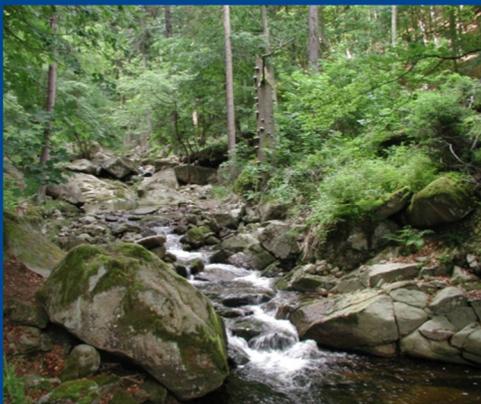




Janine Sybertz & Michael Reich (Hrsg.)

Tierarten im Klimawandel in Harz und Lüneburger Heide



Tierarten im Klimawandel in Harz und Lüneburger Heide

Ergebnisse eines Forschungsvorhabens *)

zusammengestellt und herausgegeben von

Janine Sybertz & Michael Reich

*) „Zukünftige Naturschutzkonzepte für Harz und Lüneburger Heide“,
Teilprojekt im Forschungsverbund "Klimafolgenforschung in Niedersachsen" (KLIFF)
im Verbundprojekt "Ökologische und gesellschaftliche Anpassungsstrategien für
Waldlandschaften an den Klimawandel - Modellregionen Harz und Heide" (KlimaWald)

Gefördert durch Mittel des
Niedersächsischen Ministeriums für Wissenschaft und Kultur

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

1. Aufl. - Hannover: Institut für Umweltplanung, 2018

Herausgeber: Institut für Umweltplanung
 Leibniz Universität Hannover
 Herrenhäuser Straße 2, 30419 Hannover
 www.umwelt.uni-hannover.de

Schriftleitung: Dr. Stefan Rüter

Titelbilder: oben: Fichtenwald mit Totholz im Nationalpark Harz (Foto: Michael Reich);
 Mitte: Heidelandschaft nahe Wilsede (Foto: Janine Sybertz);
 unten: Naturnaher Bachlauf im Nationalpark Harz (Foto: Michael Reich)

Die Verantwortung für den Inhalt liegt bei den Autoren.

Inhalt

Vorwort	5
SYBERTZ, J. & M. REICH Empfindlichkeit von Tierarten gegenüber den bis zum Ende des 21. Jahrhunderts erwarteten Klimaänderungen in den naturräumlichen Regionen „Harz“ und „Lüneburger Heide und Wendland“	7
SYBERTZ, J. Naturschutzfachliche Prioritäten zur Unterstützung der Anpassung von Tierarten an den Klimawandel in den naturräumlichen Regionen „Harz“ und „Lüneburger Heide und Wendland“	57

Vorwort

Von 2009 bis 2013 förderte das Niedersächsische Ministerium für Wissenschaft und Kultur im Rahmen des Forschungsverbunds KLIFF „Klimafolgenforschung in Niedersachsen“ das Forschungsprojekt „Zukünftige Naturschutzkonzepte für Harz und Lüneburger Heide“. Ziel des Forschungsprojekts war es, vor dem Hintergrund des Klimawandels in Niedersachsen fachlich fundierte Konzepte zum Erhalt der biologischen Vielfalt bzw. zur Abmilderung der Folgen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt für die Naturräume Harz und Lüneburger Heide zu entwickeln.

Der vorliegende Band stellt die Ergebnisse des Forschungsprojekts bezogen auf die Fauna beider Naturräume vor. Diese Ergebnisse spiegeln den Wissens- und Datenstand zum damaligen Zeitpunkt wider und wurden bisher nur im Rahmen des Forschungsverbunds vorgestellt und in stark aggregierter Form publiziert. Die Veröffentlichung der damaligen Ergebnisse im Detail soll dazu dienen, diese für Dritte, z.B. für spätere Vergleiche insbesondere der artbezogenen Auswertungen, zugänglich zu machen.

Wir danken dem Niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur für die finanzielle Förderung. Weiterhin gilt unser besonderer Dank René Hertwig, Prof. Dr. Rüdiger Prasse und Prof. Dr. Michael Rode (Institut für Umweltplanung) für fachliches Feedback und anregende Diskussionen. Für die Bereitstellung der Verbreitungsdaten aus dem Artkataster danken wir dem NLWKN, insbesondere Herrn Thomas Herrmann. Bei Literaturrecherchen und Auswertungen innerhalb des Forschungsprojektes unterstützten uns Brigitte Grötzl, Ruth Tabea Klute und Katharina Niemann, beim Layout und beim Korrekturlesen Birte Neumann und Rebecca Lauterbach, denen wir hierfür herzlich danken. Weiterhin danken wir den Teilnehmern der Expertenbefragung sowie der Workshops im Rahmen des Forschungsprojekts für wertvolle Hinweise und hilfreiche Diskussionen.

Dr. Louise von Falkenhayn möchten wir für das Korrekturlesen der englischen Abstracts danken, Dr. Stefan Rüter für die Schriftleitung und redaktionelle Unterstützung bei der Herausgabe des Bandes.

DIE HERAUSGEBER

Umwelt und Raum	Band 10	7-56	Institut für Umweltplanung, Hannover 2018
-----------------	---------	------	---

Empfindlichkeit von Tierarten gegenüber den bis zum Ende des 21. Jahrhunderts erwarteten Klimaänderungen in den naturräumlichen Regionen „Harz“ und „Lüneburger Heide und Wendland“

Janine Sybertz & Michael Reich

Zusammenfassung

Im Rahmen des Forschungsverbunds KLIFF („Klimafolgenforschung in Niedersachsen“, 2009 - 2013) wurde die Empfindlichkeit von insgesamt 227 nach Roter Liste gefährdeten Arten der Artengruppen Brutvögel, Amphibien, Reptilien, Tagfalter, Libellen und Heuschrecken gegenüber Auswirkungen des Klimawandels in den naturräumlichen Regionen „Harz“ und „Lüneburger Heide und Wendland“ untersucht. Neben der Empfindlichkeit gegenüber spezifisch klimawandelbedingten Auswirkungen wurde auch die Empfindlichkeit gegenüber Umweltveränderungen im Allgemeinen ermittelt, um so Rückschlüsse auf das Anpassungspotential einer Art ziehen zu können.

Bis zum Ende des 21. Jahrhunderts ist auf Grundlage der ausgewerteten Klimaprojektionen in beiden naturräumlichen Regionen mit einer Erhöhung der Durchschnittstemperatur, einer Zunahme von Wärmeextremen, einer Verkürzung von Kälteperioden und einer Verschiebung der Niederschlagsverhältnisse (Abnahme der Sommer- und Zunahme der Winterniederschläge) zu rechnen. Gegenüber diesen Klimaänderungssignalen weisen 43% der untersuchten Arten eine erhöhte Empfindlichkeit auf, die meisten allerdings in geringem bis mäßigem Umfang. Die höchste Klimaempfindlichkeit zeigen zwei Vertreter der Artengruppe Libellen, *Aeshna subarctica elisabethae* und *Somatochlora alpestris*. Insgesamt scheinen mehr Arten negativ von einer Abnahme der Sommerniederschläge betroffen zu sein als von einer Erhöhung der Temperaturen. Für die untersuchten Arten lässt sich im Durchschnitt gegenüber Umweltveränderungen im Allgemeinen eine höhere Empfindlichkeit feststellen als gegenüber spezifisch klimawandelbedingten Auswirkungen.

Zukünftige mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf Tierarten abzuschätzen ist mit einer Reihe von Unsicherheiten verbunden. Trotzdem sind solche Prognosen aus Naturschutzsicht wichtig, um rechtzeitig Anpassungsmaßnahmen treffen zu können. Es wird empfohlen, basierend auf den Ergebnissen der Empfindlichkeitsanalysen an den Klimawandel angepasste naturschutzfachliche Ziele und Managementstrategien zu entwickeln, die diese Unsicherheiten berücksichtigen. Vor allem dem Erhalt und der Renaturierung von Feuchtgebieten kommt vor dem

Hintergrund des Klimawandels eine hohe Bedeutung zu. Auch Biotopverbundkonzepte, die insbesondere den Arten besonders betroffener Lebensräume eine Anpassung durch Wanderung ermöglichen, sind notwendig und sinnvoll.

1 Hintergrund

In den letzten Jahrzehnten konnte eine Reihe unterschiedlicher Auswirkungen der globalen und regionalen Klimaveränderungen auf Tierarten beobachtet werden. Darunter fallen sowohl Veränderungen in der Phänologie und im Verhalten von Arten (CRICK & SPARKS 1999, PARMESAN & YOHE 2003, ROOT et al. 2003), als auch eine polwärts bzw. in höhere Lagen gerichtete Verschiebung von Verbreitungsgrenzen (HILL et al. 2002, PARMESAN & YOHE 2003). Da Arten individuell auf klimatische Veränderungen reagieren, werden darüber hinaus klimawandelbedingte Auswirkungen auf interspezifische Artbeziehungen befürchtet, wie z.B. auf Konkurrenz und Prädation sowie auf die Zusammensetzung von Lebensgemeinschaften (ZEBISCH et al. 2005, AHOLA et al. 2007, WALTHER 2010).

Auch in Niedersachsen gibt es in der Tierwelt Anzeichen für Reaktionen auf die Klimaveränderungen der letzten Dekaden: so wanderten wärmeliebende Arten wie z.B. die Sichelschrecke *Phaneroptera falcata* (GREIN 2010) oder die Feuerlibelle *Crocothemis erythraea* (LOHR 2003) von Süden her ein.

Während einige Arten von den sich ändernden Klimabedingungen profitieren können, stellen diese für andere, oft ohnehin schon gefährdete Arten einen zusätzlichen Stressor dar. Für solche Arten ist eine Anpassung an veränderte Umweltbedingungen, ob durch Wanderung oder durch Mikroevolution vor Ort, infolge fragmentierter Habitats und geringer Bestandsgrößen in der Regel ohnehin schwierig (vgl. LANDE 1998, ROOT et al. 2003).

Für den Naturschutz ist es wichtig frühzeitig abzuschätzen, welche Arten in welcher Weise von Auswirkungen des Klimawandels betroffen sein könnten. So können bestehende Ziele und Managementstrategien vor diesem Hintergrund überprüft und Anpassungsstrategien entwickelt und umgesetzt werden.

Im Rahmen des Forschungsverbunds KLIFF (Klimafolgenforschung in Niedersachsen, 2009 - 2013) wurde daher die Empfindlichkeit von faunistischen Artengruppen gegenüber Klimaveränderungen exemplarisch für die beiden niedersächsischen naturräumlichen Regionen Harz und Lüneburger Heide und Wendland ermittelt. Grundlage hierfür war eine kriterienbasierte Empfindlichkeitsanalyse auf Basis physiologischer und ökologischer Eigenschaften der Arten und ihrer Exponiertheit gegenüber möglichen Auswirkungen des Klimawandels in beiden naturräumlichen Regionen.

Empfindlichkeitsanalysen für Tierarten mit ähnlichem Konzept gibt es beispielsweise für eine Reihe von Artengruppen in Nordrhein-Westfalen (BEHRENS et al. 2009) sowie für die FFH-Arten Deutschlands (SCHLUMPRECHT et al. 2010). Mit der vorliegenden Arbeit wird für die niedersächsischen naturräumlichen Regionen Harz und Lüneburger Heide und Wendland erstmals eine umfassende Empfindlichkeitsanalyse erstellt, um auf dieser Basis die Entwicklung von an den Klimawandel angepassten regionalen Naturschutzstrategien zu diskutieren.

2 Methodik

2.1 Untersuchungsrahmen

Die Artengruppen Brutvögel, Amphibien, Reptilien, Tagfalter, Libellen und Heuschrecken wurden hinsichtlich ihrer Empfindlichkeit gegenüber möglichen Auswirkungen des Klimawandels untersucht. Für diese Artengruppen liegen in Bezug auf Physiologie, Ökologie und Verbreitung weitgehend hinreichende Angaben vor, um die Empfindlichkeit gegenüber Auswirkungen des Klimawandels abschätzen zu können.

Als Untersuchungsgebiet wurden die naturräumlichen Regionen Harz und Lüneburger Heide und Wendland ausgewählt (Abb.1). Die Abgrenzung wurde nach NLÖ (1993) vorgenommen. Die naturräumliche Region Lüneburger Heide und Wendland wird im Folgenden als Lüneburger Heide oder Heide abgekürzt.

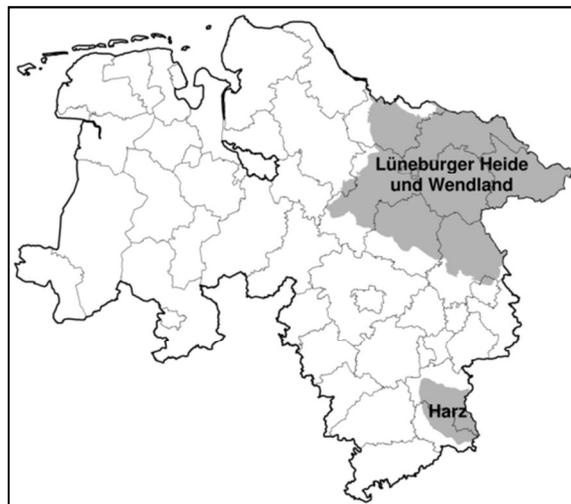


Abb.1: Lage der Untersuchungsgebiete in Niedersachsen

Die Ermittlung der Empfindlichkeit der Tierarten erfolgte für alle Arten, die zum Zeitpunkt der Bearbeitung im besonderen Fokus des Naturschutzes standen. Dies sind die Arten der Roten Liste (1, 2, 3, G) einschließlich der Vorwarnliste (V) und extrem seltener Arten (R). Für die Arten der FFH-Richtlinie wird, soweit sie nicht aufgrund ihrer Gefährdungseinstufung nach niedersächsischen Roten Listen durch die vorliegenden Untersuchungen abgedeckt sind, auf die Ar-

beiten von SCHLUMPRECHT et al. (2010) für Deutschland und WEIß et al. (2011) für die Metropolregion Hannover-Braunschweig-Göttingen verwiesen.

