenicurus ochrurus</i>
Gartenrotschwanz	<i>Phoenicurus phoenicurus</i>
Braunkehlchen	<i>Saxicola rubicola</i>
Schwarzkehlchen	<i>Saxicola torquata</i>
Amsel	<i>Turdus merula</i>
Wacholderdrossel	<i>Turdus pilaris</i>
Singdrossel	<i>Turdus philomelos</i>
Misteldrossel	<i>Turdus viscivorus</i>
Feldschwirl	<i>Locustella naevia</i>
Schilfrohrsänger	<i>Acrocephalus schoenobaenus</i>
Sumpfrohrsänger	<i>Acrocephalus palustris</i>
Teichrohrsänger	<i>Acrocephalus scirpaceus</i>
Gelbspötter	<i>Hippolais icterina</i>
Klappergrasmücke	<i>Sylvia curruca</i>
Dorngrasmücke	<i>Sylvia communis</i>
Gartengrasmücke	<i>Sylvia borin</i>
Mönchsgrasmücke	<i>Sylvia atricapilla</i>
Waldlaubsänger	<i>Phylloscopus sibilatrix</i>
Zilpzalp	<i>Phylloscopus collybita</i>
Fitis	<i>Phylloscopus trochilus</i>
Wintergoldhähnchen	<i>Regulus regulus</i>
Sommergoldhähnchen	<i>Regulus ignicapilla</i>
Grauschnäpper	<i>Muscicapa striata</i>
Trauerschnäpper	<i>Ficedula hypoleuca</i>
Schwanzmeise	<i>Aegithalos caudatus</i>
Sumpfmeise	<i>Parus palustris</i>
Weidenmeise	<i>Parus montanus</i>
Haubenmeise	<i>Parus cristatus</i>
Tannenmeise	<i>Parus ater</i>
Blaumeise	<i>Parus caeruleus</i>
Kohlmeise	<i>Parus major</i>
Kleiber	<i>Sitta europaea</i>
Waldbaumläufer	<i>Certhia familiaris</i>

Art deutsch	Art wissenschaftlich
Gartenbaumläufer	<i>Certhia brachydactyla</i>
Pirol	<i>Oriolus oriolus</i>
Neuntöter	<i>Lanius collurio</i>
Eichelhäher	<i>Garrulus glandarius</i>
Elster	<i>Pica pica</i>
Dohle	<i>Coleus monedula</i>
Kolkrabe	<i>Corvus corax</i>
Star	<i>Sturnus vulgaris</i>
Hausperling	<i>Passer domesticus</i>
Feldsperling	<i>Passer montanus</i>
Buchfink	<i>Fringilla coelebs</i>
Girlitz	<i>Serinus serinus</i>
Grünfink	<i>Carduelis chloris</i>
Stieglitz	<i>Carduelis carduelis</i>
Bluthänfling	<i>Carduelis cannabina</i>
Gimpel	<i>Pyrrhula pyrrhula</i>
Kernbeißer	<i>Coccothraustes coccothraustes</i>
Goldammer	<i>Emberiza citrinella</i>
Rohrammer	<i>Emberiza schoeniclus</i>
Grauammer	<i>Emberiza calandra</i>

Daten zu den Bestandsindizes

Die Berechnung der Bestandsindizes m_{ind} der in den Indikator einfließenden Vogelarten erfolgt mit Hilfe von *generalized estimation equations* für die Daten des Monitoring häufiger Vogelarten (1990-2010) und des Monitorings häufiger Brutvögel (jährlich fortlaufend seit 2005). Aus diesen beiden Programmen berechnete Bestandsindizes werden statistisch miteinander kombiniert.

7.3 Rückgewinnung natürlicher Überflutungsflächen

Verfasser:	Technische Universität Berlin, Fachgebiet Landschaftsplanung und Landschaftsentwicklung (Rainer Schliep) i. A. des Bundesamtes für Naturschutz, FKZ 3511 82 0400	
Mitwirkung:	Technische Universität Berlin, Fachgebiet Landschaftsplanung und Landschaftsentwicklung (Prof. Dr. Stefan Heiland, Annika Miller, Laura Radtke) Bundesamt für Naturschutz, Fachgebiet II 3.2 Binnengewässer, Auenökosysteme und Wasserhaushalt (Bernd Neukirchen, Dr. Thomas Ehlert, Janika Heyden) Bundesamt für Naturschutz, FG II 1.3 Monitoring (Dr. Ulrich Sukopp, Dr. Elisa Braeckevelt)	
Letzte Aktualisierung:	06.05.2014	Bundesamt für Naturschutz, FG II 1.3 Monitoring (Dr. Ulrich Sukopp)
	27.02.2019	Bundesamt für Naturschutz, FG II 1.3 Monitoring (Dr. Ulrich Sukopp)
Nächste Fortschreibung:	2020	

I Beschreibung

Interne Nr. BD-I-3	Titel: Rückgewinnung natürlicher Überflutungsflächen
Einheit: ha	<p>Kurzbeschreibung des Indikators: Jährlicher Flächenzuwachs der rückgewonnenen Aue durch Deichrückverlegungen in den Haupteinzugsgebieten von Maas, Rhein, Ems, Weser, Elbe, Oder, Donau sowie der direkten Zuflüsse zu Nord- und Ostsee</p> <p>Berechnungsvorschrift: Bilanziert wird jährlich der kumulierte Flächenzuwachs der rückgewonnenen Aue durch Renaturierungsvorhaben mit Deichrückverlegungen in Hektar jeweils beginnend an der Stelle des Flusses, an der das Einzugsgebiet 1.000 km² überschreitet (insgesamt 10.276 Flusskilometer). Die Datenreihe beginnt mit einer summarischen Bilanzierung aller älteren Projekte in der Zeit von 1983 (erster Wiedergewinn von Überflutungsflächen durch das Belassen von Deichbrüchen) bis einschließlich des Jahres 2000 und wird dann jährlich kumulativ fortgeschrieben. Stichtag für die Bilanzierung der jeweiligen Vorhaben ist das Datum der Baufertigstellung. Ist dieses Datum nicht verfügbar, werden andere verfügbare Daten zur zeitlichen Einordnung verwendet.</p> <p>Formel: $F_i = F_{\text{Startperiode}} + F_{2001 \text{ bis Jahr } i}$ F_i = Indikatorwert im Jahr i in Hektar $F_{\text{Startperiode}}$ = Summe aller wiedergewonnenen natürlichen Überflutungsflächen in der Startperiode (Zeitraum vom 01.01.1983 bis zum 31.12.2000) in den Haupteinzugsgebieten von Maas, Rhein, Ems, Weser, Elbe, Oder, Donau sowie der direkten Zuflüsse zu Nord- und Ostsee in Hektar</p>

	$F_{2001 \text{ bis Jahr } i}$ = Summe aller wiedergewonnenen natürlichen Überflutungsflächen im Zeitraum vom 01.01.2001 bis zum 31.12. des Jahres i in den Haupteinzugsgebieten von Maas, Rhein, Ems, Weser, Elbe, Oder, Donau sowie der direkten Zuflüsse zu Nord- und Ostsee in Hektar (i = betrachtetes Jahr für $i > 2000$)
Interpretation des Indikatorwerts:	Je größer die Fläche wiederangeschlossener Retentionsflächen durch Deichrückverlegung ist, desto größer sind sowohl die positiven Effekte für den Hochwasserschutz als auch die positiven Wirkungen für die biologische Vielfalt und für den Zustand der Gewässer.

II Einordnung

Handlungsfeld:	Biologische Vielfalt
Indikationsfeld:	Veränderungen biologischer Vielfalt infolge von Anpassungen an den Klimawandel im Bereich der Wasserwirtschaft
Thematischer Teilaspekt:	Wirkungen infolge von Deichaus- und Deichrückbau
DPSIR:	Impact

III Herleitung und Begründung

Referenzen auf andere Indikatorenssysteme:	Indikatorensystem zur Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt, Indikator „Zustand der Flussauen“
Begründung:	<p>Der Klimawandel findet nicht nur Ausdruck in steigenden Temperaturen, sondern zeigt sich auch in veränderten Niederschlagsverhältnissen. So ist in Deutschland das Gebietsmittel der jährlichen Niederschläge um ca. 10 % angestiegen, wobei diese Zunahme sowohl regional als auch saisonal starken Schwankungen unterliegt (UBA 2018). Während insbesondere die Winterniederschläge stark zugenommen haben, ist in Bezug auf die Sommermonate ein leichter Rückgang erkennbar (ebd.). Zudem beschränkt sich die Zunahme der jährlichen Niederschlagsmenge weitgehend auf Westdeutschland. In den östlichen Bundesländern hingegen werden die Zunahmen im Winter durch Abnahmen im Sommer größtenteils ausgeglichen (UBA 2015). Darüber hinaus lassen Klimamodellierungen auf eine Steigerung des Ausmaßes und der Häufigkeit von z. B. Starkregenereignissen schließen (ebd.). Diese waren maßgeblich für die Hochwasserereignisse 2002 und 2013 im Donau- und Elbeeinzugsgebiet verantwortlich.</p> <p>Da das Ausmaß und die Intensität von Niederschlägen neben anderen Faktoren wie dem Verlust natürlicher Retentionsräume, Gewässerausbau oder Versiegelung maßgeblich die Entstehung von Hochwasser beeinflussen (vgl. Bronstert et al. 2016), ist vor dem Hintergrund der klimawandelbedingten Veränderung des Niederschlagsregimes und einer Zunahme von Niederschlägen bzw. Starkregenereignissen in einigen Regionen Deutschlands mit steigender Hochwassergefahr zu rechnen (für Bremen z. B. Suckau & Horstmann 2017).</p>

	<p>Vor dem Hintergrund der Hochwasserereignisse im Jahr 2013 hat die Sonder-Umweltministerkonferenz (Sonder-UMK) Hochwasser u. a. die Erarbeitung eines Nationalen Hochwasserschutzprogramms beschlossen. Ein Schwerpunkt dieses Programms liegt dabei auf überregionalen Maßnahmen zur Gewinnung von Rückhalteräumen mit signifikanter Wirkung auf die Hochwasserscheitel. Durch bereits bestehende Nutzungen potenzieller Rückhalteräume entstehen Nutzungskonflikte, die raumordnerisch gelöst werden müssen. Die Sonder-UMK sieht daher die Notwendigkeit, dem Hochwasserschutz künftig eine höhere Priorität bei der Flächennutzung einzuräumen.</p> <p>Die Bundesländer haben die zunehmende Hochwassergefahr bereits in Plänen und Programmen berücksichtigt und Maßnahmen zur Anpassung eingeleitet (vgl. bspw. BMUB & BfN 2015, StMUV 2014, Webler 2015). Die Beweggründe für die Initiierung der bilanzierten Vorhaben können dabei durchaus unterschiedlich sein (z. B. Naturschutz, Hochwasserschutz) und müssen nicht explizit durch den Klimawandel und eine dadurch veränderte Abflussdynamik in den Flusseinzugsgebieten begründet sein (Möhring et al. 2012: 34). Erfolgen die Anpassungsmaßnahmen im Rahmen des ökologischen Hochwasserschutzes, ergeben sich positive Auswirkungen für die biologische Vielfalt, u. a. durch eine Verbesserung der Habitatfunktion (Scholz et al. 2012: 180). So ist beispielsweise die Wiederherstellung natürlicher Retentionsräume aus naturschutzfachlicher Sicht zu befürworten (Möhring et al. 2012, vgl. auch Ehlert & Natho 2017), da rezente Auen Lebensraum für zahlreiche seltene und geschützte Tier und Pflanzenarten sind und hier seltene FFH-Lebensraumtypen auftreten. Zudem stellen diese selten gewordenen Lebensräume ein wichtiges Bindeglied im Biotopverbund und dem Schutzgebietssystem Natura 2000 dar und beherbergen eine Vielzahl von Tier- und Pflanzenarten, die an den Rhythmus von Hoch- und Niedrigwasser angepasst sind, sowie gefährdete Auwälder (BMUB & BfN 2015).</p> <p>Durch Auenrenaturierungen mit Deichrückbau verbessern sich in den Flussauen die Qualität der Lebensräume für Pflanzen und Tiere sowie die morphologischen und hydrologischen Bedingungen. Die Naturnähe der Auen steigt in den betreffenden Flussabschnitten. Dies liegt insbesondere darin begründet, dass in den meisten Fällen vormals intensiv landwirtschaftlich genutzte Flächen in Überflutungsflächen mit natürlicher Hochwasserdynamik überführt werden. Dies ermöglicht eine Wiederbesiedlung mit vielen auentypischen Pflanzen- und Tierarten. Da gleichzeitig das Rückhaltevermögen der Auen im Falle von Überflutungen erhöht wird, dienen die Maßnahmen auch dem Hochwasserschutz und tragen zur Anpassung an den Klimawandel bei.</p> <p>Der Indikator ist ein Maß für die erfolgreiche Umsetzung von Maßnahmen zum naturverträglichen Hochwasserschutz in Flussauen. Er bilanziert auf Basis einer bundesweiten Erfassung von Projekten zur Auenrenaturierung (Möhring et al. 2012) den Flächenzugewinn von Überschwemmungsflächen, die wieder an die natürliche Überflutungsdynamik der Fließgewässer angeschlossen wurden. Dabei steht die naturschutzfachliche Aussage zu positiven Effekten für die biologische Vielfalt im Vordergrund. Zugleich sind die bilanzierten Flächengewinne durch Deichrückverlegungen als Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel im Handlungsfeld „Hochwasserschutz“ zu betrachten. Der Indikator beleuchtet somit einen naturschutzfachlich bedeutsamen Aspekt des vorbeugenden Hochwasserschutzes, der ansonsten stark</p>
--	--

	<p>durch technische Maßnahmen wie den Bau von Deichen, Rückhaltebecken oder Hochwasserschutzpoldern geprägt ist.</p> <p>Dazu werden Auenrenaturierungsvorhaben erfasst, bei denen durch Rückbau, Rückverlegung oder Schlitzung von Deichen und Dämmen natürliche Überflutungsflächen zurückgewonnen werden konnten. Stichtag für die Bilanzierung der jeweiligen Vorhaben ist das Datum der Baufertigstellung. Ist dieses Datum nicht verfügbar, werden andere verfügbare Daten zur zeitlichen Einordnung verwendet. Die Überflutung der rückgewonnenen Auen erfolgt nach der Maßnahmenumsetzung ungesteuert und bereits bei kleinen Hochwasserereignissen. Der Wiederanschluss von Altarmen oder Flutrinnen wird nur dann berücksichtigt, wenn zu diesem Zweck flussnahe Deiche und Dämme abgetragen wurden. Die Einrichtung gesteuerter Hochwasserschutzpolder oder sonstige gesteuerte Flutungen der Aue werden nicht berücksichtigt.</p> <p>Der Untersuchungsraum erstreckt sich über die Auen von bundesweit 79 Flüssen jeweils beginnend an der Stelle des Flusses, an der das Einzugsgebiet 1.000 km² überschreitet (insgesamt 10.276 Flusskilometer in den Haupteinzugsgebieten von Maas, Rhein, Ems, Weser, Elbe, Oder, Donau sowie der direkten Zuflüsse zu Nord- und Ostsee). Dies entspricht der Flächenkulisse des Auenzustandsberichtes (BMU & BfN 2009), demzufolge von ehemals ca. 1,5 Mio. ha Auenfläche heute noch ca. 480.000 ha als rezente Auen überflutet werden können.</p>
Schwächen:	<p>Grundsätzlich ist in Zukunft eine Erfassung und Bewertung auentypischer Lebensräume und Arten auf den rückgewonnenen Überflutungsflächen anzustreben. Diesbezügliche Ergebnisse könnten als qualitativer Teilindikator die Flächenbilanz des bestehenden Indikators sinnvoll ergänzen. Hierdurch würde auch die Perspektive des Indikators als Impact-Indikator deutlicher. Im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz wurden in einem F+E-Vorhaben Daten zu auentypischen Biotop-/FFH-Lebensraumtypen ausgewertet. Auf dieser Grundlage kann ein Teilindikator entwickelt werden.</p> <p>Bislang ist noch ungeklärt, ob und in welchem Umfang künftig eine Auswertung von Deichrückverlegungsmaßnahmen für die bundesweit 79 betrachteten Flüsse erfolgt und in welchen Abständen die Datensätze des Fachinformationssystems „Flussauen in Deutschland“ des Bundesamtes für Naturschutz fortgeschrieben werden.</p>
Rechtsgrundlagen, Strategien:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bundesprogramm Blaues Band Deutschland (BBD) ▪ Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) (BMU 2008) ▪ Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt (NBS) (BMU 2007) ▪ Nationales Hochwasserschutzprogramm (NHWSP) ▪ Naturschutz-Offensive 2020 (NatSchO) (BMUB 2015) ▪ Wasserhaushaltsgesetz (WHG)
Ziele:	<p>BBD, S. 14: „Bis zum Jahr 2035 hat sich der Auenzustand an 20 Prozent der bewerteten Abschnitte an Bundeswasserstraßen um mindestens eine Zustandsklasse nach Auenzustandsbericht 2009 verbessert. Bis zum Jahr 2035 sind 15 Prozent der Auen an Bundeswasserstraßen ihrer naturtypischen Funktion zugeführt.“</p> <p>DAS, Kap. 2.3: „Es sind solche Maßnahmen zu fördern, die zum Beispiel eine abmildernde Wirkung auf Extremereignisse – und zwar sowohl auf den</p>

	<p>Verlauf von Hochwasserereignissen als auch auf Niedrigwassersituationen – haben. Dies können Maßnahmen zur Verbesserung der Hydromorphologie, z. B. Anbinden von Altarmen, aber auch Deichrückverlegungen sein“ (BMU 2008).</p> <p>NBS, Kap. B 1.2.4: „Vergrößerung der Rückhalteflächen an den Flüssen um mindestens 10 % bis 2020“ (BMU 2007)</p> <p>NHWSP, S. 6: „In der Kategorie Deichrückverlegung/Wiedergewinnung von Retentionsflächen sollen insgesamt rund 20.571 ha Überflutungsfläche einer natürlichen Überschwemmungsdynamik zurückgegeben werden.“</p> <p>NatSchO, Handlungsfeld III: „Es muss deutlich mehr getan werden, um die Auen als natürliche Retentionsräume und Lebensraum für viele seltene Tier- und Pflanzenarten sowie für Auwälder, die nur hier existieren können, zurückzugewinnen“ (BMUB 2015).</p> <p>WHG § 77 Satz 3: „Frühere Überschwemmungsgebiete, die als Rückhalteflächen geeignet sind, sollen so weit wie möglich wiederhergestellt werden, wenn überwiegende Gründe des Wohls der Allgemeinheit dem nicht entgegenstehen.“</p>
<p>In der DAS beschriebene mögliche Klimawandelfolgen:</p>	<p>DAS, Kapitel 3.2.5: „Für Arten und ihre Lebensräume ist eine veränderte Landnutzung voraussichtlich ähnlich bedeutsam wie die direkten klimatischen Effekte. Der Klimawandel wird wahrscheinlich zu einer Steigerung des für die einzelnen Maßnahmen erforderlichen Flächenbedarfs führen. Neben einem zu erwartenden zusätzlichen Raumbedarf zur Erreichung von Naturschutzzielen (beispielsweise für Biotopverbunde und Ausweichhabitate) konkurrieren der möglicherweise auszuweitende Anbau von nachwachsenden Rohstoffen, zusätzlicher Deichbau sowie die Sicherung von Verkehrswegen um die knappen Flächen. Hier wird es darauf ankommen, dass Bund und Länder die quantitativ und qualitativ festgelegten Ziele der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt und des Bundesnaturschutzgesetzes für Schutzgebiete und Vernetzungen durch geeignete Maßnahmen erreichen.“</p>
<p>Berichtspflichten:</p>	<p>Keine</p>

IV Technische Informationen

Datenquelle:	<ul style="list-style-type: none">▪ Möhring et al. 2012: Erfassung überregional bedeutsamer Projekte zur Auenrenaturierung und zur Wiederherstellung von Überschwemmungsflächen▪ Eigenrecherchen des Bundesamtes für Naturschutz▪ Projektmeldungen an das BfN▪ BMUB & BfN 2015: Den Flüssen mehr Raum geben: Renaturierung von Auen in Deutschland▪ Ehlert & Natho 2017: Auenrenaturierung in Deutschland – Analyse zum Stand der Umsetzung anhand einer bundesweiten Datenbank▪ Ehlert et al. 2018: Perspektiven einer nachhaltigen Auenentwicklung▪ BfN/Bundesamt für Naturschutz (2018): Datenbank über Projekte zur Auenrenaturierung und zur Wiederherstellung von Überschwemmungsflächen auf Grundlage von Recherchen durch Möhring et al. 2012 und Eigenrecherchen des Bundesamtes für Naturschutz.
---------------------	--

Räumliche Auflösung:	Flächenhaft	79 Flüsse in den Einzugsgebieten von Maas, Rhein, Ems, Weser, Elbe, Oder, Donau und der direkten Zuflüsse zu Nord- und Ostsee
Geographische Abdeckung:	Ganz Deutschland	
Zeitliche Auflösung:	Startwert: Summe des Flächenzuwachses über die Jahre 1983 bis 2000, ab 2001: jährlich	
Beschränkungen:	Keine	
Verweis auf Daten-Factsheet:	BD-I-3_Daten_Rueckgewinnung-Ueberflutungsflaechen.xlsx	

V Zusatzinformationen

Glossar:	<p>Altaue: Teil der morphologischen Aue, der gegenwärtig vom Überflutungsgeschehen abgeschnitten ist.</p> <p>Aue: Bei Hochwasser periodisch oder episodisch überschwemmte Fläche entlang von Bächen und Flüssen. Die Auen (Altauen und rezente Auen) der im Auenzustandsbericht 2009 bilanzierten 79 Flüsse in den Flusseinzugsgebieten von Maas, Rhein, Ems, Weser, Elbe, Oder, Donau sowie der direkten Zuflüsse zu Nord- und Ostsee nehmen eine Fläche von ca. 1,5 Mio. ha ein (BMU 2009), das entspricht 4,4 % der Fläche Deutschlands.</p> <p>Hochwasserschutzpolder: Ein Hochwasserschutzpolder ist ein Retentionsgebiet, das bei Hochwasser geflutet werden kann, um die Wasserführung flussabwärts gelegener Flussabschnitte vorübergehend zu vermindern und dadurch den Scheitel einer Flutwelle zu senken. Sie sind vom Flussbett durch Deiche getrennt.</p> <p>Ökologischer Hochwasserschutz: Wiederherstellung der ökologischen Einheit von Fluss und Aue vornehmlich durch die Rückgewinnung von Auen als Überschwemmungsgebiete.</p> <p>Rezente Aue: Gegenwärtig noch überflutbare Teile der Aue, die an die natürliche Überflutungsdynamik angeschlossen sind und dem unregelmäßigen Wechsel von Überflutungen und Trockenfallen unterliegen. Die rezenten Auen, die bei großen Hochwasserereignissen an den im Auenzustandsberichtbericht 2009 bilanzierten 79 Flüssen in den Flusseinzugsgebieten von Maas, Rhein, Ems, Weser, Elbe, Oder, Donau sowie der direkten Zuflüsse zu Nord- und Ostsee (BMU 2009) noch überflutet werden können, umfassen in Deutschland nach Erhebungen des Bundesamtes für Naturschutz eine Fläche von rund 480.000 ha.</p>
Weiterführende Informationen:	BfN – Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.) 2009: Fachinformationssystem „Flussauen in Deutschland“. http://www.geodienste.bfn.de/flussauen/