Die Angaben zur Gefährdung und die Nomenklatur der Arten richten sich für Brutvögel nach KRÜGER & OLTMANN (2007), für Amphibien und Reptilien nach PODLOUCKY & FISCHER (1994), für Tagfalter nach LOBENSTEIN (2004), für Libellen nach ALTMÜLLER & CLAUSNITZER (2010) und für Heuschrecken nach GREIN (2005).

Die Feststellung des Vorkommens in den naturräumlichen Regionen Harz und Lüneburger Heide erfolgte nach den Daten des Artkatasters des NLWKN (NLWKN - Tier- und Pflanzenartenschutz; Stand: 19.08.2009) sowie nach Auswertung des Atlas der Brutvögel Niedersachsens (HECKENROTH & LASKE 1997). Arten, die nur vor 1980 im Gebiet vorkamen, wurden nicht berücksichtigt.

2.2 Auswertung der Klimaänderungen in Harz und Lüneburger Heide

Um die Empfindlichkeit von Tierarten gegenüber den möglichen Auswirkungen des Klimawandels festzustellen, musste zunächst analysiert werden, welchen klimatischen Veränderungen die Tierarten in beiden naturräumlichen Regionen bis zum Ende des 21. Jahrhunderts potentiell ausgesetzt sein werden. Dazu wurden für verschiedene Klimaparameter die Veränderungen für den Zeitraum 2071-2100 im Vergleich zum Referenzzeitraum (1961-1990) auf Basis der Ergebnisse unterschiedlicher regionaler Klimamodelle beschrieben und zusammengefasst (Tab. 1 und Tab. 2). Die zu Grunde liegenden Klimadaten entstammen dem Norddeutschen Klimaatlas (NORDDEUTSCHES KLIMABÜRO 2010) und lagen gemittelt für das Gebiet der jeweiligen naturräumlichen Region vor. Betrachtet wurde jeweils die gesamte Bandbreite möglicher Änderungen, d.h. Minimum, Maximum und die mittlere Änderung.

In der naturräumlichen Region Harz wird demnach im Mittel für den Zeitraum von 2071-2100 eine im Vergleich zum Referenzzeitraum 3,1°C höhere Jahrestemperatur erwartet, wobei die Klimamodelle mindestens einen Temperaturanstieg von 2,0°C und höchstens einen Temperaturanstieg von 5,4°C anzeigen.

Für die naturräumliche Region Lüneburger Heide wird im Mittel eine 3,0°C höhere Jahrestemperatur projiziert, mit einem minimalen Temperaturanstieg von 1,9°C und einem maximalen Temperaturanstieg von 4,9°C. Einhergehend mit den steigenden Temperaturen werden in beiden naturräumlichen Regionen die Anzahl der Frosttage ebenso wie die Anzahl der Eistage abnehmen, hingegen die Anzahl der Sommertage und heißen Tage zunehmen.

Neben steigenden Temperaturen wird eine Veränderung der jahreszeitlichen Niederschlagsmengen angenommen. Während die jährlichen Niederschlagssummen in etwa gleich bleiben bzw. einige Modelle von einer Abnahme und andere von einer Zunahme ausgehen, werden sich

die jahreszeitlichen Niederschlagsverhältnisse voraussichtlich verschieben. So nimmt die Niederschlagsmenge im Sommer im Harz den Modellen zufolge im Mittel um 16% (in der Heide um 22%) ab, während die Winterniederschläge in beiden naturräumlichen Regionen im Mittel um 31% zunehmen sollen. Für Frühling und Herbst werden leichte Anstiege der Niederschlagssummen um 7% bzw. 11% im Harz und 9% bzw. 11% in der Lüneburger Heide modelliert.

Arten und Lebensräume in Harz und Heide werden also zukünftig den Modellrechnungen zufolge heißeren, trockeneren Sommern und milderem, feuchteren Wintern ausgesetzt sein.

Im Hinblick auf die Exponiertheit von Tierarten gegenüber den möglichen Auswirkungen des Klimawandels in beiden Regionen wurden folgende relevante Klimaänderungssignale definiert:

- Erhöhung der Durchschnittstemperatur
- Zunahme von Wärmeextremen
- Verkürzung von Kälteperioden
- Abnahme der Sommerniederschläge
- Zunahme der Winterniederschläge

Tab. 1: Klimaänderungen in der naturräumlichen Region Harz bis zum Ende des 21. Jahrhunderts (2071-2100) im Vergleich zum Referenzzeitraum (1961-1990) (Datengrundlage: NORDEUTSCHES KLIMABÜRO 2010)

Klimaparameter Definition	Zeit- intervall	Mittlere Änderung	Minimum Änderung	Maximum Änderung
Temperatur				
Durchschnittliche Temperatur mittlere Lufttemperatur in 2 m Höhe	Jahr	+3,1°C	+2°C	+5,4°C
Sommertage Anzahl der Tage, an denen die Maximumtemperatur mindestens einmal am Tag über 25 °C steigt (Tmax > 25 °C)	Jahr	+29,6 Tage	+14,8 Tage	+64 Tage
Heiße Tage Anzahl der Tage, an denen die Maximumtemperatur mindestens einmal am Tag über 30 °C steigt (Tmax > 30 °C)	Jahr	+12,5 Tage	+4,8 Tage	+31,6 Tage
Frosttage Anzahl der Tage, an denen die minimale Lufttemperatur unter 0 °C sinkt (Tmin < 0 °C)	Jahr	-39 Tage	-21,4 Tage	-54 Tage
Eistage Anzahl der Tage, an denen die maximale Lufttemperatur nicht über 0 °C steigt (Tmax < 0°C)	Jahr	-18,3 Tage	-7,5 Tage	-25,7 Tage
Niederschlag				
Regen bezogen auf die absolute Niederschlagssumme (Regenwasser) in mm im angegebenen Zeitintervall	Jahr	k.A.*	-2%	+10%
	Frühling	k.A.*	-7%	+17%
	Sommer	-16%	-8%	-43%
	Herbst	k.A.*	-4%	+26%
	Winter	+31%	+16%	+55%

**wenn ein Teil der Modelle eine Zunahme und ein anderer Teil eine Abnahme anzeigt, wird auf eine Berechnung des Mittelwerts verzichtet und stattdessen nur die Bandbreite angegeben*

Tab. 2: Klimaänderungen in der naturräumlichen Region Lüneburger Heide und Wendland bis zum Ende des 21. Jahrhunderts (2071-2100) im Vergleich zum Referenzzeitraum (1961-1990) (Datengrundlage: NORDDEUTSCHES KLIMABÜRO 2010)

Klimaparameter Definition	Zeitintervall	Mittlere Änderung	Minimum Änderung	Maximum Änderung
Temperatur				
Durchschnittliche Temperatur mittlere Lufttemperatur in 2 m Höhe	Jahr	+3°C	+1,9°C	+4,9°C
Sommertage Anzahl der Tage, an denen die Maximumtemperatur mindestens einmal am Tag über 25 °C steigt (Tmax > 25 °C)	Jahr	+23,6 Tage	+11 Tage	+52,9 Tage
Heiße Tage Anzahl der Tage, an denen die Maximumtemperatur mindestens einmal am Tag über 30 °C steigt (Tmax > 30 °C)	Jahr	+9,2 Tage	+3,5 Tage	+22 Tage
Frosttage Anzahl der Tage, an denen die minimale Lufttemperatur unter 0 °C sinkt (Tmin < 0 °C)	Jahr	-33 Tage	-17,9 Tage	-49,3 Tage
Eistage Anzahl der Tage, an denen die maximale Lufttemperatur nicht über 0 °C steigt (Tmax < 0°C)	Jahr	-15,7 Tage	-7,6 Tage	-23,1 Tage
Niederschlag				
Regen bezogen auf die absolute Niederschlagssumme (Regenwasser) in mm im angegebenen Zeitintervall	Jahr	k.A.*	-1%	+8%
	Frühling	+9%	0%	+18%
	Sommer	-22%	-10%	-43%
	Herbst	+11%	0%	+20%
	Winter	+31%	+10%	+48%

*wenn ein Teil der Modelle eine Zunahme und ein anderer Teil eine Abnahme anzeigt, wird auf eine Berechnung des Mittelwerts verzichtet und stattdessen nur die Bandbreite angegeben

2.3 Herleitung der Empfindlichkeitskriterien

Auf Basis einer Literaturstudie wurden Artengruppen ermittelt, die aufgrund ihrer physiologischen oder ökologischen Eigenschaften von den möglichen Auswirkungen des Klimawandels negativ betroffen sein könnten. Davon ausgehend wurden Parameter gewählt, um die Empfindlichkeit von Tierarten gegenüber diesen Auswirkungen zu quantifizieren. Dabei wurden einerseits mögliche Auswirkungen berücksichtigt, die von den in Kapitel 2.2 definierten Klimaänderungssignalen ausgehen. Andererseits wurden auch sonstige Gefährdungsdiskpositionen allgemeinerer Art einbezogen, die im Zuge des Klimawandels eine Rolle spielen und die Anpassungsfähigkeit von Arten an veränderte Umweltbedingungen negativ beeinflussen können. Um zwischen primär klimawandelbedingten Gefährdungsdiskpositionen und solchen, die auch durch andere Umweltveränderungen ausgelöst werden können, zu unterscheiden, wurde die Empfindlichkeitsanalyse in zwei Bereiche unterteilt: „Empfindlichkeitsanalyse nach Klimaänderungssignalen“ und „Empfindlichkeitsanalyse nach Anpassungspotential (Fähigkeit zur Anpassung an sich ändernde Umweltbedingungen)“.

	(Klima)änderungssignal	Artengruppen, die negativ betroffen sein könnten
Empfindlichkeitsanalyse nach Klimaänderungssignalen	Erhöhung der Durchschnittstemperatur	Arten, die in ihrer Verbreitung auf kühle Klimate beschränkt sind
	Zunahme von Wärmeextremen	Arten, die empfindlich auf Hitzestress reagieren
	Verkürzung von Kälteperioden, Zunahme der Winterniederschläge	Arten, die empfindlich auf milde Winter reagieren
	Abnahme der Sommerniederschläge	Arten, die vor allem von Grund- oder Niederschlagswasser geprägte Lebensräume besiedeln
Arten, die physiologisch empfindlich auf Trockenstress reagieren		
Empfindlichkeitsanalyse nach Anpassungspotential	Sich ändernde Umweltbedingungen im Allgemeinen	Arten mit geringer Ausbreitungsfähigkeit
		Habitatspezialisten
		Nahrungsspezialisten
		Arten mit hochspezialisierten Lebenszyklen

Abb.2: Übersicht zum Aufbau der Empfindlichkeitsanalyse (vgl. Kapitel 2.3.1, 2.3.2)

2.3.1 Empfindlichkeitsanalyse nach Klimaänderungssignalen

Für jedes Klimaänderungssignal (s. Kapitel 2.2) wurden durch die Veränderung möglicherweise negativ betroffene Artengruppen ermittelt sowie Parameter definiert, um die Empfindlichkeit einzelner Arten abschätzen zu können. Die Klimaänderungssignale „Verkürzung von Kälteperioden“ und „Zunahme der Winterniederschläge“ wurden gemeinsam betrachtet. Beide führen in Kombination zu milderem Wintern.

Im Folgenden werden die vom jeweiligen Klimaänderungssignal möglicherweise negativ betroffenen Artengruppen sowie die zugehörigen Parameter zusammen mit einer kurzen Erläuterung vorgestellt. Eine zusammenfassende Darstellung, die zusätzlich die Kriterien zur Feststellung der Empfindlichkeit sowie die Gewichtung für jeden Parameter aufschlüsselt, findet sich in Tabelle 3.

Klimaänderungssignal: Erhöhung der Durchschnittstemperatur

- ↳ Betroffene Artengruppe: Arten, die in ihrer Verbreitung auf kühle Klimate beschränkt sind
- ↳ Parameter: Zonale / altitudinale Verbreitung der Art

Viele Arten haben sich einhergehend mit der Klimaerwärmung des 20. Jahrhunderts in höhere Lagen zurückgezogen oder ihre Verbreitungsgrenzen polwärts verschoben (HILL et al. 2002, PARMESAN & YOHE 2003). Arten, die in ihrer Verbreitung auf kühle Klimate beschränkt sind, sind in der Anpassung ihres Verbreitungsgebiets entsprechend der naturräumlichen Gegebenheiten begrenzt und daher von einer Erhöhung der Durchschnittstemperatur potentiell negativ betroffen. Auch wenn höhere Temperaturen selbst möglicherweise physiologisch toleriert werden können, kann in tieferen oder weiter südlichen Lagen der Konkurrenzdruck durch sich dort ausbreitende Arten wachsen.

Klimaänderungssignal: Zunahme von Wärmeextremen

- ↳ Betroffene Artengruppe: Arten, die empfindlich auf Hitzestress reagieren
- ↳ Parameter: Empfindlichkeit gegenüber Hitze

In Folge des Klimawandels steigen nicht nur die Durchschnittstemperaturen, sondern auch Wärmeextreme, d.h. heiße Tage und Tropennächte, nehmen zu (Tab.1, Tab.2). Arten, die empfindlich gegenüber hohen Temperaturen reagieren, d.h. durch hohe Temperaturen in ihrer Fitness und/oder ihrer Reproduktionsleistung beeinträchtigt werden, könnten daher von dieser Entwicklung negativ betroffen sein (vgl. JIGUET et al. 2006).