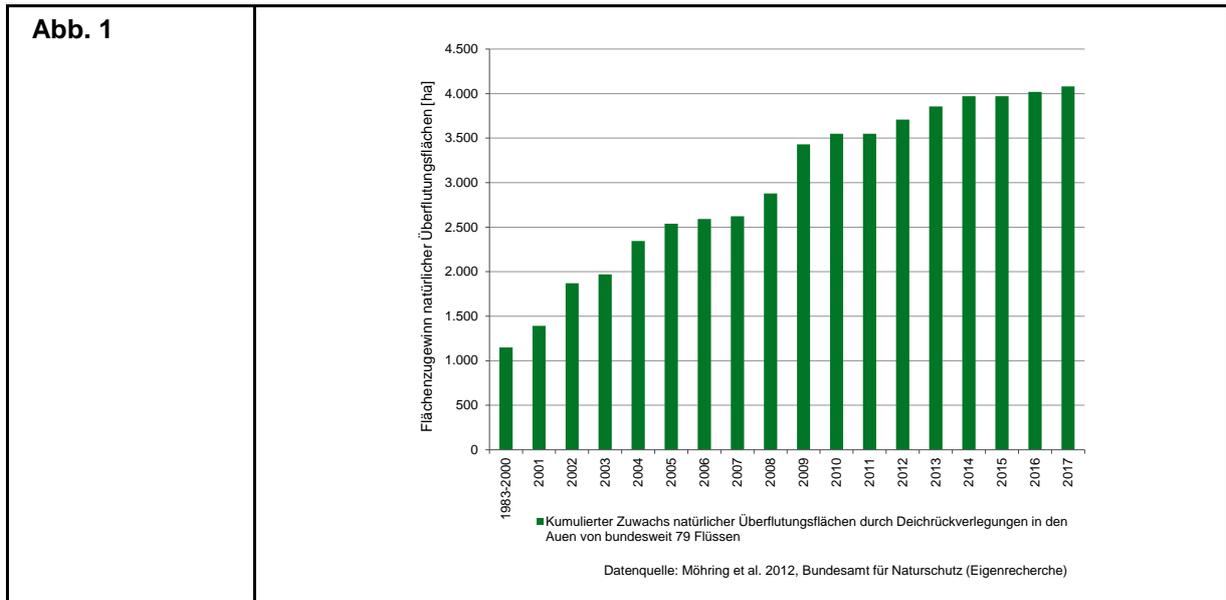
	<p>BMU, BfN – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.) 2009: Auenzustandsbericht. Flussauen in Deutschland. BMU, BfN, Berlin, Bonn, 34 S.</p> <p>BMUB, BfN – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, Bundesamt für Naturschutz (2015): Den Flüssen mehr Raum geben. Renaturierung von Auen in Deutschland. BMUB, BfN, Berlin, Bonn, 59 S.</p> <p>BMVI, BMUB – Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2017): Bundesprogramm Blaues Band Deutschland. Eine Zukunftsperspektive für die Wasserstraßen. Bonn, 34 S.</p> <p>Bronstert A., Bormann H., Bürger G., Haberlandt U., Hattermann F., Heistermann M., Huang S., Kolokotronis V., Kundzewicz Z., Menzel L., Meon G., Merz B., Meuser A., Paton E.N., Petrow T. 2017: Hochwasser und Sturzfluten an Flüssen in Deutschland. In: Brasseur G., Jacob D., Schuck-Zöller S. (Hrsg.): Klimawandel in Deutschland. Springer Spektrum, Berlin: 87-101.</p> <p>Dister E., Henrichfreise A. 2009: Veränderungen des Wasserhaushalts und Konsequenzen für den Naturschutz. Natur und Landschaft 84(1): 26-31.</p> <p>Ehlert T., Natho S. (2017): Auenrenaturierung in Deutschland – Analyse zum Stand der Umsetzung anhand einer bundesweiten Datenbank. Auenmagazin 12: 4-9.</p> <p>Ehlert T., Neukirchen B., Hausmann B. 2018: Perspektiven einer nachhaltigen Auenentwicklung. Natur und Landschaft 2018(2): 59-63.</p> <p>MKULNV – Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen 2009: Anpassung an den Klimawandel. Eine Strategie für Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf, 155 S.</p> <p>Möhring U., Peters A., Schackers B., Kurth A., Gebauer S., Weißhaupt R. 2012: Erfassung überregional bedeutsamer Projekte zur Auenrenaturierung und zur Wiederherstellung von Überschwemmungsflächen – bundesweite Übersicht. Unveröff. Abschlussbericht. Höxter, 70 S.</p> <p>Richert E., Rüter S., Seidler C., Wilhelm E.-G. 2011: Naturschutz und Hochwasservorsorge – unvereinbare Gegensätze? Ableitung und Bewertung von Maßnahmen aus interdisziplinärer Sicht. Hercynia N. F. 44: 39-52.</p> <p>Scholz M., Mehl D., Schulz-Zunkel C., Kasperidus H. D., Born W., Henle K. 2012: Ökosystemfunktionen von Flussauen – Analyse und Bewertung von Hochwasserretention, Nährstoffrückhalt, Kohlenstoffvorrat, Treibhausgasemissionen und Habitatfunktion. Naturschutz und Biologische Vielfalt 124: 257 S.</p> <p>StMUV – Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz 2014: Hochwasserschutz Aktionsprogramm 2020plus. StMUV, München, 56 S.</p> <p>Webler H. 2015: Erstellung der Hochwasserrisikomanagement-Pläne in Rheinland-Pfalz. Vorsorgender und nachsorgender Hochwasserschutz: 297-302.</p>
--	--

	<p>UBA – Umweltbundesamt (Hrsg.) 2015: Monitoringbericht 2015 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Bericht der Interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie der Bundesregierung. Dessau, 256 S.</p> <p>UBA – Umweltbundesamt 2018: Trends der Niederschlagshöhe. https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/trends-der-niederschlagshoehe</p>
--	--

VI Umsetzung – Aufwand und Verantwortlichkeiten

Aufwands-schätzung:	Datenbeschaffung:	3	Eigene Datenzusammenstellung/Recherche erforderlich
	Datenverarbeitung:	3	Eigene, einfache Berechnungen („Nebenrechnungen“) notwendig, manuelle Datenselektion, aufwändige Überprüfungen
<p><u>Erläuterung:</u></p> <p>Die erforderlichen Daten zu den Vorhaben zur Rückgewinnung natürlicher Überflutungsflächen müssen von den unterschiedlichen Projektträgern der Vorhaben angefordert oder durch Eigenrecherchen zusammengestellt werden. Für die jetzt vorliegende Übersicht von Projekten wurden aufbauend auf einer Abfrage bei den Umweltministerien der Länder (Möhring et al. 2012: 11 f.) ab 2014 Eigenrecherchen des BfN durchgeführt. Außerdem erfolgen seit 2017 Meldungen von Projekten an das BfN. Häufig liegen die Daten zu den Vorhaben in sehr heterogener Form und nicht immer digital vor (vgl. ebd.: 16). Für die Fortschreibung des Indikators ist aber lediglich eine Angabe zum Flächenzugewinn von Überschwemmungsflächen und eine Beschreibung des Projektes notwendig, anhand derer entschieden wird, ob das Projekt die unter „Kurzbeschreibung des Indikators“ genannten Kriterien erfüllt. Da ab 2001 pro Jahr im Durchschnitt lediglich ca. drei neue Projekte hinzugekommen sind, ist der Aufwand für die Neuberechnung sehr begrenzt. Geschätzter Arbeitsaufwand: 3 Arbeitstage.</p>			
Datenkosten:	Keine		
Zuständigkeit:	Bundesamt für Naturschutz (BfN)		

VII Darstellungsvorschlag



7.4 Berücksichtigung des Klimawandels in Landschaftsprogrammen und Landschaftsrahmenplänen

Verfasser:	Technische Universität Berlin, Fachgebiet Landschaftsplanung und Landschaftsentwicklung (Rainer Schliep) i. A. des Bundesamtes für Naturschutz, FKZ 3511 82 0400	
Mitwirkung:	Technische Universität Berlin, Fachgebiet Landschaftsplanung und Landschaftsentwicklung (Prof. Dr. Stefan Heiland, Annika Miller, Laura Radtke) Bundesamt für Naturschutz, FG II 1.3 Monitoring (Dr. Ulrich Sukopp, Dr. Elisa Braeckevelt)	
Letzte Aktualisierung:	31.10.2013	Technische Universität Berlin, Fachgebiet Landschaftsplanung und Landschaftsentwicklung (Prof. Dr. Stefan Heiland, Laura Radtke, Rainer Schliep)
	27.02.2019	Technische Universität Berlin, Fachgebiet Landschaftsplanung und Landschaftsentwicklung (Prof. Dr. Stefan Heiland, Annika Miller, Laura Radtke, Rainer Schliep)
Nächste Fortschreibung:	2020	

I Beschreibung

Interne Nr. BD-R-1	Titel: Berücksichtigung des Klimawandels in Landschaftsprogrammen und Landschaftsrahmenplänen
Einheit: %	<p>Kurzbeschreibung des Indikators:</p> <p>Berücksichtigung von Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt in Landschaftsprogrammen und Landschaftsrahmenplänen:</p> <p><u>Teil A:</u> Berücksichtigung von Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt in Landschaftsprogrammen (prozentualer Anteil der Landschaftsprogramme, in denen der Klimawandel oder Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt berücksichtigt bzw. Anpassungsmaßnahmen formuliert werden, an der Gesamtzahl aller ausgewerteten Landschaftsprogramme)</p> <p><u>Teil B:</u> Berücksichtigung von Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt in Landschaftsrahmenplänen (prozentualer Anteil der Landschaftsrahmenpläne, in denen der Klimawandel oder Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt berücksichtigt bzw. Anpassungsmaßnahmen formuliert werden, an der Gesamtzahl aller ausgewerteten Landschaftsrahmenpläne)</p> <p>Berechnungsvorschrift:</p> <p><u>Teil A und B:</u> Die ausgewerteten Planwerke werden vier Kategorien K₁, K₂, K_{3a} und K_{3b} zugeordnet:</p>

	<p>Kategorie 1: Klimawandel bzw. klimawandelrelevante Flächen (mit Speicher- bzw. Senkenfunktion für Kohlenstoff) werden im Zusammenhang mit naturschutzfachlichen Fragen erwähnt.</p> <p>Kategorie 2: Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt werden beschrieben.</p> <p>Kategorie 3a: Einzelne naturschutzfachliche Ziele und Maßnahmen werden u. a. mit dem Klimawandel begründet.</p> <p>Kategorie 3b: Einzelne naturschutzfachliche Ziele und Maßnahmen werden ausschließlich oder vorwiegend mit dem Klimawandel begründet</p> <p>Die Bedeutung des Klimawandels, seiner Auswirkungen auf die biologische Vielfalt und der daraus resultierenden Anpassungserfordernisse nimmt in der hier genannten Reihenfolge der Kategorien 1 bis 3b grundsätzlich zu. Jedoch umfassen höhere Kategorien nicht notwendigerweise die jeweils niedrigeren Kategorien. Aufgrund dieser teilweisen Unabhängigkeit der Kategorien voneinander ist eine mehrfache Zuordnung von Planwerken zu verschiedenen Kategorien möglich. Die Summe der prozentualen Anteile der Planwerke mit Zuordnungen zu den Kategorien 1, 2, 3a und 3b kann daher 100 % übersteigen.</p> <p><u>Teil A:</u></p> <p>Ergebnis für die Kategorien $K_i/100 * \text{Anzahl } n$ der Landschaftsprogramme (bei Primärintegration Kapitel „Natur und Landschaft“ des Landesentwicklungsplans) in der Kategorie $K_i/\text{Gesamtzahl } N$ der ausgewerteten Planwerke. Die Ergebnisse werden als prozentualer Anteil der Landschaftsprogramme, in denen der Klimawandel oder Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt berücksichtigt bzw. Anpassungsmaßnahmen formuliert werden, an der Gesamtzahl aller ausgewerteten Landschaftsprogramme (Vollerhebung) angegeben.</p> <p><u>Teil B:</u></p> <p>Ergebnis für die Kategorien $K_i/100 * \text{Anzahl } n$ der Landschaftsrahmenpläne (bei Primärintegration Kapitel „Natur und Landschaft“ der Regionalpläne) in der Kategorie $K_i/\text{Gesamtzahl } N$ der ausgewerteten Planwerke. Die Ergebnisse werden als prozentualer Anteil der Landschaftsrahmenpläne, in denen der Klimawandel oder Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt berücksichtigt bzw. Anpassungsmaßnahmen formuliert werden, an der Gesamtzahl aller ausgewerteten Landschaftsrahmenpläne (alle Bundesländer ohne Stadtstaaten, ohne Hessen (seit 2010) und ohne das Saarland) angegeben. Die Gesamtzahl aller ausgewerteten Landschaftsrahmenpläne N je Zeitschnitt schwankt, da:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. sich der Zuschnitt der Planungsregionen (beispielsweise durch Kreisreformen) bzw. die Gesamtzahl der Landschaftsrahmenpläne (beispielsweise durch Zusammenfassung mehrerer Landschaftsrahmenpläne) im Laufe der Jahre verändert hat und 2. die Anzahl der verfügbaren Landschaftsrahmenpläne je nach Zeitschnitt schwankt. <p>wobei:</p> <p>N = ausgewertete Grundgesamtheit n = Teilmenge der Grundgesamtheit, auf die das betrachtete Merkmal zutrifft</p>
--	---

	i = Kategorie 1, 2, 3a, 3b
Interpretation des Indikatorwerts:	<u>Teil A und B:</u> Je höher die Prozentzahl in den Kategorien 1, 2, 3a und 3b, in desto mehr Fällen werden naturschutzfachliche bzw. biodiversitätsrelevante Anpassungserfordernisse an den Klimawandel in den betrachteten Planwerken der Landschaftsplanung berücksichtigt.