Klimaänderungssignal: Verkürzung von Kälteperioden, Zunahme der Winterniederschläge

- ↳ Betroffene Artengruppe: Arten, die empfindlich auf milde Winter reagieren
- ↳ Parameter: Empfindlichkeit gegenüber milden (warmen, feuchten) Wintern

In Folge des Klimawandels sind sowohl wärmere als auch feuchtere Winter als bisher zu erwarten. Die Zahl der Frost- und Eistage sinkt signifikant, während die Niederschläge im Winterquartal zunehmen (Tab.1, Tab.2). Arten, die auf diese Klimabedingungen empfindlich reagieren, d.h. in ihrer Fitness und/oder ihrer Reproduktionsleistung beeinträchtigt werden, könnten von dieser Entwicklung negativ betroffen sein (vgl. READING 2007).

Klimaänderungssignal: Abnahme der Sommerniederschläge

- ↪ Betroffene Artengruppen: Arten, die vor allem von Grund- oder Niederschlagswasser geprägte Lebensräume besiedeln; Arten, die physiologisch empfindlich auf Trockenstress reagieren
- ↪ Parameter: Feuchtigkeitsansprüche in Bezug auf Physiologie und Lebensraum

In Folge des Klimawandels werden weniger Sommerniederschläge in Kombination mit längeren Trockenperioden erwartet. ZEBISCH et al. (2005) sehen daher Feuchtgebiete insgesamt als mittel- bis langfristig besonders bedroht an. Arten, die daher physiologisch oder aufgrund der Besiedlung feuchtegeprägter Lebensräume auf Trockenstress empfindlich reagieren, könnten von den zukünftigen klimatischen Entwicklungen negativ betroffen sein.

2.3.2 Empfindlichkeitsanalyse nach Anpassungspotential

Für die Empfindlichkeitsanalyse nach Anpassungspotential wurden literaturbasiert Artengruppen identifiziert, die als empfindlich gegenüber sich ändernden Umweltbedingungen im Allgemeinen anzusehen sind. Diesen Arten ist die Anpassung an veränderte Bedingungen (auch klimawandelbedingter Art) erschwert, da sie z.B. einen hohen Spezialisierungsgrad haben und nicht so flexibel wie andere Arten auf veränderte Ressourcen reagieren können. Im Folgenden werden die betroffenen Artengruppen zusammen mit dem zugehörigen Parameter zur Einschätzung der Empfindlichkeit sowie einer kurzen Erläuterung vorgestellt. In Tabelle 3 findet sich eine zusammenfassende Darstellung aller Parameter zusammen mit den Kriterien zur Feststellung der Empfindlichkeit und ihrer Gewichtung.

Betroffene Artengruppe: Arten mit geringer Ausbreitungsfähigkeit

- ↪ Parameter: Mobilität / Ortstreue

Geeigneten Bedingungen hinterherzuwandern ist eine Möglichkeit sich an ändernde Umweltbedingungen anzupassen. Arten, die dies aufgrund einer artspezifisch eingeschränkten Mobilität nicht können, sind möglicherweise langfristig vom Aussterben bedroht (MCKINNEY 1997, LEUSCHNER & SCHIPKA 2004, ZEBISCH et al 2005).

Betroffene Artengruppe: Habitatspezialisten

↳ Parameter: Habitatamplitude

Für Arten mit einer kleinen Habitatamplitude (Habitatspezialisten) ist das Risiko des Aussterbens bei veränderten Umweltbedingungen erhöht, da sie nur begrenzt auf andere Habitate ausweichen können (MAAS et al. 2002, vgl. auch PRIMACK 1995, ZEBISCH et al. 2005).

Betroffene Artengruppe: Nahrungsspezialisten

↳ Parameter: Nahrungsspektrum

Nahrungsgeneralisten werden vermutlich weniger Schwierigkeiten im Hinblick auf Auswirkungen des Klimawandels haben als Nahrungsspezialisten, da sie über größere Anpassungsmöglichkeiten an veränderte Nahrungsgrundlagen verfügen (vgl. PRIMACK 1995, MCKINNEY 1997). Demzufolge sind Nahrungsspezialisten als potentiell empfindlich gegenüber sich ändernden Umweltbedingungen einzustufen.

Betroffene Artengruppe: Arten mit hochspezialisierten Lebenszyklen

↳ Parameter: Besondere Spezialisierung im Lebenszyklus

Arten mit langsamem Populationswachstum, (wandernde) Arten mit weitem Aktionsradius und Spezialisten im Allgemeinen sind eher vom Aussterben bedroht als andere Arten (vgl. PRIMACK 1995, MCKINNEY 1997). Dieser Parameter umfasst daher besondere Spezialisierungen im Lebenszyklus, wie z.B. obligate Wanderungen und eine symbiotische oder parasitäre Lebensweise, als weitere Eigenschaft neben der Habitat- und Nahrungsspezialisierung.

2.4 Bewertung der Empfindlichkeit

Für jeden Parameter wurde eine kriterienbasierte dreistufige Skala erstellt, deren Kategorien widerspiegeln, ob eine Art bezüglich der Ausprägung eines Parameters als „voraussichtlich nicht empfindlich (0)“, „möglicherweise empfindlich (1)“ oder „voraussichtlich empfindlich (2)“ einzustufen ist. Die Einstufung in die unterschiedlichen Kategorien erfolgte verbal-argumentativ auf Basis der Auswertung einschlägiger Literatur für die betreffende Artengruppe. War die Datenlage für eine Art so ungenügend, dass keine Einstufung erfolgen konnte, wurde dies mit „?“ gekennzeichnet.

Die kriterienbasierte Abgrenzung der Einstufungen für jeden Parameter ist der Tabelle 3 zu entnehmen.

Für die Gesamtbewertung wurden für jeden der beiden Bereiche (Empfindlichkeitsanalyse nach Klimaänderungssignalen und Empfindlichkeitsanalyse nach Anpassungspotential) die Ausprägungen der einzelnen Parameter (0, 1 oder 2) addiert und durch die Anzahl der Parameter ge-

teilt, für die eine Einstufung aufgrund einer hinreichenden Datengrundlage erfolgen konnte. Mit „?“ (Datenlage ungenügend) eingestufte Parameter fielen aus der Bewertung heraus.

Jede Art kann somit sowohl hinsichtlich ihrer Empfindlichkeit nach Klimaänderungssignalen als auch nach Anpassungspotential Indexwerte zwischen 0 und 2 erreichen. Je höher der erreichte Indexwert ist, desto größer ist die Empfindlichkeit der Art einzustufen. Arten mit einem Indexwert von 0,0 sind als voraussichtlich nicht besonders empfindlich gegenüber Auswirkungen des Klimawandels bzw. gegenüber Umweltveränderungen im Allgemeinen anzusehen. Für die Berechnung des Indexwertes müssen für mindestens die Hälfte der Parameter hinreichende Daten zur Einstufung vorliegen.

Die Indizes für beide Bereiche der Empfindlichkeitsanalyse werden untereinander nicht verrechnet, um eine differenzierte Betrachtung bei der Entwicklung naturschutzfachlicher Prioritäten und Anpassungsmaßnahmen vor dem Hintergrund des Klimawandels zu ermöglichen.

Tab.3: Übersicht zur Methodik der Empfindlichkeitsanalyse

Klima-änderungs-signal	Möglicherweise negativ betroffene Arten-gruppen	Parameter zur Einschätzung der Empfindlichkeit	Kriterien zur Feststellung der Empfindlichkeit	Skalierung / Gewichtung	Ausgewertete Quellen zur Beurteilung der Empfindlichkeit
Temperatur					
Erhöhung der Durchschnitts-temperatur	Arten, die in ihrer Verbreitung auf kühle Klimate beschränkt sind	Zonale / alitudinale <u>Verbreitung der Art</u>	<ul style="list-style-type: none"> Art hat in Niedersachsen den Verbreitungsschwerpunkt in den naturräumlichen Regionen Osnabrücker Hügelland, Weser- und Leinebergland und Harz und/oder Art hat europaweit einen boreo-alpinen / montanen / borealen Verbreitungsschwerpunkt 	<ul style="list-style-type: none"> Kein Kriterium erfüllt: 0 Ein Kriterium erfüllt: 1 Zwei Kriterien erfüllt: 2 	Vögel: 6, 7, 8 Amphibien/Reptilien: 9, 28, 29 Heuschrecken: 9, 19, 20 Libellen: 9, 18 Tagfalter: 9, 12, 15, 16, 17
Zunahme von Wärmeextremen	Arten, die empfindlich auf Hitzestress reagieren	Empfindlichkeit <u>gegenüber Hitze</u>	<ul style="list-style-type: none"> Art ist in der Literatur explizit als gegen Hitze empfindlich beschrieben und/oder es gibt Literaturhinweise, dass hohe (infolge des Klimawandels realistische) Temperaturen die Art in ihrer Fitness und/oder Reproduktionsleistung beeinträchtigen 	<ul style="list-style-type: none"> Geringe bis mäßige Empfindlichkeit gegenüber Hitze: 0 Erhöhte Empfindlichkeit gegenüber Hitze: 1 Hohe Empfindlichkeit gegenüber Hitze: 2 	Vögel: 7, 8, 37-56 Amphibien/Reptilien: 30, 31 Heuschrecken: 1, 10 Libellen: 13, 14 Tagfalter: 11
Verkürzung von Kälteperioden	Arten, die empfindlich auf milde Winter reagieren	Empfindlichkeit <u>gegenüber milden (warmen, feuchten) Wintern</u>	<ul style="list-style-type: none"> Art ist in der Literatur explizit als gegen milde Winter empfindlich beschrieben und/oder es gibt Literaturhinweise, dass milde Winter die Art in ihrer Fitness und/oder Reproduktionsleistung beeinträchtigen 	<ul style="list-style-type: none"> Geringe bis mäßige Empfindlichkeit gegenüber milden Wintern: 0 Erhöhte Empfindlichkeit gegenüber milden Wintern: 1 Hohe Empfindlichkeit gegenüber milden Wintern: 2 	Vögel: 7, 8, 37-56 Amphibien/Reptilien: 30, 31, 32, 33 Heuschrecken: 1, 10 Libellen: 13, 14 Tagfalter: 4, 5, 12, 15, 17
Niederschlag					
Abnahme der Sommer-niederschläge	Arten, die vor allem von Grund- oder Niederschlagswasser geprägte Lebensräume besiedeln	Feuchtigkeitsansprüche in Bezug <u>auf Physiologie und Lebensraum</u>	<ul style="list-style-type: none"> Art ist in der Literatur als hygrophil beschrieben und/oder es gibt Literaturhinweise, dass Sommer-trockenheit die Art in ihrer Fitness und/oder Reproduktionsleistung beeinträchtigt und/oder Art besiedelt vor allem von Grund- oder Niederschlagswasser geprägte Lebensräume, die von Sommer-trockenheit beeinträchtigt werden können 	<ul style="list-style-type: none"> Art hat hinsichtlich Lebensraum und Physiologie geringe bis mäßige Feuchtigkeitsansprüche: 0 Art hat hinsichtlich Lebensraum oder Physiologie erhöhte bis hohe Feuchtigkeitsansprüche: 1 Art hat hinsichtlich Lebensraum und Physiologie erhöhte bis hohe bzw. hinsichtlich eines Kriteriums sehr hohe Feuchtigkeitsansprüche: 2 	Vögel: 7, 8, 37-56 Amphibien/Reptilien: 30, 31 Heuschrecken: 1, 10 Libellen: 13, 14, 26 Tagfalter: 3, 4, 5, 11, 12, 15, 17
	Arten, die physiologisch empfindlich auf Trockenstress reagieren				
Zunahme der Winter-niederschläge	Arten, die empfindlich auf milde Winter reagieren	s. Verkürzung von Kälteperioden / Empfindlichkeit gegenüber milden Wintern	s. Verkürzung von Kälteperioden / Empfindlichkeit gegenüber milden Wintern	s. Verkürzung von Kälteperioden / Empfindlichkeit gegenüber milden Wintern	s. Verkürzung von Kälteperioden / Empfindlichkeit gegenüber milden Wintern