II Einordnung

Handlungsfeld:	Biologische Vielfalt
Indikationsfeld:	Anpassung naturschutzfachlicher Strategien an den Klimawandel
Thematischer Teilaspekt:	Behandlung bzw. Berücksichtigung des Klimawandels bzw. klimawandelrelevanter Flächen (mit Speicher- bzw. Senkenfunktion für Kohlenstoff) in Landschaftsprogrammen und -plänen
DPSIR:	Response

III Herleitung und Begründung

Referenzen auf andere Indikatorenssysteme:	Keine
Begründung:	<p>Zur Sicherung der biologischen Vielfalt ist es notwendig, bei naturschutzfachlichen Entscheidungen die direkten und indirekten Auswirkungen des Klimawandels zu berücksichtigen, auf der konzeptionellen und planerischen Ebene auf Basis entsprechender Analysen die erforderlichen Ziele zu benennen und konkrete Maßnahmen vorzubereiten. Hierfür ist besonders die Landschaftsplanung als flächendeckendes Instrument des Naturschutzes bedeutsam.</p> <p>Der Indikator zeigt, in welchem Umfang die Landschaftsplanung auf Landes- und Regionalebene auf den Klimawandel, dessen Auswirkungen auf die biologische Vielfalt und daraus resultierende Anpassungserfordernisse reagiert. Für die Bilanzierung wurden alle Landschaftsprogramme auf Ebene der Bundesländer (Teilindikator A) herangezogen. Für das Land Bremen wurden die Teilgebiete Bremen und Bremerhaven geteilt, so dass hier statistisch zwei Planwerke betrachtet wurden. Grund ist die bei der Planaufstellung getrennte Bearbeitung der beiden Teilgebiete. Diese führt dazu, dass das Landschaftsprogramm für den Teil der Stadtgemeinde Bremen im Jahr 2016 aktualisiert wurde, während die Fortschreibung für den Teil Bremerhaven noch in Bearbeitung ist. Dort ist zum derzeitigen Stand (31.07.2017) weiterhin der Plan aus dem Jahr 1991 gültig. Um diesem Umstand gerecht zu werden, wurden die beiden Teile einzeln betrachtet, so dass sich bei Vollerhebung in der Summe ein Umfang von 17 ausgewerteten Planwerken auf Ebene der Länder ergibt.</p> <p>Zudem wurden die verfügbaren Landschaftsrahmenpläne (zuletzt 162 im Jahr 2017) auf Ebene von Planungsregionen bzw. Landkreisen oder Regierungsbezirken herangezogen (Teilindikator B; die Stadtstaaten Berlin, Bremen und Hamburg sowie das Saarland und Hessen (seit 2010) verzichten auf dieses Planungsinstrument). Bei primär in die Landesentwicklungs- bzw.</p>

	<p>Regionalpläne integrierten Landschaftsprogrammen bzw. Landschaftsrahmenplänen (Primärintegration) wurden die Kapitel „Natur und Landschaft“ dieser Planwerke ausgewertet. War ein Landschaftsrahmenplan nicht verfügbar oder nicht aufgestellt, wurde auch in Ländern mit Sekundärintegration ggf. ein flächenkongruenter Regionalplan einbezogen.</p> <p>Der Indikator beschränkt sich aus vier Gründen auf Landschaftsprogramme und Landschaftsrahmenpläne: 1) Die Deutsche Anpassungsstrategie bezieht sich auf das gesamte Bundesgebiet, daher sollte dieses auch durch den Indikator weitgehend abgedeckt sein. 2) Nach BNatSchG besteht nur für die Landschaftsrahmenplanung eine Pflicht zur Aufstellung. 3) Die Landschaftsrahmenplanung kann als zentrale Ebene zur Berücksichtigung des Klimawandels in der Landschaftsplanung betrachtet werden (Wilke et al. 2011). 4) Die Berücksichtigung kommunaler Landschaftspläne wäre mit sehr großem Aufwand verbunden. Zudem sollen kommunale Landschaftspläne die Ziele und Aussagen der Landschaftsrahmenpläne konkretisieren, so dass letztere zumindest eine gewisse Zeigerfunktion für die Behandlung des Klimawandels auch in der kommunalen Landschaftsplanung haben.</p> <p>Das BNatSchG (Fassung vom 01.03.2010, zuletzt geändert durch Gesetz vom 15.09.2017) führt in § 10 zu Landschaftsprogrammen und Landschaftsrahmenplänen aus:</p> <p>„(1) Die überörtlichen konkretisierten Ziele, Erfordernisse und Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege werden für den Bereich eines Landes im Landschaftsprogramm oder für Teile des Landes in Landschaftsrahmenplänen dargestellt. [...].</p> <p>(2) Landschaftsprogramme können aufgestellt werden. Landschaftsrahmenpläne sind für alle Teile des Landes aufzustellen, soweit nicht ein Landschaftsprogramm seinen Inhalten und seinem Konkretisierungsgrad nach einem Landschaftsrahmenplan entspricht.“</p> <p>Die Auswertung der Planwerke beantwortet folgende Fragen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Wird der Klimawandel durch die Landschaftsplanung berücksichtigt bzw. thematisiert? Dies beinhaltet sowohl einzelne Verweise auf klimatische Veränderungen oder den Klimawandel als auch weitergehende Analysen und Planaussagen. Diese können sich sowohl auf Anpassung an den Klimawandel (<i>adaptation</i>) als auch Klimaschutz (<i>mitigation</i>) durch landschaftsplanerische Ziele und Maßnahmen (bspw. Erhaltung von Ökosystemen als Speicher bzw. Senken für Kohlenstoff) beziehen. ▪ Werden (potenzielle) Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt benannt? Voraussetzung für die Ableitung von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel ist die Erfassung direkter und indirekter Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt. Auch wenn in wichtigen Bereichen (Biozöosen, synökologische Beziehungen etc.) erhebliche Unsicherheiten zu den Wirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt bestehen (vgl. Korn 2006, Campbell et al. 2009), so ist doch für den weiteren planerischen Prozess die Erkenntnis wesentlich, dass der Klimawandel die biologische Vielfalt in unterschiedlichem Ausmaße betrifft. Mit den bestehenden Unsicherheiten muss im Kontext der Landschaftsplanung umgegangen werden (Wilke et al. 2011).
--	--

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Werden Ziele und Maßnahmen teilweise oder vollständig mit dem Klimawandel begründet? Durch die Beantwortung dieser Frage wird untersucht, ob der Klimawandel als Einflussfaktor auf die biologische Vielfalt operationalisiert wird und in die Formulierung von Zielen und Maßnahmen eingeht. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Klimawandel zwar ein bedeutender, aber in der Regel nicht der alleinige auslösende Faktor für aktuelle und zukünftige Veränderungen der biologischen Vielfalt ist und sich seine relative Bedeutung im Vergleich zu anderen anthropogenen Faktoren oft nur schwer bestimmen lässt. Um geeignete Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel zu entwickeln, muss aber bekannt sein, welche Veränderungen der biologischen Vielfalt ganz oder teilweise auf den Klimawandel zurückgeführt werden können. <p>Der Indikator trifft eine Aussage darüber, inwieweit die Landschaftsplanung als Fachplanung des Naturschutzes die direkten und indirekten Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt erkennt, differenziert erfasst und passgenau mit Zielen und Maßnahmen in ihren Planwerken auf Ebene der Bundesländer und der Regionen untersetzt. Die Erwähnung des Klimawandels bzw. klimawandelrelevanter Flächen (mit Speicher- bzw. Senkenfunktion für Kohlenstoff) in den Planwerken (Kategorie 1) ist ein Hinweis darauf, dass diese Problematik auf der jeweiligen Planungsebene als relevanter Planungsgegenstand erkannt worden ist. Werden die Auswirkungen des Klimawandels beschrieben (Kategorie 2) zeigt dies, dass man sich der Folgen für die biologische Vielfalt bewusst ist. Darauf aufbauend können Ziele und Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel formuliert werden (Kategorie 3).</p>
Schwächen:	<p>Eine Auswertung der Planwerke auf der Ebene der Bundesländer und Regionen hinsichtlich der inhaltlichen Tiefe und Detaillierung der Planaussagen wäre sehr aufwändig. Deshalb ist nur ein Ansatz möglich, der die Berücksichtigung des Klimawandels in den Planwerken anhand von einfach gefassten Kategorien bilanziert. Detaillierte Aussagen zur fachlich-inhaltlichen Tiefe der Berücksichtigung des Klimawandels in den Planwerken sind damit aber nicht möglich (solche Aussagen mit Stand 2014 finden sich jedoch in Radtke 2015 sowie Radtke et al. 2015).</p> <p>Landschaftsprogramme sind seit der letzten Novelle des BNatSchG nicht mehr bundesrechtlich vorgeschrieben. Die Regelungen der einzelnen Landesnaturschutzgesetze zur Aufstellung und Fortschreibung von Landschaftsprogrammen und Landschaftsrahmenplänen sind uneinheitlich. Die aktuelle Rechtslage führt dazu, dass ältere Landschaftsprogramme nicht mehr fortgeschrieben werden müssen und auf der Ebene der Landschaftsrahmenpläne teilweise zeitlich sehr unterschiedliche Fortschreibungsstände vorliegen können.</p>
Rechtsgrundlagen, Strategien:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) (BMU 2008) 2. Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt (NBS) (BMU 2007)
Ziele:	<p>DAS, Kap. 3.2.5: „Die Landschaftsplanung sollte zukünftig verstärkt die Dynamik und die Veränderungen in Natur und Landschaft durch den Klimawandel vorausschauend berücksichtigen. Ziel muss es sein, Anpassungsoptionen sowie flexible Entwicklungsmöglichkeiten von Natur und Landschaft zu</p>