Empfindlichkeitsanalyse nach Klimänderungssignalen

Klima- änderungs- signal	Möglichst weit betroffene Arten	Parameter zur Einschätzung der Empfindlichkeit	Kriterien zur Feststellung der Empfindlichkeit	Skalierung / Gewichtung	Ausgewertete Quellen zur Beurteilung der Empfindlichkeit
Fähigkeit zur Anpassung an sich ändernde Umweltbedingungen					
Empfindlichkeitsanalyse nach Anpassungspotential	Arten mit geringer Ausbreitungsfähigkeit	<u>Mobilität / Ortstreue</u>	<ul style="list-style-type: none"> • Art ist aufgrund ihrer physiologischen Eigenschaften wenig mobil und/oder • Art ist sehr ortstreu bzw. nicht dispersionsfreudig 	<ul style="list-style-type: none"> • Art ist mäßig bis wenig ortstreu / mobil bis hochmobil: 0 • Art ist eher ortstreu / mäßig bis wenig mobil: 1 • Art ist sehr ortstreu / kaum mobil: 2 	Vögel: 7, 8, 37-56 Amphibien/Reptilien: 30, 31, 34, 35 Heuschrecken: 1, 10, 20, 21 Libellen: 13, 14, 18, 27 Tagfalter: 2, 3, 4, 5, 11, 12, 15, 17
	Habitatspezialisten	<u>Habitatamplitude</u>	<ul style="list-style-type: none"> • Art wird in der Literatur als Habitatspezialist eingestuft und/oder • es gibt Literaturhinweise darauf, dass die Art eine kleine Habitatamplitude hat bzw. eng an bestimmte Habitate bzw. Biotopkomplexe gebunden ist 	<ul style="list-style-type: none"> • Art hat eine eher große Habitatamplitude: 0 • Art hat eine eher kleine Habitatamplitude: 1 • Art ist ausgesprochener Habitatspezialist (sehr kleine Habitatamplitude): 2 	Vögel: 7, 8, 37-56 Amphibien/Reptilien: 30, 31, 36 Heuschrecken: 1 Libellen: 13, 14 Tagfalter: 3, 4, 5, 12, 15, 17, 23
	Nahrungsspezialisten	<u>Nahrungsspektrum</u>	<ul style="list-style-type: none"> • Art wird in der Literatur als Nahrungsspezialist eingestuft und/oder • es gibt Literaturhinweise darauf, dass die Art ein geringes Nahrungsspektrum hat und/oder auf einzelne Arten/ eine einzelne Gattung spezialisiert ist 	<ul style="list-style-type: none"> • Art hat eher großes Nahrungsspektrum: 0 • Art hat eher kleines Nahrungsspektrum: 1 • Art ist ausgesprochener Nahrungsspezialist (sehr kleines Nahrungsspektrum): 2 	Vögel: 7, 8, 37-56 Amphibien/Reptilien: 30, 31 Heuschrecken: 1, 10 Libellen: 13, 14 Tagfalter: 3, 4, 5, 11, 12, 15, 17, 24
	Arten mit hochspezialisierten Lebenszyklen	<u>Besondere Spezialisierung im Lebenszyklus</u>	<ul style="list-style-type: none"> • Es gibt Literaturhinweise auf eine besondere Spezialisierung im Lebenszyklus der Art (sehr geringe Reproduktionsraten und lange Reproduktionszeiten, symbiotische oder parasitäre Lebensweise, obligate Wanderungen) 	<ul style="list-style-type: none"> • Art hat keine besondere Spezialisierung im Lebenszyklus: 0 • Art hat eine besondere Spezialisierung im Lebenszyklus: 1 • Art hat mehr als eine besondere Spezialisierung im Lebenszyklus: 2 	Vögel: 7, 8, 37-56 Amphibien/Reptilien: 30, 31 Heuschrecken: 1, 22 Libellen: 13, 14 Tagfalter: 4, 5, 11, 12, 17
<p>Quellen: [1] Maas et al. 2002; [2] Pollard & Yates 1993; [3] Lepidopteren-Arbeitsgruppe 1988; [4] Blab & Kudrna 1982; [5] Reinhardt et al. 2007; [6] Heckenroth & Laske 1997; [7] Bauer, Bezzel, Fiedler 2005a; [8] Bauer, Bezzel & Fiedler 2005b; [9] NLWKN 2009; [10] Detzel 1998; [11] Settele et al. 1999; [12] Ebert & Renwald 1991a; [13] Sternberg & Buchwald 2000; [14] Sternberg & Buchwald 2000; [15] Weidenmann 1995; [16] Settele et al. 2008; [17] Ebert & Renwald 1991b; [18] Askew 2004; [19] Ingrisch & Köhler 1998; [20] Grein 2010; [21] Reinhardt et al. 2005; [22] Van der Berg et al. 2000; [23] Van Swaay et al. 2006; [24] Carter & Hargreaves 1987; [25] Kudrna et al. 2011; [26] Heidemann & Seidenbusch 2002; [27] Stettner 1995; [28] Kwet 2005; [29] Gasc et al. 1997; [30] Günther 1996; [31] Arbeitskreis Amphibien und Reptilien Nordrhein-Westfalen 2011; [32] Anhoff et al. 2003; [33] Podloucky et al. 2005; [34] Jehle & Sinsch 2007; [35] Settele et al. 1996; [36] Podloucky 2005; [37] Glutz von Blotzheim 1985a; [38] Glutz von Blotzheim 1986; [39] Glutz von Blotzheim 1986; [40] Glutz von Blotzheim 1987; [41] Glutz von Blotzheim 1988a; [42] Glutz von Blotzheim 1988b; [43] Glutz von Blotzheim 1989; [44] Glutz von Blotzheim 1990; [45] Glutz von Blotzheim 1991a; [46] Glutz von Blotzheim 1991b; [47] Glutz von Blotzheim 1993a; [48] Glutz von Blotzheim 1993b; [49] Glutz von Blotzheim 1993c; [50] Glutz von Blotzheim 1993d; [51] Glutz von Blotzheim 1994a; [52] Glutz von Blotzheim 1994b; [53] Glutz von Blotzheim 1997a; [54] Glutz von Blotzheim 1997b; [55] Glutz von Blotzheim 1997c; [56] Glutz von Blotzheim 1999a; [57] Glutz von Blotzheim 1999b</p>					

3 Ergebnisse

3.1 Übersicht über alle Artengruppen

Insgesamt wurden 227 Tierarten im Hinblick auf ihre Empfindlichkeit untersucht (Detailergebnis- se s. Anhang, Tabellen A1-A5). Die flächenmäßig größere naturräumliche Region Lüneburger Heide ist artenreicher als die Region Harz und weist ein höheres Vorkommen stark gefährdeter und vom Aussterben bedrohter Arten auf (Abb. 3). Von den 227 untersuchten Arten kommen 142 im Harz und 208 in der Lüneburger Heide vor.

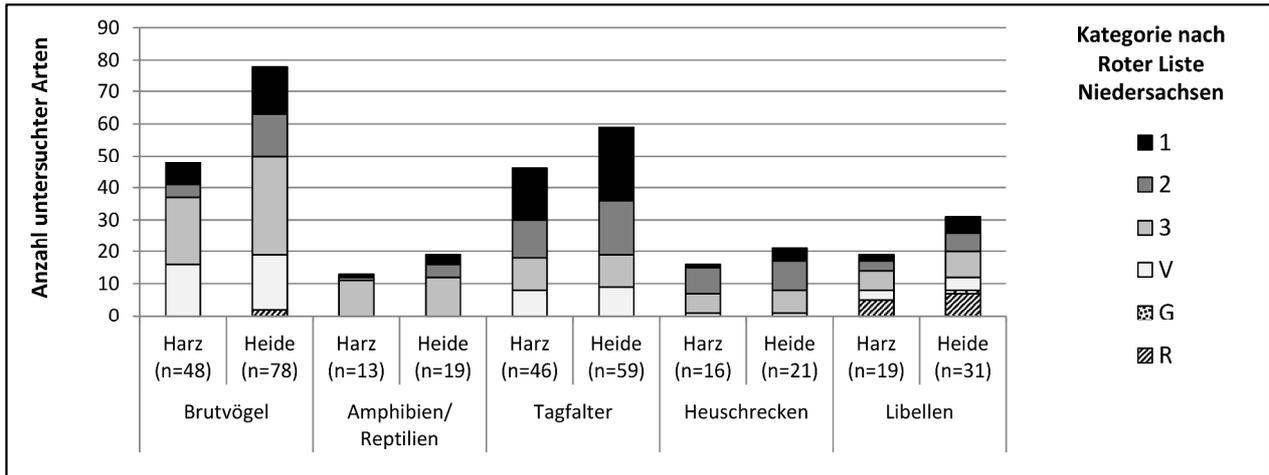


Abb.3: Anzahl untersuchter Arten mit Angabe der Gefährdung nach Roter Liste Niedersachsen. 1: Vom Aussterben/Erlöschen bedroht, 2: Stark gefährdet, 3: Gefährdet, G: Gefährdung unbekanntes Ausmaßes, R: Extrem selten, V: Vorwarnliste

Gegenüber den in Kapitel 2.2 definierten Klimaänderungssignalen weisen 43% aller untersuchten Arten (insgesamt 97 Arten) eine erhöhte Empfindlichkeit auf (Abb. 4). Unterschieden nach Artengruppen trifft dies auf 38% (32 Arten) der Bruttvögel, 63% (12 Arten) der Amphibien und Reptilien, 41% (27 Arten) der Tagfalter, 41% der Libellen (13 Arten) und 50% (13 Arten) der Heuschrecken zu, wobei der Großteil der Arten als eher gering bis mäßig empfindlich anzusehen ist. Bei insgesamt einer knappen Mehrheit der untersuchten Arten (56% bzw. 128 Arten) wurde keine erhöhte Empfindlichkeit gegenüber Auswirkungen des Klimawandels festgestellt.

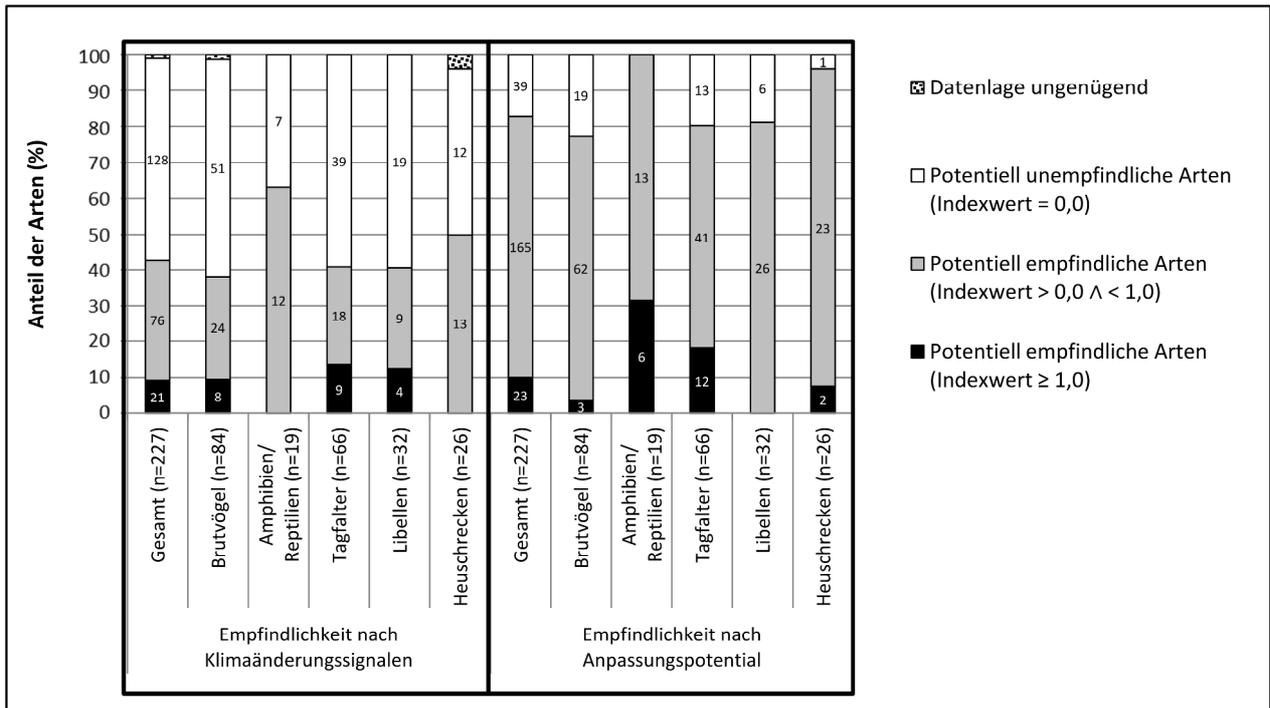


Abb. 4: Ergebnisse der Empfindlichkeitsanalysen: Prozentuale Verteilung der Indexwerte je Artengruppe und Anzahl der Arten der Roten Liste je Kategorie

Gegenüber sich ändernden Umweltbedingungen im Allgemeinen (aufgrund eines geringen Anpassungspotentials) ist die überwiegende Mehrheit der betrachteten Arten (83%, 188 Arten) potentiell empfindlich (Abb.4). Auch hier weist der Großteil der Arten eher eine geringe bis mäßige Empfindlichkeit auf.

Die Abbildungen 5 bis 10 zeigen die durchschnittlichen Indexwerte für die Gesamtheit der Arten der Roten Listen Klima und getrennt nach Artengruppen für jeden Parameter.

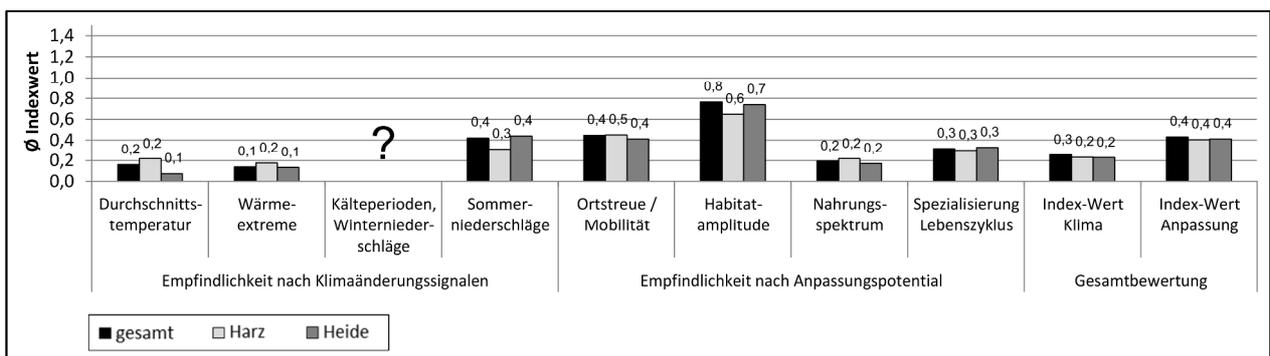


Abb. 5: Ergebnisse der Empfindlichkeitsanalysen für alle Arten ($n_{gesamt} = 227$, $n_{Harz} = 142$, $n_{Heide} = 208$).
?: Berechnung wegen ungenügender Datenlage nicht möglich.

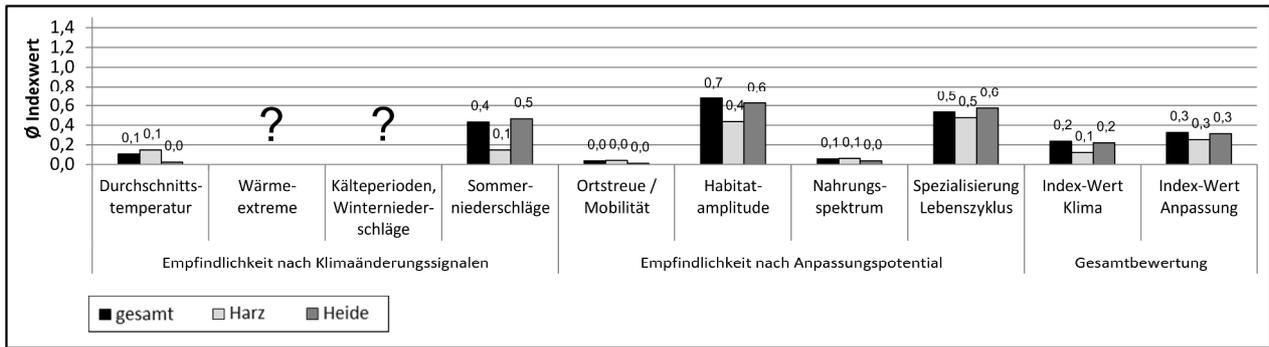


Abb. 6: Ergebnisse der Empfindlichkeitsanalysen für Brutvögel ($n_{gesamt}= 84$, $n_{Harz}= 48$, $n_{Heide}= 78$). ?: Berechnung wegen ungenügender Datenlage nicht möglich.

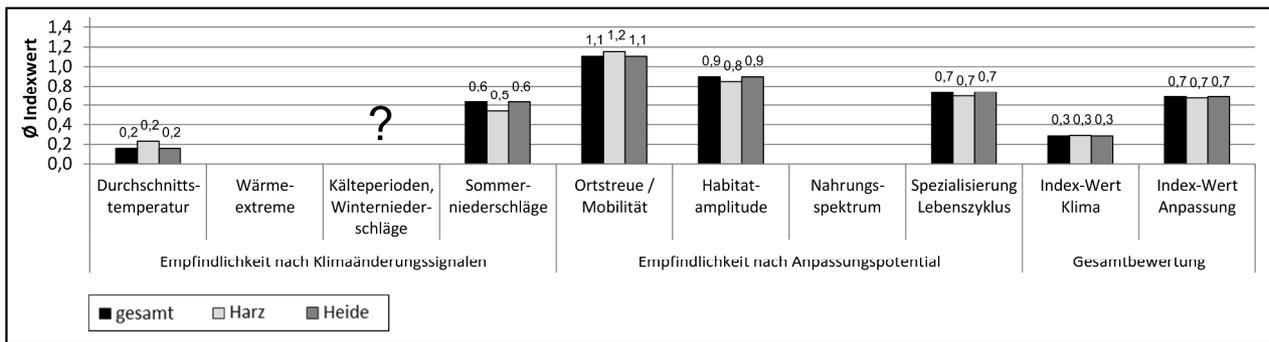


Abb. 7: Ergebnisse der Empfindlichkeitsanalysen für Amphibien und Reptilien ($n_{gesamt}= 19$, $n_{Harz}= 13$, $n_{Heide}= 19$). ?: Berechnung wegen ungenügender Datenlage nicht möglich.

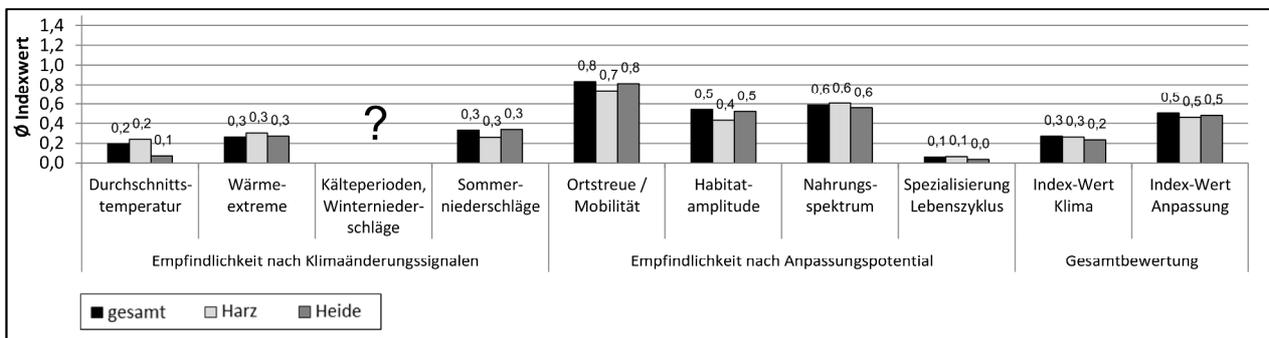


Abb. 8: Ergebnisse der Empfindlichkeitsanalysen für Tagfalter ($n_{gesamt}= 66$, $n_{Harz}= 46$, $n_{Heide}= 59$). ?: Berechnung wegen ungenügender Datenlage nicht möglich.

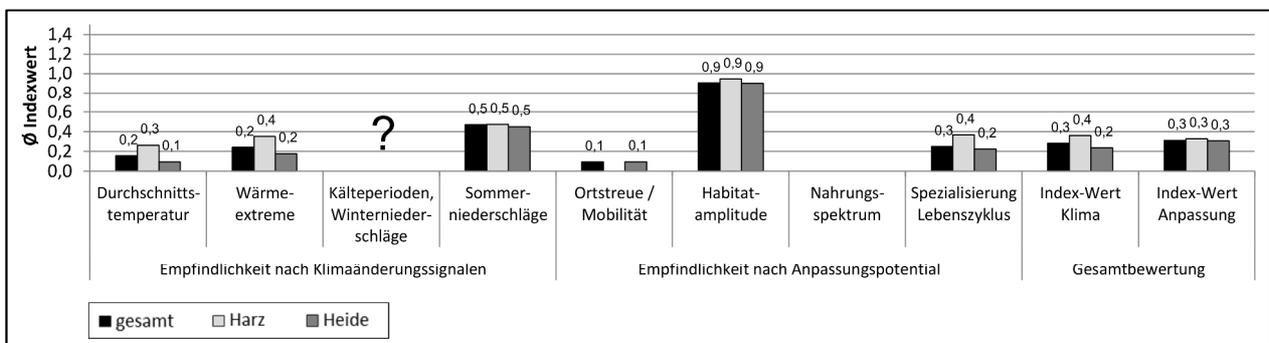


Abb. 9: Ergebnisse der Empfindlichkeitsanalysen für Libellen ($n_{gesamt}= 32$, $n_{Harz}= 19$, $n_{Heide}= 31$). ?: Berechnung wegen ungenügender Datenlage nicht möglich.

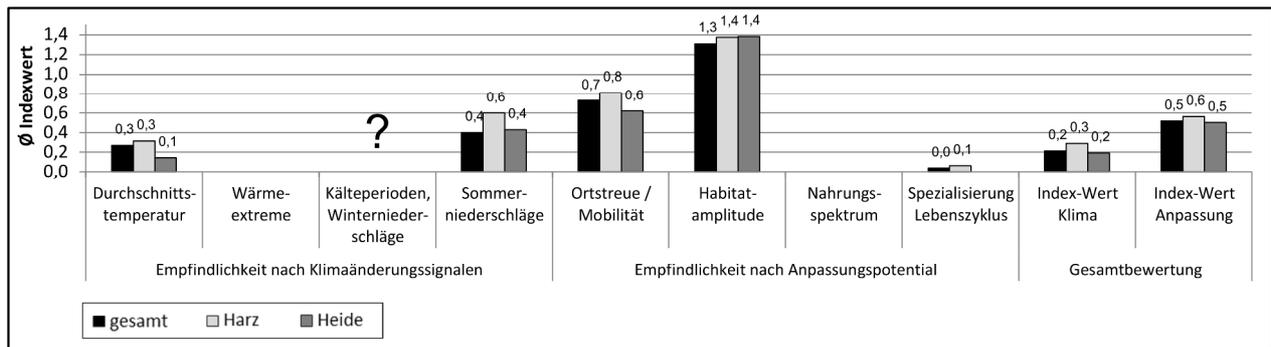


Abb. 10: Ergebnisse der Empfindlichkeitsanalysen für Heuschrecken ($n_{\text{gesamt}} = 26$, $n_{\text{Harz}} = 16$, $n_{\text{Heide}} = 21$). ? : Berechnung wegen ungenügender Datenlage nicht möglich.

Der Vergleich der Gesamtbewertungen (Indexwert Klima und Indexwert Anpassung) zeigt, dass die Arten beider naturräumlicher Regionen sowohl im Hinblick auf die projizierten Klimaänderungen als auch im Hinblick auf ihr Anpassungspotential im Durchschnitt in ähnlichem Maße empfindlich sind (Abb. 5). Hinsichtlich der durchschnittlichen Klimaempfindlichkeit zeigen sich weder zwischen den einzelnen Artengruppen noch zwischen den Arten des Harzes und den Arten der Heide innerhalb der Artengruppen deutliche Unterschiede (Abb.5-10).

Auch hinsichtlich der Empfindlichkeit nach Anpassungspotential sind die Unterschiede zwischen beiden naturräumlichen Regionen für alle Arten gesamt betrachtet zunächst minimal (Abb. 5), allerdings werden hier Unterschiede beim Vergleich der Empfindlichkeit der einzelnen Artengruppen sichtbar (Abb. 6-10). Hier zeigen die Artengruppen Brutvögel und Libellen mit einem Indexwert von je 0,3 die durchschnittlich geringsten Werte (und damit die geringste Empfindlichkeit). Im Mittelfeld liegen Tagfalter und Heuschrecken mit einem Indexwert von je 0,5 und den durchschnittlich höchsten Wert (und damit die höchste Empfindlichkeit bzw. das geringste Anpassungspotential) weisen die Artengruppen Amphibien und Reptilien mit einem Indexwert von 0,7 auf.

Hinsichtlich der „Empfindlichkeit gegenüber einer Erhöhung der Durchschnittstemperatur“ erreichen alle Artengruppen niedrige Werte, da für die meisten Arten keine erhöhte Empfindlichkeit gegenüber diesem Klimaänderungssignal zu erwarten ist. Gegenüber der Zunahme von Wärmeextremen könnten einige Vertreter der Artengruppen Libellen und Tagfalter empfindlich reagieren, während sich bei den Artengruppen Amphibien und Reptilien sowie bei den Heuschrecken keine erhöhte Empfindlichkeit erkennen lässt. Bei den Brutvögeln konnte dieser Parameter aufgrund der unzureichenden Datengrundlage nicht bewertet werden. Im Hinblick auf eine Empfindlichkeit gegenüber der Verkürzung von Kälteperioden und der Zunahme von Winterniederschlägen lagen nur für vereinzelte Arten hinreichende Daten zur Bewertung dieses Parameters vor, so dass hier keine Durchschnittsberechnung und damit kein zwischenartlicher Vergleich möglich ist. Von einer Verringerung der Sommerniederschläge durchschnittlich am stärksten betroffen ist die Artengruppe Amphibien, am wenigsten die Artengruppe Tagfalter. Insgesamt

erreicht dieser Parameter innerhalb der „Klima-Parameter“ bei allen Artengruppen die höchsten Werte. Es ist also davon auszugehen, dass durchschnittlich mehr Arten negativ von einem Rückgang der Sommerniederschläge als von einem Temperaturanstieg betroffen sein werden.

Die Arten des Harzes sind tendenziell etwas empfindlicher gegenüber den temperaturbezogenen Parametern „Erhöhung der Durchschnittstemperatur“ und „Zunahme von Wärmextremen“ als die Arten der Heide. Die Arten der Heide hingegen sind tendenziell stärker gegenüber einer Abnahme der Sommerniederschläge empfindlich (Abb. 5), wobei dies in der getrennten Betrachtung nach Artengruppen nur bedingt zutrifft. Deutliche Unterschiede treten allein bei den Brutvögeln auf, bei denen die Arten der Heide mit einem Indexwert von durchschnittlich 0,5 als deutlich empfindlicher gegenüber einer Abnahme der Sommerniederschläge eingeschätzt werden als die Arten des Harzes mit einem Indexwert von durchschnittlich 0,1.

Der Parameter „Ortstreue / Mobilität“ ist vor allem bei den tendenziell eher weniger mobilen Artengruppen Amphibien und Reptilien, Heuschrecken und einem Teil der Tagfalter im Hinblick auf die Anpassungsfähigkeit an veränderte Umweltbedingungen relevant, während er bei den hochmobilen Artengruppen Brutvögel und einem Teil der Libellen nicht von Bedeutung ist. Diesen Artengruppen fällt es also voraussichtlich leichter, sich Umweltveränderungen durch Wanderung anzupassen. Der Parameter „Habitatamplitude“ erreicht bei allen Artengruppen erhöhte bis hohe Werte. Viele der hier betrachteten Arten sind Habitatspezialisten, was ihre Anpassungsfähigkeit an veränderte Umweltbedingungen einschränken kann.

Im Gegensatz zur „Habitatamplitude“ ist der Parameter „Nahrungsspektrum“ im Allgemeinen bei allen Artengruppen nicht von Bedeutung. Eine Ausnahme bilden die oft auf eine oder wenige Pflanzenarten spezialisierten Tagfalter. Während der Parameter „Besondere Spezialisierung im Lebenszyklus“ bei den Artengruppen Heuschrecken und Tagfalter zu vernachlässigen ist, weisen Libellen, Brutvögel sowie Amphibien und Reptilien erhöhte Indexwerte und damit eine erhöhte Empfindlichkeit auf. Dies liegt zum einen an den obligaten Wanderungen vieler Brutvogel- und Amphibienarten, zum anderen an der langen Entwicklungszeit einiger Libellenarten.

Alle Artengruppen erreichen bei der Empfindlichkeitsanalyse nach Anpassungspotential höhere Werte (und dementsprechend eine höhere Empfindlichkeit) als bei der Empfindlichkeitsanalyse nach Klimaänderungssignalen (vgl. auch Abb. 4).