	<p>unterstützen. Wenn in der überörtlichen Landschaftsplanung Vorgaben zur Vermeidung negativer Auswirkungen von Eingriffen in Ökosysteme gemacht werden, sollten bei der Beurteilung möglicher Eingriffsfolgen auch die – zukünftigen – ökologischen und räumlichen Folgen des Klimawandels beachtet werden. Mit Hilfe der kommunalen Landschaftsplanung [...] sollten klimarelevante Funktionen von Natur und Freiräumen im Siedlungsbereich stärker berücksichtigt werden“ (BMU 2008: 25).</p> <p>NBS, Kap. B 3.2: „Wir streben Folgendes an: [...] Vermehrte Berücksichtigung der Wechselwirkungen zwischen Biodiversitätsverlust und Klimawandel in allen Bereichen gesellschaftlichen Handelns“ (BMU 2007: 56ff)</p>
In der DAS beschriebene mögliche Klimawandelfolgen:	<p>DAS, Kapitel 3.2.5: „Der Klimawandel wird wahrscheinlich zu einer Steigerung des für die einzelnen Maßnahmen erforderlichen Flächenbedarfs führen. Neben einem zu erwartenden zusätzlichen Raumbedarf zur Erreichung von Naturschutzziele (beispielsweise für Biotopverbunde und Ausweichhabitate) konkurrieren der möglicherweise auszuweitende Anbau von nachwachsenden Rohstoffen, zusätzlicher Deichbau sowie die Sicherung von Verkehrswegen um die knappen Flächen. Hier wird es darauf ankommen, dass Bund und Länder die quantitativ und qualitativ festgelegten Ziele der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt und des Bundesnaturschutzgesetzes für Schutzgebiete und Vernetzungen durch geeignete Maßnahmen erreichen.“</p>
Berichtspflichten:	Keine

IV Technische Informationen

Datenquelle:	Eigenrecherchen der TU Berlin	
Räumliche Auflösung:	Flächenhaft	NUTS 0
Geographische Abdeckung:	Ganz Deutschland	
Zeitliche Auflösung:	Die Auswertung erfolgt jeweils auf dem Stand der Daten zum 31.12. der Jahre 2000, 2005, 2010 und 2015. Derzeit werden zusätzlich Werte für das Jahr 2017 berichtet, die gemäß dem genannten Turnus künftig durch Daten für das Jahr 2020 ersetzt werden sollen (Erhebung im fünfjährigen Turnus).	
Beschränkungen:	Je nach Zeitschnitt sind bis zu 20 % der Landschaftsrahmenpläne nicht verfügbar.	
Verweis auf Daten-Factsheet:	BD-R-1_Daten_Klimawandel_in_Plaenen.xlsx	

V Zusatz-Informationen

Glossar:	<p>Landschaftsprogramm:</p> <p>„Das Landschaftsprogramm wird als Fachkonzept des Naturschutzes flächendeckend für das jeweilige Bundesland erstellt. Es dient dazu, landesweit bedeutsame Erfordernisse und Maßnahmen zu erarbeiten sowie</p>
-----------------	--

	<p>Naturschutzaufgaben zu koordinieren und dabei Prioritäten zu setzen. [...]</p> <p>Zu den Schwerpunkten des Landschaftsprogramms zählen programmatische Zielsetzungen und Leitlinien für die Naturschutzpolitik eines Bundeslandes ebenso wie raumkonkrete Darstellungen. Es ist die wichtigste Arbeitsgrundlage für spezielle Umsetzungsaufgaben der obersten Naturschutzbehörde. Dazu gehören z. B. Großschutzgebiete oder andere Schutzgebiete von überregionaler Bedeutung, der landesweite Biotopverbund oder Gebietskulissen für Förderprogramme. Das Landschaftsprogramm bereitet zudem die raumbedeutsamen Belange des Naturschutzes und der Landschaftspflege zur Integration in die Landesplanung (Landesraumordnungsprogramm) auf“ (Haaren et al. 2007: 14ff).</p> <p>Rechtsgrundlage: § 10 BNatSchG (Landschaftsprogramme und Landschaftsrahmenpläne) und die entsprechenden Regelungen der Landesnaturschutzgesetze.</p> <p>Landschaftsrahmenplan:</p> <p>„Landschaftsrahmenpläne konkretisieren die überörtlichen Ziele, Erfordernisse und Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege für die jeweilige Region (z. B. Regierungsbezirk, Kreis). Wesentlicher Auftrag des Landschaftsrahmenplans ist die Vorbereitung der Arbeit der unteren und teilweise der oberen Naturschutzbehörden. [...] Ebenso werden Flächen für den regionalen Biotopverbund, Vorranggebiete für den Schutz fruchtbarer oder seltener Böden, des Grundwassers oder Gebiete mit besonderer Bedeutung für die Hochwasserrückhaltung abgebildet.</p> <p>Der Landschaftsrahmenplan ist Grundlage für Stellungnahmen zu Planungen und Vorhaben der verschiedensten Fachplanungen und Vorhabensträger. [...]</p> <p>Das maßgebliche raumplanerische Instrument für die Übernahme der Inhalte des Landschaftsrahmenplanes ist die Regionalplanung. Um die Integration der dargestellten Ziele, Erfordernisse und Maßnahmen in den Regionalplan zu vereinfachen, wird der Landschaftsrahmenplan auf die Darstellungsmöglichkeiten der Regionalplanung abgestimmt“ (Haaren et al. 2007: 15).</p> <p>Rechtsgrundlage: § 10 BNatSchG (Landschaftsprogramme und Landschaftsrahmenpläne) und die entsprechenden Regelungen der Landesnaturschutzgesetze.</p> <p>Primärintegration:</p> <p>„Hier nehmen die Pläne der Raumordnung und der Bauleitplanung die Funktion der Landschaftsplanung selbst wahr, d. h. de jure existiert kein eigener Landschaftsplan. Die Primärintegration findet z. B. in Bayern und Rheinland-Pfalz sowie auf Regional- und Landesebene in Sachsen Anwendung. In der Praxis existiert jedoch auch in diesen Bundesländern häufig ein eigenes landschaftsplanerisches Werk mit Gutachtencharakter, das als Grundlage für die landschaftsplanerischen Aussagen des räumlichen Gesamtplans dient. Damit nähert sich dieses Modell zwar nicht rechtlich, aber inhaltlich-methodisch der Sekundärintegration (siehe unten) an“ (Heiland 2010: 296).</p> <p>Sekundärintegration:</p> <p>„Im Gegensatz zur Primärintegration wird hier zunächst ein eigenständiger Landschaftsplan erstellt, der in einem zweiten Schritt in die räumliche Gesamtplanung integriert wird und dadurch Rechtsverbindlichkeit erlangt. Auch</p>
--	--

	<p>bei der Sekundärintegration hat die Landschaftsplanung keine eigenständige Rechtsverbindlichkeit, sondern erhält diese erst durch die Integration in die räumliche Gesamtplanung. Dieses Modell findet in den meisten Bundesländern Anwendung“ (Heiland 2010: 296).</p> <p>Eigenständige Rechtsverbindlichkeit:</p> <p>„In den Stadtstaaten und auf kommunaler Ebene in Nordrhein-Westfalen ist die Landschaftsplanung ohne Integration in die räumliche Gesamtplanung rechtsverbindlich. Mögliche Zielkonflikte zwischen den Planwerken werden vermieden bzw. gelöst, indem in den Stadtstaaten die Aussagen der Flächennutzungsplanung Vorrang vor jenen der Landschaftsplanung haben. In Nordrhein-Westfalen werden Flächennutzungspläne für den baurechtlichen Innenbereich, Landschaftspläne für den baurechtlichen Außenbereich erstellt, sodass eine räumliche Trennung der jeweiligen Planungen gegeben ist“ (Heiland 2010: 297).</p>
<p>Weiterführende Informationen:</p>	<p>Bundesregierung 2008: Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Berlin, 78 S. https://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das_gesamt_bf.pdf</p> <p>BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) 2007: Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt, Berlin, 178 S.</p> <p>Campbell A., Kapos V., Scharlemann J.P.W., Bubb P., Chenery A., Coad L., Dickson B., Doswald N., Khan M.S.I., Kershaw F., Rashid M. 2009: Review of the Literature on the Links between Biodiversity and Climate Change: Impacts, Adaptation and Mitigation. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal. Technical Series No. 42, 124 S.</p> <p>Korn H. 2006: Biodiversität und Klimaveränderungen – Aktivitäten des BfN. In: Korn H., Schliep R., Stadler J. (Hrsg.) 2006: Biodiversität und Klima – Vernetzung der Akteure in Deutschland II – Ergebnisse und Dokumentation des 2. Workshops. BfN-Skripten, Bd. 180, Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg: 24-28.</p> <p>Haaren C. von, Galler C., Ott S. 2007: Landschaftsplanung – Grundlage vorsorgenden Handelns. Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg, 52 S.</p> <p>Heiland S. 2010: Landschaftsplanung. In: Henckel D., Kuczkowski K. von, Lau P., Pahl-Weber E., Stellmacher F. (Hrsg.): Planen – Bauen – Umwelt. Ein Handbuch. Wiesbaden: 294-300.</p> <p>Radtke, L. 2015: Klimawandel in der Landschaftsrahmenplanung. Eine repräsentative Untersuchung zur Berücksichtigung von Klimawandel, Klimaschutz und Klimaanpassung durch Landschaftsrahmenpläne im zeitlichen Verlauf. Unveröffentlichte Bachelor-Arbeit am Fachgebiet Landschaftsplanung und Landschaftsentwicklung der TU Berlin, 147 S. http://www.landschaft.tu-berlin.de/menue/studium_und_lehre/abschlussarbeiten/</p> <p>Radtke, L., Schliep, R., Heiland, S. 2015: Berücksichtigung des Klimawandels in der Landschaftsrahmenplanung – Ein bundesweiter Überblick. Naturschutz und Landschaftsplanung 47: 201-208.</p>

	Wilke C., Bachmann J., Hage G., Heiland S. 2011: Planungs- und Managementstrategien des Naturschutzes im Lichte des Klimawandels. Naturschutz und Biologische Vielfalt, Bd. 109, Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg, 235 S.
--	--

VI Umsetzung – Aufwand und Verantwortlichkeiten

Aufwands-schätzung:	Datenbe-schaffung:	2	Mehrere datenhaltende Institutionen
	Datenver-arbeitung:	3	Komplexe Datenaufbereitung, manuelle Datenselektion, aufwändige Überprüfungen
	<p><u>Erläuterung:</u></p> <p>Das Bundesamt für Naturschutz hält in einem Landschaftsplanungsverzeichnis eine Übersicht über den Planstand auf der jeweiligen Planungsebene im Internet vor (https://www.bfn.de/themen/planung/landschaftsplanung/aktivitaeten/landschaftsplan-verzeichnis.html). Hierbei ist der jeweilige Aktualitätsstand zu beachten, die Angaben sind teilweise bis zu einem Jahr alt.</p> <p>Auf der Ebene der Bundesländer sind die Planwerke (Landschaftsprogramme, in BW Landschaftsrahmenprogramm) in der Regel leicht über das Internet zugänglich.</p> <p>Auf der Ebene der Regionen ist der Zugang je nach Bundesland bzw. Planstand unterschiedlich schwierig: einige Bundesländer haben die vorliegenden Landschaftsrahmenpläne, Regionalpläne und Regionalen Entwicklungspläne über das Internet zugänglich gemacht. In anderen Bundesländern müssen die Planwerke einzeln angefordert werden und sind nicht allgemein zugänglich.</p> <p>Eine automatisierte Datenverarbeitung ist nur insofern möglich, als über Such-Funktionen in den auszuwertenden Planwerken nach Schlüsselbegriffen wie „Klimawandel“, „Klimaveränderung“, „Klimaschutz“, „Anpassung“ oder „Speicher- bzw. Senkenfunktion für Kohlenstoff“ gesucht wird. Die Bewertung der relevanten Textteile nach den vorgegebenen Kategorien ist aber kontextabhängig und nicht automatisierbar.</p> <p>Eine Prüfung der inhaltlichen Qualität und Tiefe der Planwerke ist mit vertretbarem Aufwand nicht möglich.</p> <p>Geschätzter Arbeitsaufwand für einen neuen Zeitschnitt: 10 Arbeitstage</p>		
Datenkosten:	Keine		
Zuständigkeit:	Bundesamt für Naturschutz (BfN)		