Eine Analyse der Ergebnisse aus den Empfindlichkeitsanalysen in Abhängigkeit vom Rote-Liste-Status der Arten zeigt, dass es einen signifikant positiven Zusammenhang ($r_s=0,238^{**}$ bzw. $r_s=0,360^{**}$, $p<0,01$) zwischen den Indexwerten Klima bzw. Anpassung und dem Rote-Liste-Status einer Art gibt (Tab. 4). Tendenzuell gilt also: je gefährdeter eine Art bereits heute ist, desto empfindlicher ist sie gegenüber weiteren Umweltveränderungen, auch im Hinblick auf den Kli-

mawandel. Ebenso ist die Höhe der beiden Indexwerte Klima und Anpassung signifikant positiv miteinander korreliert ($r_s=0,469^{**}$, $p<0,01$), d.h. Arten mit hoher Klimaempfindlichkeit verfügen durchschnittlich auch über ein eher geringes Anpassungspotential und Arten mit geringer Klimaempfindlichkeit über ein eher hohes.

Tab. 4: Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman für Indexwerte und Rote-Liste-Status der Arten

	Indexwert Klima	Indexwert Anpassung	Rote Liste Status (1,2,3,V)
Indexwert Klima	-	0,469 ^{**}	0,238 ^{**}
Indexwert Anpassung	0,469 ^{**}	-	0,360 ^{**}
Rote Liste Status (1,2,3,V)	0,238 ^{**}	0,360 ^{**}	-

^{**} $P<0,01$ (Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant)

3.2 Beispiele besonders klimaempfindlicher Arten

Im Folgenden werden je Artengruppe diejenigen Arten vorgestellt, die den höchsten Indexwert in Bezug auf Klimaempfindlichkeit innerhalb ihrer Artengruppe erreichen, d.h. die Arten, die potentiell am empfindlichsten auf Auswirkungen des Klimawandels reagieren (Tab. 5).

Tab.5: Ergebnisse der Empfindlichkeitsanalysen für die am stärksten gegenüber Auswirkungen des Klimawandels empfindlichen Arten je Artengruppe

Art	Vorkommen Harz	Vorkommen Heide	Empfindlichkeitsanalyse nach Klimaänderungssignalen				Empfindlichkeitsanalyse nach Anpassungspotential				Gesamtbewertung	
			Durchschnittstemperatur	Wärmeextreme	Kälteperioden, Winterniederschläge	Sommer-niederschläge	Ortstreue / Mobilität	Habitatamplitude	Nahrungsspektrum	Spezialisierung Lebenszyklus	Indexwert Klima	Indexwert Anpassung
Artengruppe Brutvögel												
Tüpfelsumpfhuhn (<i>Porzana porzana</i>)	-	x	0	?	?	2	0	2	0	1	1,0	0,8
Ringdrossel (<i>Turdus torquatus</i>)	x	-	2	?	?	0	0	2	0	0	1,0	0,5
Bekassine (<i>Gallinago gallinago</i>)	-	x	0	?	?	2	0	1	0	1	1,0	0,5
Uferschnepfe (<i>Limosa limosa</i>)	-	x	0	?	?	2	0	1	0	1	1,0	0,5
Rötschenkel (<i>Tringa totanus</i>)	-	x	0	?	?	2	0	1	0	1	1,0	0,5
Rohrschwirl (<i>Locustella luscinioides</i>)	-	x	0	?	?	2	0	1	0	1	1,0	0,5
Schilfrohrsänger (<i>Acrocephalus schoenobaenus</i>)	-	x	0	?	?	2	0	1	0	1	1,0	0,5
Großer Brachvogel (<i>Numenius arquata</i>)	-	x	0	?	?	2	0	1	0	0	1,0	0,3
Artengruppe Amphibien / Reptilien												
Kreuzotter (<i>Vipera berus</i>)	x	x	0	0	2	1	1	1	0	0	0,8	0,5
Artengruppe Tagfalter												
Hochmoor-Perlmutterfalter (<i>Boloria aquilonaris</i>)	x	x	1	1	?	2	1	2	2	0	1,3	1,3
Hochmoorbläuling (<i>Plebeius optilete</i>)	-	x	1	1	?	2	1	2	1	0	1,3	1,0
Großer Mohrenfalter (<i>Erebia ligea</i>)	x	-	2	1	?	1	0	1	0	0	1,3	0,3
Artengruppe Libellen												
Hochmoor-Mosaikjungfer (<i>Aeshna subarctica elisabethae</i>)	x	x	1	2	?	2	0	2	0	1	1,7	0,8
Alpen-Smaragdlibelle (<i>Somatochlora alpestris</i>)	x	-	2	2	?	1	0	1	0	1	1,7	0,5
Artengruppe Heuschrecken												
Sumpf-Grashüpfer (<i>Chorthippus montanus</i>)	x	x	0	0	?	2	1	2	0	0	0,7	0,8
Sumpfschrecke (<i>Stethophyma grossum</i>)	x	x	0	0	?	2	1	1	0	0	0,7	0,5
Säbel-Dornschröcke (<i>Tetrix subulata</i>)	x	x	0	0	?	2	0	1	0	0	0,7	0,3

- 0: Art ist hinsichtlich der Ausprägung dieses Parameters voraussichtlich nicht empfindlich
- 1: Empfindlichkeit der Art hinsichtlich der Ausprägung dieses Parameters unsicher
- 2: Art ist hinsichtlich der Ausprägung dieses Parameters voraussichtlich empfindlich

Innerhalb der Artengruppe „Brutvögel“ sind die Arten Tüpfelsumpfhuhn *Porzana porzana*, Ringdrossel *Turdus torquatus*, Bekassine *Gallinago gallinago*, Uferschnepfe *Limosa limosa*, Rotschenkel *Tringa totanus*, Rohrschwirl *Locustella luscinioides*, Schilfrohrsänger *Acrocephalus schoenobaenus* und Großer Brachvogel *Numenius arquata* potentiell am empfindlichsten gegenüber Auswirkungen des Klimawandels (Klima-Indexwert 1,0).

Die Ringdrossel ist in Niedersachsen auf Lagen oberhalb 800 m ü. NN im Harz beschränkt (HECKENROTH & LASKE 1997). Die von ihr besiedelten Zwergstrauchheiden der Brockenmatten können natürlicherweise nur dort existieren, wo sie an die klimatischen Bedingungen besser angepasst sind als die sonst vorherrschenden Baumarten (vgl. NIEDERSÄCHSISCHES UMWELTMINISTERIUM & MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ DES LANDES SACHSEN-ANHALT 1992). Ein Anstieg der Durchschnittstemperatur könnte einen Anstieg der Waldgrenze begünstigen (vgl. EEA 2008), was wiederum die Habitatverfügbarkeit für die Ringdrossel einschränken könnte. Während für die potentielle Empfindlichkeit der Ringdrossel also in erster Linie die Temperatur ausschlaggebend ist, ist es bei den anderen Arten der projizierte Rückgang der Sommerniederschläge. Als Brutvögel in Verlandungsvegetation (Rohrschwirl, Schilfrohrsänger), Sumpfbereichen (Tüpfelsumpfhuhn) oder Mooren und Feuchtwiesen (Bekassine, Großer Brachvogel, Uferschnepfe, Rotschenkel) (BAUER et al. 2005a, BAUER et al. 2005b) haben diese Arten sehr hohe Feuchtigkeitsansprüche an ihren Lebensraum und sind dementsprechend empfindlich gegenüber Trockenheit. Gerade Feuchtgebiete und Moore sind nach ZEBISCH et al. (2005) durch abnehmende Sommerniederschläge infolge des Klimawandels besonders bedroht.

Alle genannten Arten sind hochmobil und haben ein eher breites Nahrungsspektrum. Eine Gefährdung hinsichtlich des Anpassungspotentials geht aber von der kleinen bis sehr kleinen Habitattamplitude der Arten aus, die eine Anpassung an veränderte Umweltbedingungen erschwert. Weiterhin trägt das Zugverhalten bei den Mittel- bis Langstreckenziehern unter den betrachteten Arten zu einer Erhöhung der potentiellen Gefährdung bei. Zum einen können Langstreckenzieher schlechter auf Veränderungen in den Brutgebieten reagieren, was möglicherweise zu Diskrepanzen zwischen Brutgeschäft und Nahrungsverfügbarkeit führen kann (VISSER et al. 2004). Zum anderen sind Zugvögel möglicherweise zusätzlich klimawandelbedingten Auswirkungen auf Rast- und Überwinterungsgebiete ausgesetzt (ROBINSON et al. 2009).

Unter den Arten der Artengruppen Amphibien und Reptilien erreicht die Kreuzotter *Vipera berus* mit 0,8 den höchsten Klima-Indexwert. Der Wert leitet sich einerseits aus einer potentiellen Empfindlichkeit der Art gegenüber milden Wintern her, da die Kreuzotter gut an kalte und schneereiche Winter angepasst ist und es bei wärmebedingter Aktivität in den nahrungsarmen Wintermonaten zu Energieverlusten kommen kann (ARBEITSKREIS AMPHIBIEN UND REPTILIEN NORDRHEIN-WESTFALEN 2011). Andererseits stellen Moore mit ihren Grenzbereichen im norddeutschen Tiefland die primären Lebensräume der Kreuzotter dar (GÜNTHER 1996), so dass abneh-

mende Sommerniederschläge sich möglicherweise negativ auf die Lebensräume (vgl. ZEBISCH et al. 2005) und damit die Art auswirken könnten. Erhöhten Durchschnittstemperaturen oder Wärmeextremen gegenüber ist die Art voraussichtlich nicht empfindlich.

Die Kreuzotter ist bezüglich ihres Anpassungspotentials an sich ändernde Umweltbedingungen weniger empfindlich als andere Vertreter ihrer Artengruppe (Durchschnittlicher Anpassungs-Indexwert für Amphibien/Reptilien: 0,7 (Abb. 7); Kreuzotter: 0,5). Sie hat ein eher großes Nahrungsspektrum und weist keine besondere Spezialisierung im Lebenszyklus auf. Gleichzeitig ist sie aber eher mäßig bis wenig mobil (maximal nachgewiesene Dispersionsdistanz 1900m (PRESTT 1971 zit. in SETTELE et al. 1996)) und hat eine eher kleine Habitatamplitude, was ihre Anpassungsfähigkeit negativ beeinflussen könnte.

Bei den Tagfaltern sind die drei Arten *Boloria aquilonaris*, *Plebeius optilete* und *Erebia ligea* mit einem Klima-Indexwert von 1,3 innerhalb ihrer Artengruppe potentiell am empfindlichsten. Alle drei Arten haben in Europa einen boreo-alpinen bzw. montanen Verbreitungsschwerpunkt. *E. ligea* ist darüber hinaus auch in Niedersachsen auf das Berg- und Hügelland beschränkt. Alle drei Arten könnten also durch eine Erhöhung der Durchschnittstemperaturen negativ beeinflusst werden. Grundsätzlich benötigen Tagfalter warme Witterung zum Flug (SETTELE et al. 1999) und profitieren von warmen, trockenen Sommern (POLLARD & YATES 1993). Da SETTELE et al. (1999) den Adulten aller drei Arten aber eine geringe Unempfindlichkeit gegenüber Wärme bescheinigen, könnten sich Wärmeextreme möglicherweise nachteilig auf die Arten auswirken. Als eng an Hochmoore gebundene Arten (EBERT & RENNWALD 1991, SETTELE et al. 1999), könnten *B. aquilonaris* und *P. optilete* negativ von einem Rückgang der Sommerniederschläge betroffen sein (vgl. ZEBISCH et al. 2005). Auch *E. ligea*, die als mesophile Waldart an Waldwegen und Lichtungen feuchter Nadelwälder und Laubmischwälder vorkommt (EBERT & RENNWALD 1991, SETTELE et al. 1999), könnte von Sommertrockenheit negativ betroffen sein, wobei hier die Empfindlichkeit fraglicher ist als bei *B. aquilonaris* und *P. optilete*.

In Bezug auf das Anpassungspotential an sich ändernde Umweltbedingungen sind *B. aquilonaris* mit einem Indexwert von 1,3 und *P. optilete* mit 1,0 als überdurchschnittlich empfindlich anzusehen (Durchschnittlicher Anpassungs-Indexwert für Tagfalter: 0,5 (Abb. 8)). Beide Arten sind standortstreu bis sehr standortstreu (WEIDEMANN 1995, SETTELE et al. 1999) und aufgrund ihrer engen Bindung an Hochmoore als ausgesprochene Habitatspezialisten einzustufen (vgl. EBERT & RENNWALD 1991). Beide Arten haben ein kleines bis sehr kleines Nahrungsspektrum und sind an eine bis wenige Arten als Raupenfutterpflanze gebunden (vgl. EBERT & RENNWALD 1991, WEIDEMANN 1995). Im Gegensatz dazu wird *E. ligea* mit einem niedrigen Anpassungs-Indexwert von 0,3 eingestuft. Sie ist weniger standortstreu (WEIDEMANN 1995, SETTELE et al. 1999) und hat eine etwas weitere Habitatamplitude als die beiden Hochmoorarten. Die Raupen ernähren sich

von verschiedenen Gräsern (WEIDEMANN 1995) und haben somit ein eher breites Nahrungsspektrum.

Die mit 1,7 höchsten Klima-Indexwerte aller untersuchten Arten erreichen die zwei Libellenarten *Aeshna subarctica elisabethae* und *Somatochlora alpestris*.

Beide Arten haben einen europaweit boreo-alpinen bzw. montanen Verbreitungsschwerpunkt (vgl. ASKEW 2004) und könnten daher empfindlich auf eine Erhöhung der Durchschnittstemperaturen reagieren. *S. alpestris* ist darüber hinaus in Niedersachsen lediglich in den Hochlagen des Harzes, oberhalb von 670 m ü. NN zu finden (ALTMÜLLER & CLAUSNITZER 2010). Beide Arten wurden außerdem als empfindlich gegenüber Wärmeextremen eingestuft. Die Imagines von *A. subarctica elisabethae* meiden zu hohe Außentemperaturen, die ein starkes Aufheizen der dunklen Körper bei Sonnenschein bewirken. Hohe Temperaturen im Sommer können zudem zu einer hohen Larvenmortalität führen (STERNBERG & BUCHWALD 2000). Die Imagines von *S. alpestris* verbringen an sehr heißen Tagen die Mittagsstunden abseits der Fortpflanzungshabitate; ein Großteil der Männchen bleibt dann nicht selten den gesamten restlichen Tag den Reproduktionsstätten fern (ebd.). Auch werden anhaltend hohe Temperaturen zumindest von den jungen Larven nicht vertragen (ebd.). Zusätzlich zu zukünftigen Temperaturveränderungen kann sich auch ein Rückgang der Sommerniederschläge potentiell negativ auf beide Arten auswirken, da sie an Moore gebunden sind (vgl. ZEBISCH et al. 2005). Physiologisch scheint *S. alpestris* etwas besser an mögliche sommerliche Trockenperioden angepasst als *A. subarctica elisabethae*. Nach STERNBERG & BUCHWALD (2000) können *S. alpestris*-Larven die vollständige Austrocknung ihrer Gewässer für mehrere Wochen im Torfschlamm vergraben unbeschadet überstehen. Dennoch ist ihre Produktivität in ausdauernden, tiefen Gewässern am höchsten. *A. subarctica elisabethae* ist nach STERNBERG & BUCHWALD (2000) eng an die nassen, niemals trockenfallenden Moorkernbereiche gebunden und sehr anfällig gegenüber jeglichen Eingriffen in den Wasserhaushalt der Moore. Suboptimale Habitate können aber auch über mehrere Wochen trockenfallen, wenn feuchtes Substrat vorhanden ist.

Innerhalb ihrer Artengruppe sind beide Arten hinsichtlich ihres Anpassungspotentials an sich ändernde Umweltbedingungen überdurchschnittlich empfindlich (Durchschnittlicher Anpassungs-Indexwert für Libellen: 0,3 (Abb. 9); *S. alpestris*: 0,5; *A. subarctica elisabethae*: 0,8). Beide Arten sind hochmobil und können Strecken von mehreren Kilometern zurücklegen (vgl. STERNBERG & BUCHWALD 2000). *A. subarctica elisabethae* ist jedoch als Charakterart der Moore ein ausgesprochener Habitatspezialist; die Larven stellen zudem hohe und sehr komplexe Temperaturansprüche an ihren Lebensraum (STERNBERG und BUCHWALD 2000), was sich negativ auf das Anpassungspotential der Art auswirken kann. *S. alpestris* ist ebenfalls eine Moorart, besitzt aber eine etwas weitere Habitatamplitude. Sie ist in den mittleren Gebirgslagen Mitteleuropas recht streng an Hoch- und Übergangsmoore gebunden, besiedelt in den höchsten Lagen

der Mittelgebirge aber ein eher breites Habitatspektrum und ist hier mehr oder weniger eurytop (ebd.). Da Libellenimagines und –larven als polyphage Räuber gelten (STERNBERG & BUCHWALD 1999), stellt das Nahrungsspektrum keine Einschränkung hinsichtlich der Anpassung an sich ändernde Umweltbedingungen dar. Beide Arten benötigen aber eine lange Entwicklungszeit (*A. subarctica elisabethae* 3-4 Jahre, *S. alpestris* 2-4(-5) Jahre) (STERNBERG & BUCHWALD 2000), was angesichts einer sich verändernden Umgebung ein Nachteil im Hinblick auf eine erfolgreiche Anpassung sein kann.

Innerhalb der Artengruppe Heuschrecken sind die Arten *Chorthippus montanus*, *Stethophyma grossum* und *Tetrix subulata* mit einem Klima-Indexwert von jeweils 0,7 potentiell am klimaempfindlichsten. Negative Auswirkungen steigender Temperaturen sind bei diesen Arten nicht zu befürchten. Alle drei sind aber an Nass- und Feuchtwiesen, Röhrichte, Moore und ähnliche Lebensräume gebunden (MAAS et al. 2002), auf die sich ein Rückgang der Sommerniederschläge negativ auswirken kann (vgl. ZEBISCH et al. 2005). Zusätzlich sind die Arten ihrer Physiologie nach hygrophil bis stark hygrophil – die Eier haben meist einen hohen Feuchtigkeitsbedarf bei nur geringer Trockenheitsresistenz (MAAS et al. 2002). Aus diesen Faktoren errechnet sich ein erhöhter, insgesamt jedoch eher noch niedriger Klima-Indexwert von 0,7.

Bei der Empfindlichkeitsanalyse nach Anpassungspotential erreichen die Arten einen Indexwert von 0,3 (*T. subulata*), 0,5 (*S. grossum*) bzw. 0,8 (*C. montanus*) (Durchschnittlicher Anpassungs-Indexwert für Heuschrecken: 0,5 (Abb. 10)). Während *T. subulata* als mobil bis hochmobil gilt (DETZEL 1998, MAAS et al. 2002, REINHARDT et al. 2005), sind *S. grossum* und *C. montanus* eher als mäßig bis wenig mobil einzustufen (ebd.), was eine Anpassung an sich ändernde Umweltbedingungen potentiell erschweren kann. Die Habitatamplitude der Arten ist klein (*T. subulata*, *S. grossum*) bis sehr klein (*C. montanus*) (MAAS et al. 2002), was sich zusätzlich negativ auf das Anpassungspotential auswirken könnte. Hinsichtlich der Parameter „Nahrungsspektrum“ und „Besondere Spezialisierung im Lebenszyklus“ weisen die Arten allerdings keine Besonderheiten auf, die das Anpassungspotential negativ beeinträchtigen könnten.

Insgesamt zeigt sich anhand dieser Beispielarten, die die jeweils klimaempfindlichsten Vertreter ihrer Artengruppe repräsentieren, dass es zwischen den einzelnen Artengruppen große Unterschiede in Bezug auf eine potentielle Klimaempfindlichkeit gibt. Diese Unterschiede fallen erst auf der Betrachtungsebene der einzelnen Art ins Gewicht und werden auf Ebene der gesamten Artengruppe nicht deutlich (vgl. Kap. 3.1).

4 Diskussion

Prognosen über mögliche Folgen des Klimawandels auf die Tierwelt bis zum Ende dieses Jahrhunderts sind mit einer Reihe von Unsicherheiten verbunden. Schon die Komplexität ökologischer Zusammenhänge setzt der Vorhersehbarkeit zukünftiger Veränderungen Grenzen (vgl. WALTHER 2010), zum anderen bergen die Klimaprojektionen selbst Unsicherheiten (vgl. NKGCF 2010).

Weiterhin lagen nicht zu jeder Art ausreichend ökologische und physiologische Grundlagendaten vor. Vor allem die Auswirkung milderer Winter auf eine Art ließ sich aus den vorhandenen Daten in den meisten Fällen nicht herleiten. Auch konnten im Rahmen des Forschungsprojekts nicht alle publizierten Quellen zu einer Art ausgewertet werden, so dass in der Regel auf mehrere zusammenfassende Übersichtswerke zurückgegriffen wurde. So wurde ein Kompromiss gewählt, der ermöglichte, ein möglichst breites Spektrum an Arten bei gleichzeitig hinreichend solider Datengrundlage zu betrachten.

Neben der Datengrundlage bringt auch die gewählte Methode Unsicherheiten mit sich. Eine artengruppenübergreifende Empfindlichkeitsanalyse hat den Vorteil, dass Arten untereinander verglichen werden und so naturschutzfachliche Prioritäten gesetzt werden können. Eine solche Empfindlichkeitsanalyse kann aber nicht für jede Art bzw. Artengruppe alle unter allen Umständen relevanten Wirkmechanismen abdecken. Insofern können die in den Empfindlichkeitsanalysen betrachteten Parameter lediglich als Indikatoren für eine mögliche Empfindlichkeit der Art dienen. Ebenso sind die Ergebnisse eher als Schätzwert oder vorsichtige Prognose zu betrachten.

Trotz der aufgezeigten Unsicherheiten ist es von großer Wichtigkeit, Prognosen über die Auswirkungen des Klimawandels auf Tierarten aufzustellen und darauf aufbauend naturschutzfachliche Anpassungsstrategien zu entwickeln, die diese Unsicherheiten mit einbeziehen. Eine Möglichkeit dafür ist die Implementierung sogenannter No-Regret-Maßnahmen. Als solche sind Maßnahmen zu bezeichnen, die bereits jetzt sinnvoll sind und dies auch in Zukunft bleiben werden, unabhängig vom konkreten Ausmaß des Klimawandels (vgl. WILLOWS & CONNELL 2003). Dem Aufbau von Biotopverbundstrukturen kommt dabei eine sehr hohe Priorität zu (vgl. DE BRUIN et al. 2009 für die Niederlande, REICH et al. 2012 für Mitteleuropa). Die Erhöhung der Konnektivität innerhalb der Landschaft, um Arten Wanderungen zu ermöglichen, ist die häufigste Empfehlung in Bezug auf naturschutzfachliche Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel (HELLER & ZAVALITA 2009). Vor dem Hintergrund des Klimawandels ist diese Maßnahmen besonders für Arten(gruppen) bzw. deren Lebensräume relevant, die eine erhöhte Klimaempfindlichkeit bei gleichzeitig geringer bis mäßiger Mobilität aufweisen. Zur Identifizierung von solchen Arten(gruppen) und ihren Lebensräumen können die Ergebnisse der Empfindlichkeitsanalysen

beitragen. VOS et al. (2008) sehen Feuchtgebiets-Ökosysteme als am dringlichsten auf den Ausbau der Fläche und Dichte von Biotopverbundstrukturen angewiesen an.

Eine weitere häufig genannte Empfehlung in Bezug auf Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel ist die Minimierung anderer Gefährdungsfaktoren wie Habitatfragmentierung, Einflüsse invasiver Arten und Schadstoffeinträge (HELLER & ZAVALITA 2009). Auch diese Vorschläge können als No-Regret-Maßnahmen angesehen werden.

Es ist nur bedingt absehbar, welche Faktoren zukünftig in welcher Kombination zu einer klimawandelbedingten Gefährdung einer Art beitragen werden. Daher sollten für die Festlegung naturschutzfachlicher Prioritäten grundsätzlich zunächst alle potentiell klimaempfindlichen Arten berücksichtigt werden, vor allem, wenn sie darüber hinaus aufgrund eines geringen Anpassungspotentials empfindlich scheinen. Der Blick auf die Empfindlichkeit bezüglich einzelner Parameter kann eine wichtige Hilfestellung dafür sein, wo Maßnahmen des Naturschutzes für einzelne Arten oder Artengruppen ansetzen können. Negative Auswirkungen auf Arten, die potentiell von einem Rückgang der Sommerniederschläge betroffen sind, lassen sich z.B. durch Maßnahmen, die den Wasserhaushalt der Landschaft betreffen, abmildern. Wichtig sind hierbei zunächst der Erhalt und Schutz bestehender Feuchtgebiete sowie die Wiedervernässung von Feuchtwiesen und die Renaturierung von Mooren (vgl. WEIß et al 2011). Zum anderen muss geprüft werden, wie die Winterniederschläge besser in der Landschaft gehalten werden können, so dass der Rückgang der Sommerniederschläge zumindest teilweise durch die erhöhte Niederschlagsmenge im Winter ausgeglichen werden kann. Bereits bestehende Beeinträchtigungen, die den Wasserhaushalt der Landschaft betreffen, werden in Zeiten des Klimawandels vermutlich noch gravierendere Wirkungen entfalten als heute schon. Auch der zukünftig sicherlich verstärkte Bewässerungs-Nutzungsdruck von Seiten der Landwirtschaft muss dabei im Auge behalten werden (vgl. OLESEN & BINDI 2002). Hier sind interdisziplinäre Lösungsansätze gefragt.

Der Fokus der vorliegenden Arbeit liegt auf der Empfindlichkeit von Arten gegenüber Auswirkungen des Klimawandels. Insgesamt ist eine knappe Mehrheit der Arten gegenüber den erwarteten Klimaänderungssignalen voraussichtlich nicht empfindlich. Für diese Arten kann aus naturschutzfachlicher Sicht aber lediglich vor dem Hintergrund des Klimawandels „Entwarnung“ gegeben werden. Derzeitige negative Einflüsse auf Arten z.B. durch Pestizideinträge, Ausräumung der Landschaft, Entwässerung und Zersiedelung werden weiterhin wirksam sein und in Zukunft nicht weniger als heute die Artenvielfalt bedrohen, wenn keine entsprechenden Maßnahmen ergriffen werden.

Die hier angerissenen Vorschläge zur Abmilderung von Auswirkungen des Klimawandels auf Tierarten sind daher aus Naturschutzsicht keine neuen. Die Bestandsrückgänge der letzten Jahrzehnte, z.B. der Brutvögel der Feuchtwiesen, zeigen, dass mögliche Auswirkungen des Kli-

mawandels (in diesem Fall eine erhöhte Sommertrockenheit) bereits heute durch Landnutzungseinflüsse wie Entwässerung und Grünlandumbruch bestehende Gefährdungsfaktoren verstärken können. Die Situation dieser Arten wird wahrscheinlich zukünftig noch brisanter, wenn klimawandelbedingte Auswirkungen als zusätzliche Stressoren neben der Landnutzung offensichtlich werden. Der Klimawandel verschärft also eine ohnehin schon prekäre Situation und verleiht alten Forderungen des Naturschutzes neuen Nachdruck.

Danksagung

Die Studie wurde im Rahmen des Forschungsverbunds KLIFF, „Klimafolgenforschung in Niedersachsen“ (2009-2013), vom Niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur gefördert. Für die Bereitstellung der Verbreitungsdaten aus dem Artkataster danken wir dem NLWKN, insbesondere Herrn Thomas Herrmann.