VII Darstellungsvorschlag

<p>Abb. 1</p>	<p>Datenquelle: Bundesamt für Naturschutz (eigene Auswertung)</p>
<p>Erläuterungen zu Abb. 1</p>	<p>Kategorie 1: Klimawandel bzw. klimawandelrelevante Flächen (mit Speicher- bzw. Senkenfunktion für Kohlenstoff) werden im Zusammenhang mit naturschutzfachlichen Fragen erwähnt.</p> <p>Kategorie 2: Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt werden beschrieben.</p> <p>Kategorie 3a: Einzelne naturschutzfachliche Ziele und Maßnahmen werden u. a. mit dem Klimawandel begründet.</p> <p>Kategorie 3b: Einzelne naturschutzfachliche Ziele und Maßnahmen werden ausschließlich oder vorwiegend mit dem Klimawandel begründet.</p> <p>LaPro: Landschaftsprogramme (bei Primärintegration Kapitel „Natur und Landschaft“ des Landesentwicklungsplans) mit N = 17 und Gültigkeit zum 31.12. des genannten Jahres</p> <p>LRP: Landschaftsrahmenpläne (bei Primärintegration Kapitel „Natur und Landschaft“ der Regionalpläne) der Flächenstaaten mit N(2000) = 136, N(2005) = 151, N(2010) = 157, N(2015) = 161, N(2017) = 162 und Gültigkeit zum 31.12. des genannten Jahres (keine Landschaftsrahmenplanung in den Stadtstaaten Berlin, Bremen und Hamburg sowie in Hessen (seit 2010) und im Saarland)</p>

7.5 Gebietsschutz

Verfasser:	Technische Universität Berlin, Fachgebiet Landschaftsplanung und Landschaftsentwicklung (Rainer Schliep) i. A. des Bundesamtes für Naturschutz, FKZ 3511 82 0400	
Mitwirkung:	PAN Planungsbüro für angewandten Naturschutz GmbH (Werner Ackermann, Manuel Schweiger) Bundesamt für Naturschutz, FG II 2.3 Gebietsschutz/Großschutzgebiete (Dr. Volker Scherfose) Bundesamt für Naturschutz, FG II 1.3 Monitoring (Dr. Ulrich Sukopp, Dr. Elisa Braeckevelt)	
Letzte Aktualisierung:	06.05.2014	Bundesamt für Naturschutz, FG II 1.3 Monitoring (Dr. Ulrich Sukopp)
	31.08.2018	Bundesamt für Naturschutz, FG II 1.3 Monitoring (Dr. Ulrich Sukopp)
Nächste Fortschreibung:	2020	

I Beschreibung

Interne Nr. BD-R-2	Titel: Gebietsschutz
Einheit: %	<p>Kurzbeschreibung des Indikators: Anteil streng geschützter Gebiete an der Landfläche Deutschlands unterteilt nach den Flächen der Naturschutzgebiete (NSG) und der Nationalparke (NLP) (Kern- und Pflegezonen der Biosphärenreservate (BR) eingeschlossen, wenn als NSG oder NLP ausgewiesen)</p> <p>Berechnungsvorschrift: Der Indikator summiert die gemeldeten Flächen streng geschützter Gebiete im Binnenland. In den bilanzierten Flächen sind Binnengewässer – mit Ausnahme des Bodensees – enthalten, jedoch keine Watt- und Wasserflächen der Schutzgebiete an Nord- und Ostsee. Naturschutzgebiete (NSG) und Nationalparke (NLP) werden getrennt aufgeführt. Für den NLP „Unteres Oder-tal“ wurden Flächen sowohl als NSG als auch als NLP gemeldet, da auch nach der Ausweisung als NLP im Jahr 1995 die NSG-Schutzverordnung Bestand hat. Die 10.323 ha Überschneidungsfläche zählen bei der Bilanzierung des Indikators zu den Nationalparks. Die Flächenanteile der als NSG oder NLP ausgewiesenen Kern- und Pflegezonen der Biosphärenreservate (BR) sind nicht gesondert aufgeführt. Die Flächensummen werden anteilig an der Landfläche Deutschlands bis zur sogenannten Küstenlinie (das ist die Grenze zwischen Meer und Festland bei mittlerem Wasserstand) bilanziert. Über die gesamte Zeitreihe des Indikators gilt für die Landesfläche Deutschlands die von den Statistischen Ämtern des Bundes und der Länder veröffentlichte Zahl aus dem Jahr 2009.</p>

Interpretation des Indikatorwerts:	Je höher der Indikatorwert, desto größer ist der Flächenanteil der Naturschutzgebiete (NSG) und Nationalparke (NLP) an der Landfläche Deutschlands. Dies schließt auch Kern- und Pflegezonen der Biosphärenreservate (BR) ein, soweit diese als NSG oder NLP ausgewiesen sind.
---	--

II Einordnung

Handlungsfeld:	Biologische Vielfalt
Indikationsfeld:	Anpassung naturschutzfachlicher Strategien an den Klimawandel
Thematischer Teilaspekt:	Unterschutzzstellung relevanter Flächen (u. a. in Auen, Mooren, Küstenlebensräumen)
DPSIR:	Response

III Herleitung und Begründung

Referenzen auf andere Indikatorenssysteme:	NBS-Indikator „Gebietsschutz“
Begründung:	<p>Die Unterschutzzstellung gefährdeter und schützenswerter Gebiete ist eines der wichtigsten Instrumente des Naturschutzes. Schutzgebiete stellen in einer fast flächendeckend von menschlichen Nutzungen (insbesondere Land- und Forstwirtschaft, Siedlung und Verkehr) geprägten Landschaft unabdingbare Rückzugsräume für seltene und gefährdete Tier- und Pflanzenarten dar. Weiterhin spielt z. B. im Hinblick auf Nahrungsverfügbarkeit und Habitatstrukturen die Größe und Qualität verbliebener Lebensräume für den Fortbestand von Tier- und Pflanzenpopulationen eine entscheidende Rolle. Dies gilt umso mehr vor dem Hintergrund des Klimawandels. Unter diesen Bedingungen sind Wanderungs- und Ausbreitungsmöglichkeiten zwischen verschiedenen Vorkommen essentiell, um einen Austausch zwischen Populationen zu gewährleisten. Aus diesem Grund ist auch auf die räumliche Verteilung und Vernetzung von Schutzgebieten besonderes Augenmerk zu legen. Das erste Aktionsfeld der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt (C 1 Biotopverbund und Schutzgebietsnetze) stellt die zentrale Bedeutung der Ausweisung und Vernetzung von Schutzgebieten für die Erhaltung der biologischen Vielfalt heraus: „Die Artenvielfalt und die genetische Vielfalt wildlebender Pflanzen- und Tierarten wird insbesondere durch den Schutz ihrer Habitate und Lebensräume erhalten. Bei der Erhaltung reproduktionsfähiger Populationen spielen der Biotopverbund und Schutzgebietsnetze eine zentrale Rolle“ (BMU 2007: 64). Weiterhin soll mit dem gesetzlichen Schutz naturnaher Flächen der deutsche Beitrag für ein globales Schutzgebietsnetz geleistet werden.</p> <p>In Deutschland existieren verschiedene Kategorien von Schutzgebieten bzw. Schutzgebietsprädierten mit jeweils sehr unterschiedlichen rechtlichen Vorgaben (DRL 2002: 18). Das Bundesnaturschutzgesetz sieht zur Unterschutzzstellung ausgewiesener Gebietsteile u. a. folgende Schutzgebietskategorien vor: Naturschutzgebiete (NSG), Nationalparke (NLP), Nationale</p>

	<p>Naturmonumente (NNM), Biosphärenreservate (BR), Landschaftsschutzgebiete und Naturparke (BNatSchG §§ 22-27).</p> <p>In Naturschutzgebieten und Nationalparks gelten strenge Schutzregelungen, um die Erhaltung und Entwicklung seltener und gefährdeter Arten und Biotope sicherzustellen. Bei Nationalparks spielt zudem die Großräumigkeit eine besondere Rolle: Im überwiegenden Teil des Gebietes von Nationalparks soll ein möglichst ungestörter Ablauf der Naturvorgänge gewährleistet sein. Naturschutzgebiete und Nationalparke sichern wesentliche Teile des nach § 21 BNatSchG aufzubauenden nationalen Biotopverbunds und der in Deutschland gelegenen Natura 2000-Gebiete, die der Bewahrung bzw. Wiederherstellung eines günstigen Erhaltungszustandes der Bestände aus europäischer Sicht bedeutsamer Arten und Lebensraumtypen dienen. Der Anteil der Natura 2000-Gebiete an der Landfläche Deutschlands beträgt 15,4 % (Stand: 2015, BfN 2016). Diese Flächen wurden inzwischen weitgehend unter Schutz gestellt, wobei nicht alle Gebiete bzw. die Gebiete nicht flächendeckend als streng geschützte Gebiete (Naturschutzgebiete, Nationalparke oder Kern- bzw. Pflegezonen von Biosphärenreservaten) ausgewiesen wurden (Ackermann et al. 2013).</p> <p>Naturschutzgebiete und Nationalparke sind wichtige Instrumente zur Erhaltung der biologischen Vielfalt in Deutschland auch und gerade unter den Bedingungen des Klimawandels. Die Flächengröße dieser beiden Schutzgebietskategorien dient daher als Indikator für Maßnahmen des Gebietsschutzes. Die Fläche der streng geschützten Gebiete stieg von 1.129.225 ha im Jahr 2000 auf 1.591.580 ha im Jahr 2016 an. Dies entspricht bezogen auf die Landfläche Deutschlands für das Jahr 2000 einem Anteil von 3,2 % und für das Jahr 2016 von 4,4 %. Während die Fläche der NSG seit 2000 stetig angewachsen ist, vergrößerte sich die Fläche der NLP im Jahr 2004 nach Gründung der NLP „Eifel“ in Nordrhein-Westfalen und „Kellerwald-Edersee“ in Hessen sowie nach Gründung der NLP „Schwarzwald“ in Baden-Württemberg im Jahr 2014 und „Hunsrück-Hochwald“ in den Ländern Rheinland-Pfalz und Saarland im Jahr 2015. Kleinere Abweichungen in der Flächen-summe sind auf methodische Änderungen bei den Flächenerhebungen der Länder zurückzuführen (Ackermann et al. 2013).</p>
Schwächen:	<p>Die formale Ausweisung eines Schutzgebiets mit strengem Schutzstatus ist nur ein erster Schritt. In der Folge ist eine effektive Betreuung und Pflege der Gebiete im Sinne der festgelegten Ziele des Naturschutzes notwendig. Dabei können die Verordnungen der einzelnen Schutzgebiete stark voneinander abweichen. Eine umfassende Aussage über die Qualität aller streng geschützten Gebiete und deren Beitrag zur Erhaltung der biologischen Vielfalt in Deutschland kann daher nicht getroffen werden. Weiterhin können in Schutzgebieten unter dem Einfluss des Klimawandels dynamische Entwicklungen ablaufen, die eine Anpassung der festgelegten Ziele und des Managements erforderlich machen. Die naturschutzfachlichen Anpassungsmaßnahmen können u. a. aus der Beobachtung natürlicher Anpassungsprozesse abgeleitet werden und spezifische Maßnahmen zur Erhaltung und Förderung von Arten und Lebensräumen sowie Beiträge zur Vernetzung der Lebensräume umfassen.</p> <p>Der Indikator „Gebietsschutz“ stellt daher nur eine erste Annäherung an das wichtige Thema der Anpassung zentraler naturschutzfachlicher Maßnahmen</p>

	an den Klimawandel dar und sollte künftig durch einen Indikator ersetzt oder ergänzt werden, der den Gebietsschutz mit einem deutlichen Fokus auf Fragen des Klimawandels adressiert. Möglich wäre dabei insbesondere eine Einbeziehung des länderübergreifenden Biotopverbundes in die Indikatoraussage.
Rechtsgrundlagen, Strategien:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel 2008 (DAS) ▪ Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt 2007 (NBS) ▪ Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG)
Ziele:	<p>NBS:</p> <p>Kap. B 1.1.3 Vielfalt der Lebensräume: Bis 2010 soll Deutschland auf 10 % der Landesfläche über ein repräsentatives und funktionsfähiges System vernetzter Biotopverbünde verfügen.</p> <p>Kap. B 1.3.1 Wildnisgebiete: Bis 2020 soll sich die Natur auf 2 % der Fläche Deutschlands wieder ungestört entwickeln können.</p> <p>Kap. C 1 Biotopverbund und Schutzgebietsnetze: Bis 2010 soll der Aufbau des europäischen Schutzgebietsnetzes Natura 2000 abgeschlossen sein.</p> <p>Mit der Ausweisung streng geschützter Gebiete (NSG, NLP) wird ein wichtiger Beitrag zur Erreichung dieser Ziele geleistet (Scherfose 2011).</p>
In der DAS beschriebene mögliche Klimawandelfolgen:	DAS, Kapitel 3.2.5: „Der Klimawandel wird wahrscheinlich zu einer Steigerung des für die einzelnen Maßnahmen erforderlichen Flächenbedarfs führen. Neben einem zu erwartenden zusätzlichen Raumbedarf zur Erreichung von Naturschutzziele (beispielsweise für Biotopverbunde und Ausweichhabitate) konkurrieren der möglicherweise auszuweitende Anbau von nachwachsenden Rohstoffen, zusätzlicher Deichbau sowie die Sicherung von Verkehrswegen um die knappen Flächen. Hier wird es darauf ankommen, dass Bund und Länder die quantitativ und qualitativ festgelegten Ziele der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt und des Bundesnaturschutzgesetzes für Schutzgebiete und Vernetzungen durch geeignete Maßnahmen erreichen.“
Berichtspflichten:	Berichterstattung zur Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt (Indikatorenberichte, Rechenschaftsberichte) (BMU 2010, 2013, BMUB 2015, BMU 2017).

IV Technische Informationen

Datenquelle:	Bundesländer: Stand der Ausweisung der Naturschutzgebiete (NSG) Nationalparkverwaltungen: Gebietsabgrenzungen der Nationalparke (NLP)	
Räumliche Auflösung:	Flächenhaft	NUTS 0
Geographische Abdeckung:	Ganz Deutschland	
Zeitliche Auflösung:	Jährlich, seit 2000	
Beschränkungen:	Keine	

Verweis auf Daten-Factsheet:	BD-R-2_Daten_Gebietsschutz.xlsx
-------------------------------------	---------------------------------

V Zusatz-Informationen

Glossar:	<p>Naturschutzgebiet (§ 23 BNatSchG): „(1) Naturschutzgebiete sind rechtsverbindlich festgesetzte Gebiete, in denen ein besonderer Schutz von Natur und Landschaft in ihrer Ganzheit oder in einzelnen Teilen erforderlich ist</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. zur Erhaltung, Entwicklung oder Wiederherstellung von Lebensstätten, Biotopen oder Lebensgemeinschaften bestimmter wild lebender Tier- und Pflanzenarten, 2. aus wissenschaftlichen, naturgeschichtlichen oder landeskundlichen Gründen oder 3. wegen ihrer Seltenheit, besonderen Eigenart oder hervorragenden Schönheit.“ <p>Nationalpark (§ 24 BNatSchG): „(1) Nationalparke sind rechtsverbindlich festgesetzte einheitlich zu schützende Gebiete, die</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. großräumig, weitgehend unzerschnitten und von besonderer Eigenart sind, 2. in einem überwiegenden Teil ihres Gebiets die Voraussetzungen eines Naturschutzgebiets erfüllen und 3. sich in einem überwiegenden Teil ihres Gebiets in einem vom Menschen nicht oder wenig beeinflussten Zustand befinden oder geeignet sind, sich in einen Zustand zu entwickeln oder in einen Zustand entwickelt zu werden, der einen möglichst ungestörten Ablauf der Naturvorgänge in ihrer natürlichen Dynamik gewährleistet. <p>(2) Nationalparke haben zum Ziel, in einem überwiegenden Teil ihres Gebiets den möglichst ungestörten Ablauf der Naturvorgänge in ihrer natürlichen Dynamik zu gewährleisten. Soweit es der Schutzzweck erlaubt, sollen Nationalparke auch der wissenschaftlichen Umweltbeobachtung, der naturkundlichen Bildung und dem Naturerlebnis der Bevölkerung dienen.</p> <p>(3) Nationalparke sind unter Berücksichtigung ihres besonderen Schutzzwecks sowie der durch die Großräumigkeit und Besiedlung gebotenen Ausnahmen wie Naturschutzgebiete zu schützen.“</p> <p>Biosphärenreservat (§ 25 BNatSchG): „(1) Biosphärenreservate sind einheitlich zu schützende und zu entwickelnde Gebiete, die</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. großräumig und für bestimmte Landschaftstypen charakteristisch sind, 2. in wesentlichen Teilen ihres Gebiets die Voraussetzungen eines Naturschutzgebiets, im Übrigen überwiegend eines Landschaftsschutzgebiets erfüllen,
-----------------	--

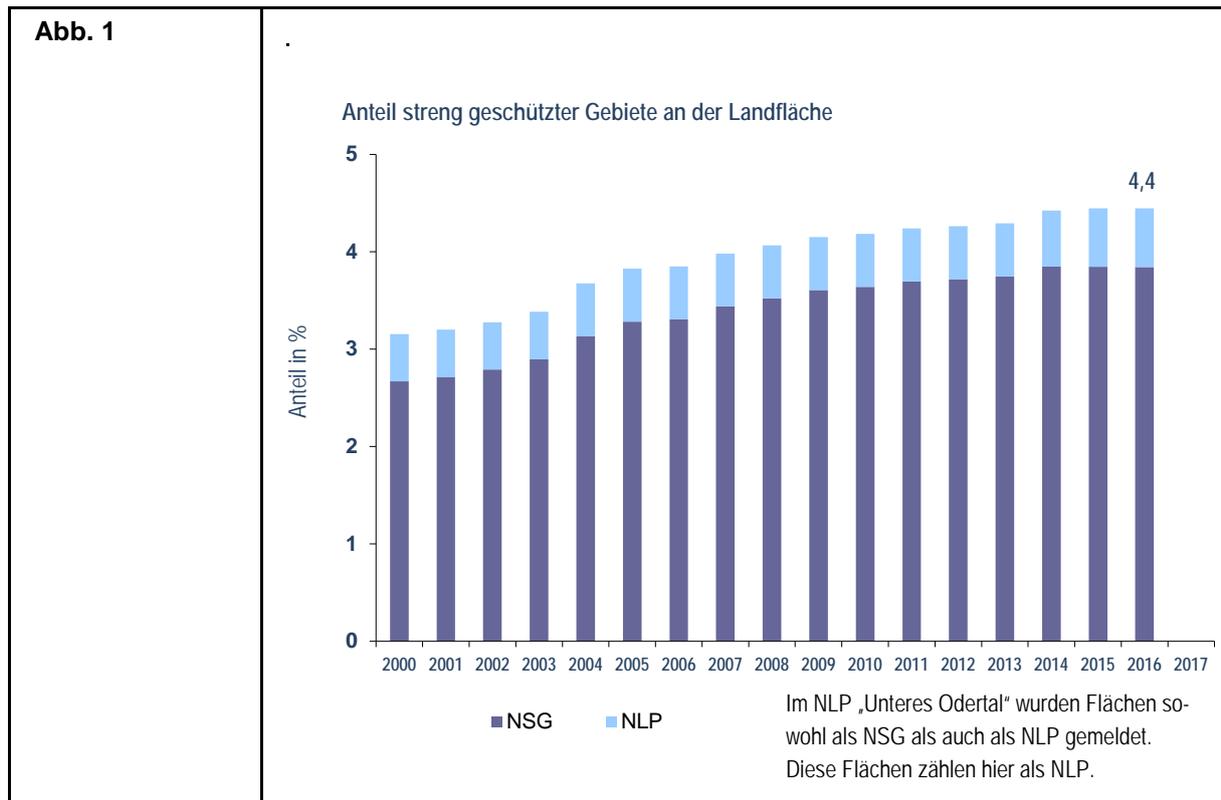
	<p>3. vornehmlich der Erhaltung, Entwicklung oder Wiederherstellung einer durch hergebrachte vielfältige Nutzung geprägten Landschaft und der darin historisch gewachsenen Arten- und Biotopvielfalt, einschließlich Wild- und früherer Kulturformen wirtschaftlich genutzter oder nutzbarer Tier- und Pflanzenarten, dienen und</p> <p>4. beispielhaft der Entwicklung und Erprobung von die Naturgüter besonders schonenden Wirtschaftsweisen dienen.</p> <p>(2) Biosphärenreservate dienen, soweit es der Schutzzweck erlaubt, auch der Forschung und der Beobachtung von Natur und Landschaft sowie der Bildung für nachhaltige Entwicklung.</p> <p>(3) Biosphärenreservate sind unter Berücksichtigung der durch die Großräumigkeit und Besiedlung gebotenen Ausnahmen über Kernzonen, Pflegezonen und Entwicklungszonen zu entwickeln und wie Naturschutzgebiete oder Landschaftsschutzgebiete zu schützen.</p> <p>(4) Biosphärenreservate können auch als Biosphärengebiete oder Biosphärenregionen bezeichnet werden.“</p>
--	--

<p>Weiterführende Informationen:</p>	<p>Ackermann W., Schweiger M., Sukopp U., Fuchs D., Sachtleben J. 2013: Indikatoren zur biologischen Vielfalt. Entwicklung und Bilanzierung. Naturschutz und Biologische Vielfalt, Bd. 132, Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg, 229 S.</p> <p>BfN – Bundesamt für Naturschutz 2016: Daten zur Natur 2016. BfN, Bonn-Bad Godesberg, 162 S.</p> <p>BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) 2007: Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt. BMU, Berlin, 178 S.</p> <p>BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) 2010: Indikatorenbericht 2010 zur Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt. BMU, Berlin, 87 S. http://biologischevielfalt.bfn.de/fileadmin/NBS/documents/Indikatoren/Indikatorenbericht-2010_NBS_Web.pdf</p> <p>BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) 2013: Gemeinsam für die biologische Vielfalt. Rechenschaftsbericht 2013 zur Umsetzung der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt. BMU, Berlin, 151 S. http://biologischevielfalt.bfn.de/fileadmin/NBS/documents/Indikatoren/rechenschaftsbericht_2013_biologvielfalt_broschuere_bf.pdf</p> <p>BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (Hrsg.) 2017: Biologische Vielfalt in Deutschland. Fortschritte sichern – Herausforderungen annehmen! Rechenschaftsbericht 2017 der Bundesregierung zur Umsetzung der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt. BMU, Berlin, 111 S. http://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Naturschutz/nationale_strategie_rechenschaftsbericht_2017_bf.pdf</p> <p>BMUB – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hrsg.) 2015: Indikatorenbericht 2014 zur Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt. BMUB, Berlin, 111 S.</p>
---	--

	<p>http://biologischevielfalt.bfn.de/fileadmin/NBS/indikatoren/diagramme/2014/NBS-Indikatorenbericht-2014_Internet_barrierefrei.pdf</p> <p>DRL – Deutscher Rat für Landespflege 2002: Gebietsschutz in Deutschland: Erreichtes – Effektivität – Fortentwicklung. Schriftenreihe des Deutschen Rates für Landespflege 73, 112 S.</p> <p>Scherfose, V. (Bearb.) 2011: Das deutsche Schutzgebietssystem – Schwerpunkt: Streng geschützte Gebiete. BfN-Skripten 294. Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg, 197 S.</p>
--	---

VI Umsetzung – Aufwand und Verantwortlichkeiten

Aufwands-schätzung:	Daten-be-schaffung:	1	Nur eine datenhaltende Institution
	Datenver-arbeitung:	2	Vor der Zusammenführung der Daten zur Darstellung des Indikators ist eine einfache Datenaufbereitung in mehreren Schritten notwendig.
	<u>Erläuterung:</u> Die erforderlichen Flächenangaben werden von den Bundesländern bereitgestellt. Die Qualitätskontrolle der übermittelten Daten wird durch das Bundesamt für Naturschutz (BfN) übernommen. Der Aufwand für die Fortführung des Indikators wird als niedrig eingeschätzt. Geschätzter Arbeitsaufwand: 1 Arbeitstag.		
Datenkosten:	Keine		
Zuständigkeit:	Bundesamt für Naturschutz (BfN)		

VII Darstellungsvorschlag

Quellenverzeichnis zu Teil I

- Adamczyk, J., Tiede, D. (2017): ZonalMetrics - a Python toolbox for zonal landscape structure analysis. *Computers & Geosciences* 99: 91-99.
- Anderson, K., Bows, A. (2011): Beyond 'dangerous' climate change: emission scenarios for a new world. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*. DOI: <http://doi.org/10.1098/rsta.2010.0290>
- Balla, S., Peters, H.-J., Wulfert, K. (2010): Leitfaden zur Strategischen Umweltprüfung (Langfassung). Forschungsvorhaben 206 13 100 im Auftrag des Umweltbundesamtes März 2010. Umweltbundesamt/Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Dessau/Berlin, 66 S.
- Bettinger, A., Buttler, K., Caspari, S., Klotz, J., May, R. (2013): Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands. Bonn: Bundesamt für Naturschutz.
- BfN – Bundesamt für Naturschutz (2017): Aufgabenkatalog: F+E-Vorhaben des UFOPLAN 2017 – FKZ 3517-81-1000. Kurztitel: Weiterentwicklung von Indikatoren zu Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt. Bonn-Bad Godesberg, 14 S.
- BfN – Bundesamt für Naturschutz (2018): Nachricht vom 20.08.2018 zur Entscheidung des BMU über die Aufnahme des Indikator „Sicherung des länderübergreifenden Biotopverbunds“ in das Indikatorenset zum Handlungsfeld „Biologische Vielfalt“.
- BMU – Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hg.) (2007): Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt. Eigenverlag, Berlin, 178 S.
- BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2016): Klimaschutzplan 2050. Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung. Berlin, 92 S. Online, URL: https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_bf.pdf [Zugriff: 20.03.2019]
- BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2018): Der Mensch und die Biosphäre (MAB). Umsetzung des UNESCO-Programms in Deutschland. Berlin, 115 S. Online, URL: https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/mensch_biosphaere_bf.pdf [Zugriff: 23.01.2020]
- BMU/BfN – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit/Bundesamt für Naturschutz (Hg.) 2009: Auenzustandsbericht. Flussauen in Deutschland. BMU, BfN, Berlin, Bonn, 34 S.
- BMUB – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2015a): Indikatorenbericht 2014 zur Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt. Berlin, 112 S.
- BMUB – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2015b): Naturschutz-Offensive 2020. Berlin, 40 S.
- Brockhaus, T., Roland, H.-J., Benken, T., Conze, K.-J., Günther, A., Leipeilt, K.G., Lohr, M., Martens, A., Mauersberger, R., Ott, J., Suhling, F., Weihrauch, F., Willigalla, C. (Hg.) (2015): Atlas der Libellen Deutschlands. *Libellula Supplement* 14.
- Bundesnaturschutzgesetz vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2542), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 15. September 2017 (BGBl. I S. 3434) geändert worden ist
- Bundesregierung (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Online, URL: http://www.bmub.bund.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das_gesamt_bf.pdf [Zugriff: 19.01.2018].
- Burkhardt, R., Baier, H., Bendzko, U., Bierhals, E., Finck, P., Liegl, A., Mast, R., Mirbach, E., Nagler, A., Pardey, A., Riecken, U., Sachteleben, J., Schneider, A., Szekely, S., Ullrich, K., van Hengel,

- U., Zeltner, U., Zimmermann, F. (2004): Empfehlungen zur Umsetzung des Paragraphen 3 BNatSchG „Biotopverbund“. – Natursch. Biol. Vielf. 2, 84 S. Hickling, R., Roy, D. B., Hill, J. K., Fox, R., Thomas, C. D. (2006): The distributions of a wide range of taxonomic groups are expanding polewards. *Global Change Biology*, 12(3): 450-455. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01116.x>
- CAT – Climate Action Tracker (2019): Some progress since Paris, but not enough, as governments amble towards 3°C of warming. Online, URL: <https://climateactiontracker.org/publications/warming-projections-global-update-dec-2018/> [Zugriff: 20.03.2019]
- Chan, L., Hillel, O., Elmqvist, T., Werner, P., Holman, N., Mader, A., Calcaterra, E. (2014): User's manual on the Singapore Index on Cities' Biodiversity: (also known as the City Biodiversity Index), 43 S.
- Colwell, R. K. (2009): Biodiversity: Concepts, Patterns, and Measurement. In: Levin, S. A. (Hg.): *The Princeton guide to ecology*. Princeton (Univ. Press): 257-263.
- Deslauriers, M. R., Asgary, A., Nazarnia, N., Jaeger, J. A. G. (2018): Implementing the connectivity of natural areas in cities as an indicator in the City Biodiversity Index (CBI). *Ecological Indicators*.
- Devictor, V., Julliard, R., Couvet, D., Jiguet, F. (2008): Birds are tracking climate warming, but not fast enough. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 275(1652): 2743-2748. <https://doi.org/10.1098/rspb.2008.0878>
- Harms, O., Dister, E., Gerstner, L., Damm, C., Egger G., Heim, D., Günther, D., Koenzen, U., Kurth, A., Modrak, P. (2018): Potenziale zur naturnahen Auenentwicklung. Bundesweiter Überblick und methodische Empfehlungen für die Herleitung von Entwicklungszielen. BfN-Skripten 489, Bonn – Bad Godesberg, 77 S.
- Indikatorkennblatt: Anteil naturbetonter Flächen an Gebietsfläche. Online, URL: http://www.ioer-monitor.de/?id=44&ID_IND=U18RG [Zugriff: 07.08.2019]
- Indikatorkennblatt: Gehölzdominierte Ökotondichte. Online, URL: http://www.ioer-monitor.de/?id=44&ID_IND=U30DG [Zugriff: 07.08.2019]
- Indikatorkennblatt: Gewässerranddichte. Online, URL: http://www.ioer-monitor.de/?id=44&ID_IND=U31DG [Zugriff: 07.08.2019]
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (Hg.) (2014a): *Climate Change 2014: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 S.
- La Sorte, F. A., Thompson, F. R. (2007): Poleward shifts in winter ranges of North American birds. *Ecology*, 88(7), 1803–1812. DOI: <https://doi.org/10.1890/06-1072.1>
- LAWA – Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (Hg.) (2014): *Nationales Hochwasserschutzprogramm. Kriterien und Bewertungsmaßstäbe für die Identifikation und Priorisierung von wirksamen Maßnahmen sowie ein Vorschlag für die Liste der prioritären Maßnahmen zur Verbesserung des präventiven Hochwasserschutzes – beschlossen auf der Umweltministerkonferenz am 24. Oktober 2014 in Heidelberg*. Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)/Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein, Kiel, 9 S.
- Lenoir, J., Gégout, J. C., Guisan, A., Vittoz, P., Wohlgemuth, T. et al. (2010): Going against the flow: Potential mechanisms for unexpected downslope range shifts in a warming climate. *Ecography*, 33(2): 295-303.
- MAB – Deutsches Nationalkomitee für das UNESCO Programm „Der Mensch und die Biosphäre“ (MAB) (2007): *Kriterien für die Anerkennung und Überprüfung von Biosphärenreservaten der UNESCO in Deutschland*. Bonn. 67 S.

- Maxwell, S. L., Milner-Gulland, E. J., Jones, J. P. G. et al. (2015): Being smart about SMART environmental targets. *Science* 347 (6226): 1075-1076. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.aaa1451>
- MPI-M – Max-Planck-Institut für Meteorologie (2019): Was ist der Unterschied zwischen "Wetter" und "Klima"? Online, URL: <https://www.mpimet.mpg.de/kommunikation/fragen-zu-klima-faq/was-ist-der-unterschied-zwischen-wetter-und-klima/> [Zugriff: 28.01.2019]
- O'Donnell, M. S., Ignizio, D. A. (2012): Bioclimatic Predictors for Supporting Ecological Applications in the Conterminous United States. *US Geological Survey Data Series*, 691(10):, 1-17. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2011.04.001>
- Parmesan, C., Ryrholm, N., Stefanescu, C., Hill, J. K., Thomas, C. D. et al. (1999): Poleward shift in geographical ranges of butterfly species associated with regional warming. *Nature*, 399: 579-583.
- Parmesan, C., Yohe, G. (2003): A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*, 421(6918): 37-42.
- Pompe, S., Berger, S., Bergmann, J., Badeck, F., Lübbert, J., Klotz, S. et al. (2011): Modellierung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Flora und Vegetation in Deutschland. *BfN-Skripten*, 304: 1-98.
- Scharfe, M. (2018): Skizze Projekt Zooplankton-Index, Klimaindikatoren biologische Vielfalt. Unveröffentlicht.
- Schliep, R., Bartz, R., Dröschmeister, R., Dziock, F., Dziock, S., Fina, S., Kowarik, I., Radtke, L., Schäffler, L., Siedentop, S., Sudfeldt, C., Trautmann, S., Sukopp, U., Heiland, S. (2017): Indikatoren-system zur Darstellung direkter und indirekter Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt. *BfN-Skripten* 470, Bonn – Bad Godesberg: Hauptband (249 S.) und Supplement (80 S.); ISBN 978-3-89624-207-5
- Schönthaler, K., von Andrian-Werburg, S. (2015): Handbuch zur Verstetigung der indikatorbasierten Berichterstattung zur Umsetzung der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS). Erstellt im Rahmen des FuE-Vorhabens „Evaluierung der DAS – Berichterstattung und Schließung von Indikatorenlücken“ (FKZ 3711 41 106) im Auftrag des UBA/KomPass. Stand: 26.01.2015. Umweltbundesamt, Dessau, 81 S.
- Schönthaler, K., von Andrian-Werburg, S., Rüth, P. van, Hempen, S. (2015): Monitoringbericht 2015 zur deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel: Bericht der Interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie der Bundesregierung. Umweltbundesamt, Dessau, 256 S.
- Shoo, L. P., Williams, S. E., Hero, J. E. A. N. (2006): Detecting climate change induced range shifts: Where and how should we be looking? *Austral. Ecology*, 31(1): 22-29.
- Solomon, S., Plattner, G.-K., Knutti, R., Friedlingstein, P. (2009): Irreversible climate change due to carbon dioxide emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106 (6): 1704-1709; DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0812721106>
- Stein, C., Walz, U. (2012): Hemerobie als Indikator für das Flächenmonitoring. Methodenentwicklung am Beispiel von Sachsen. In: *Naturschutz und Landschaftsplanung*, 44(2012)9: 261-266.
- Steiner, M. (2001): Normative Elemente in Verfahren zur Beschreibung des Umweltzustands. Dissertation. Mathematisch-naturwissenschaftliche Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 205 S.
- Tingley, M. W., Beissinger, S. R. (2009): Detecting range shifts from historical species occurrences: new perspectives on old data. *Trends in Ecology and Evolution*, 24(11): 625-633. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.05.009>
- UBA – Umweltbundesamt (2020): Indikator: Globale Lufttemperatur. Online, URL: <https://www.umweltbundesamt.de/indikator-globale-lufttemperatur#textpart-1> [Zugriff: 08.01.2020]

- Walz, U. (2015): Indicators to monitor the structural diversity of landscapes. *Ecological Modelling*, 295 (1): 88-106.
- Walz, U., Stein, C. (2014): Indicators of hemeroby for the monitoring of landscapes in Germany. *Journal for Nature Conservation*, 22 (3): 279-289.
- WDDDB – Wissenschaftliche Dienste Deutscher Bundestag (2018): Umgang mit den Folgen des Klimawandels, insbesondere Starkregen. Strategien und Konzepte in Deutschland. Sachstand. Fachbereich WD 8: Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bildung und Forschung. AZ: WD 8 - 3000 - 058/18. Berlin, 17 S. Online, URL: <https://www.bundestag.de/resource/blob/567344/fb5f1198a3a9fa2ce06733f2ee5fd945/WD-8-058-18-pdf-data.pdf> [Zugriff: 20.03.2019]