René Hertwig, Prof. Dr. Rüdiger Prasse und Prof. Dr. Michael Rode (Institut für Umweltplanung) und den Teilnehmern der Expertenbefragung sowie der Workshops im Rahmen des Forschungsprojekts danken wir für wertvolle Hinweise und anregende Diskussionen. Birte Neumann und Rebecca Lauterbach möchten wir für Unterstützung beim Layout und beim Korrekturlesen danken, Dr. Louise von Falkenhayn für das Korrekturlesen der englischen Zusammenfassung.

5 Quellenverzeichnis

- AHOLA, M. P., LAAKSONEN, T., EEVA, T., LEHIKONEN, E., 2007: Climate change can alter competitive relationships between resident and migratory birds. *Journal of Animal Ecology* 76: 1045-1052.
- ALTMÜLLER, R. & H.-J. CLAUSNITZER, 2010: Rote Liste der Libellen Niedersachsens und Bremens - 2. Fassung, Stand 2007. - *Inform.d. Naturschutz Niedersachs* 30, Nr. 4 (4/10): 209-260, Hannover.
- ANHOLT, B. R.; HOTZ, H.; GUEX, G.-D.; SEMLITSCH, R.D., 2003: Overwinter survival of *Rana lessonae* and its hemiclinal associate *Rana esculenta*. In: *Ecology* 84 (2): 391-397.
- ARBEITSKREIS AMPHIBIEN UND REPTILIEN NORDRHEIN-WESTFALEN (Hrsg.), 2011: Handbuch der Amphibien und Reptilien Nordrhein-Westfalens. Bielefeld: Laurenti.
- ASKEW, R. R., 2004: The dragonflies of Europe. 2. Aufl. Colchester, Essex, England: Harley Books.
- BAUER, H.-G., BEZZEL, E., FIEDLER, W., 2005a: Das Kompendium der Vögel Mitteleuropas. Nonpasseriformes. 2. Aufl., Wiebelsheim: Aula-Verlag.
- BAUER, H.-G., BEZZEL, E., FIEDLER, W., 2005b: Das Kompendium der Vögel Mitteleuropas. Passeriformes. 2. Aufl. Wiebelsheim: AULA.
- BEHRENS, M.; FARTMANN, T.; HÖLZEL, N., 2009: Pilotstudie "Klimawandel und Biologische Vielfalt in Nordrhein-Westfalen" - Teil 1. Institut für Landschaftsökologie, Westfälische Wilhelms-Universität Münster.
- BLAB, J. & KUDRNA, O., 1982: Hilfsprogramm für Schmetterlinge. Ökologie und Schutz von Tagfaltern und Widderchen. Greven: Kilda-Verlag.
- BREUER, M. & ALTMÜLLER, R., 1994: Entwurf einer 2. Fassung der Roten Liste der in Niedersachsen gefährdeten Libellen. Unveröffentlichtes Manuskript, Hannover.
- CARTER, D. J. & HARGREAVES, B., 1987: Raupen und Schmetterlinge Europas und ihre Futterpflanzen. Hamburg: Parey.
- CRICK, H. Q. P., SPARKS, T. H., 1999: Climate change related to egg-laying trends. In: *Nature* (399): 423-424.
- DE BRUIN, K.; DELLINK, R. B.; RUIJS, A.; BOLWIDT, L.; VAN BUUREN, A.; GRAVELAND, J.; DE GROOT, R. S.; KUIKMAN, P. J.; REINHARD, S.; ROETTER, R. P.; TASSONE, V. C.; VERHAGEN, A.; VAN

- IERLAND, E. C., 2009. Adapting to climate change in The Netherlands: an inventory of climate adaptation options and ranking of alternatives. In: *Climatic Change* 95: 23–45.
- DETZEL, P., 1998: *Die Heuschrecken Baden-Württembergs*. Stuttgart: Ulmer.
- EBERT, G.; RENNWALD, E., 1991a: *Die Schmetterlinge Baden-Württembergs*. Band 1: Tagfalter I. Stuttgart: Ulmer.
- EBERT, G.; RENNWALD, E., 1991b: *Die Schmetterlinge Baden-Württembergs*. Band 2: Tagfalter II. Stuttgart: Ulmer.
- GASC, J. P.; CABELA, A.; CRNOBRNJA-ISAILOVIC, J.; DOLMEN, D.; GROSSENBACHER, K.; HAFFNER, P.; LESCURE, J.; MARTENS, H.; MARTÍNEZ RICA, J. P.; MAURIN, H.; OLIVEIRA, M. E.; SOFIANIDOU, T.S.; VEITH, M.; ZUIDERWIJK, A. (Hrsg.), 1997. *Atlas of amphibians and reptiles in Europe*. Paris: Collection Patrimoines Naturels, 29, Societas Europaea ca, Muséum National d'Histoire Naturelle & Service du Patrimoine Naturel.
- GLUTZ VON BLOTZHEIM, U. N. (Hrsg.), 1985a: *Handbuch der Vögel Mitteleuropas*. Band 10/I: Passeriformes (Teil 1). Wiesbaden: Aula.
- GLUTZ VON BLOTZHEIM, U. N. (Hrsg.), 1985b: *Handbuch der Vögel Mitteleuropas*. Band 10/II: Passeriformes (Teil 1). Wiesbaden: Aula.
- GLUTZ VON BLOTZHEIM, U. N. (Hrsg.), 1986: *Handbuch der Vögel Mitteleuropas*. Band 7: Charadriiformes (Teil 2). 2. Aufl., Wiesbaden: Aula.
- GLUTZ VON BLOTZHEIM, U. N. (Hrsg.), 1987: *Handbuch der Vögel Mitteleuropas*. Band 1: Gaviiformes – Phoenicopteriformes. 2. Aufl., Wiesbaden: Aula.
- GLUTZ VON BLOTZHEIM, U. N. (Hrsg.), 1988a: *Handbuch der Vögel Mitteleuropas*. Band 11/I: Passeriformes (Teil 2). Wiesbaden: Aula.
- GLUTZ VON BLOTZHEIM, U. N. (Hrsg.), 1988b: *Handbuch der Vögel Mitteleuropas*. Band 11/II: Passeriformes (Teil 2). Wiesbaden: Aula.
- GLUTZ VON BLOTZHEIM, U. N. (Hrsg.), 1989: *Handbuch der Vögel Mitteleuropas*. Band 4: Falconiformes. 2. Aufl., Wiesbaden: Aula.
- GLUTZ VON BLOTZHEIM, U. N. (Hrsg.), 1990: *Handbuch der Vögel Mitteleuropas*. Band 2: Anseriformes (Teil 1). 2. Aufl., Wiesbaden: Aula.

- GLUTZ VON BLOTZHEIM, U. N. (Hrsg.), 1991a: Handbuch der Vögel Mitteleuropas. Band 12/I: Passeriformes (Teil 3). Wiesbaden: Aula.
- GLUTZ VON BLOTZHEIM, U. N. (Hrsg.), 1991b: Handbuch der Vögel Mitteleuropas. Band 12/II: Passeriformes (Teil 3). Wiesbaden: Aula.
- GLUTZ VON BLOTZHEIM, U. N. (Hrsg.), 1993a: Handbuch der Vögel Mitteleuropas. Band 13/I: Passeriformes (Teil 4). Wiesbaden: Aula.
- GLUTZ VON BLOTZHEIM, U. N. (Hrsg.), 1993b: Handbuch der Vögel Mitteleuropas. Band 13/II: Passeriformes (Teil 4). Wiesbaden: Aula.
- GLUTZ VON BLOTZHEIM, U. N. (Hrsg.), 1993c: Handbuch der Vögel Mitteleuropas. Band 13/III: Passeriformes (Teil 4). Wiesbaden: Aula.
- GLUTZ VON BLOTZHEIM, U. N. (Hrsg.), 1994a: Handbuch der Vögel Mitteleuropas. Band 5: Galliformes und Gruiformes. 2. Aufl., Wiesbaden: Aula.
- GLUTZ VON BLOTZHEIM, U. N. (Hrsg.), 1994b: Handbuch der Vögel Mitteleuropas. Band 9: Columbiformes – Piciformes. 2. Aufl., Wiesbaden: Aula.
- GLUTZ VON BLOTZHEIM, U. N. (Hrsg.), 1997a: Handbuch der Vögel Mitteleuropas. Band 14/I: Passeriformes (Teil 5). Wiesbaden: Aula.
- GLUTZ VON BLOTZHEIM, U. N. (Hrsg.), 1997b: Handbuch der Vögel Mitteleuropas. Band 14/II: Passeriformes (Teil 5). Wiesbaden: Aula.
- GLUTZ VON BLOTZHEIM, U. N. (Hrsg.), 1997c: Handbuch der Vögel Mitteleuropas. Band 14/III: Passeriformes (Teil 5). Wiesbaden: Aula.
- GLUTZ VON BLOTZHEIM, U. N. (Hrsg.), 1999a: Handbuch der Vögel Mitteleuropas. Band 6: Charadriiformes (Teil 1). 3. Aufl., Wiesbaden: Aula.
- GLUTZ VON BLOTZHEIM, U. N. (Hrsg.), 1999b: Handbuch der Vögel Mitteleuropas. Band 8/II: Charadriiformes (Teil 3). 2. Aufl., Wiesbaden: Aula.
- GREIN, G., 2005: Rote Liste der in Niedersachsen und Bremen gefährdeten Heuschrecken. 3. Fassung, Stand 01.05.2005. - Inform.d. Naturschutz Niedersachs. 01/05.
- GREIN, G., 2010: Fauna der Heuschrecken (Ensifera & Caelifera) in Niedersachsen - Datenstand 31.10.2008, unter Mitarbeit von A. HOCHKIRCH, K. SCHRÖDER & H.-J. CLAUSNITZER. - Naturschutz Landschaftspfl. Niedersachs. H. 46, 183 S.

- GÜNTHER, R. (Hrsg.), 1996: Die Amphibien und Reptilien Deutschlands. Jena: Gustav Fischer Verlag.
- HECKENROTH, H. & LASKE, V., 1997: Atlas der Brutvögel Niedersachsens 1981 - 1995 und des Landes Bremen. Hannover: Niedersächsisches Landesamt für Ökologie.
- HEIDEMANN, H. & SEIDENBUSCH, R., 2002: Die Libellenlarven Deutschlands. Die Tierwelt Deutschlands 72, Keltern: Goecke & Evers.
- HELLER, N. E. & ZAVALA, E. S., 2009: Biodiversity management in the face of climate change: A review of 22 years of recommendations. In: *Biological Conservation* 142: 14-32.
- HILL, J. K.; THOMAS, C. D.; FOX, R.; TELFER, M. G.; WILLIS, S. G.; ASHER, J.; HUNTLEY, B. (2002): Responses of butterflies to twentieth century climate warming: implications for future ranges. In: *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 269, S. 2163–2171.
- INGRISCH, S. & KÖHLER, G., 1998: Die Heuschrecken Mitteleuropas. Magdeburg: Westarp Wissenschaften.
- JEHLE, R. & SINSCH, U., 2007: Wanderleistung und Orientierung von Amphibien: eine Übersicht. *Zeitschrift für Feldherpetologie* 14: 137-152.
- JIGUET, F.; JULLIARD, R.; THOMAS, C. D.; DEHORTER, O.; NEWSON, S. E.; COUVET, D., 2006: Thermal range predicts bird population resilience to extreme high temperatures. In: *Ecology Letters* 9: 1321–1330.
- KRÜGER, T. & B. OLTMANN, 2007: Rote Liste der in Niedersachsen und Bremen gefährdeten Brutvögel - 7. Fassung, Stand 2007. - *Inform.d. Naturschutz Niedersachs.* 27, Nr. 3 (3/07): 131-175.
- KUDRNA, O.; HARPKE, A.; LUX, K.; PENNERSTORFER, J.; SCHWEIGER, O.; SETTELE, J.; WIEMERS, M., 2011: Distribution atlas of butterflies in Europe. Halle: Gesellschaft für Schmetterlingsschutz.
- KWET, A., 2005: Reptilien und Amphibien Europas. Stuttgart: Kosmos.
- LANDE, R., 1998: Anthropogenic, ecological and genetic factors in extinction. In: MACE, G. M., BALMFORD, A., GINSBERG, J. R. (Hrsg.): *Conservation in a Changing World.* 29-52, Cambridge: Cambridge University Press.
- LEPIDOPTEROLOGEN-ARBEITSGRUPPE, 1988: Tagfalter und ihre Lebensräume. 2. Aufl., Basel: Schweizerischer Bund für Naturschutz.

- LEUSCHNER, C., SCHIPKA, F., 2004: Klimawandel und Naturschutz in Deutschland: Vorstudie. Bonn: Bundesamt für Naturschutz.
- LOBENSTEIN, U., 2004: Rote Liste der in Niedersachsen gefährdeten Großschmetterlinge mit Gesamtartenverzeichnis, 2. Fassung, Stand 1.8.2004. - Inform.d. Naturschutz Niedersachs. 24, Nr. 3 (3/04): 165-196, Hildesheim.
- LOHR, M., 2003: *Crocothemis erythraea* auch in Niedersachsen (Odonata: Libellulidae). - *Libellula* 22 (1/2): 35-39.
- MAAS, S.; DETZEL, P.; STAUDT, A., 2002: Gefährdungsanalyse der Heuschrecken Deutschlands. Verbreitungsatlas, Gefährdungseinstufung und Schutzkonzepte. Bonn - Bad Godesberg: Bundesamt für Naturschutz.
- MCKINNEY, M. L., 1997: Extinction vulnerability and selectivity: combining ecological and paleontological views. *Annual Review of Ecology and Systematics* 28:495–516.
- NIEDERSÄCHSISCHES UMWELTMINISTERIUM (MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN) & MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ DES LANDES SACHSEN-ANHALT, 1992: Nationalparkplanung im Harz: Bestandsaufnahme Naturschutz. Hannover: Niedersächs. Umweltministerium.
- NKGCF (Nationales Komitee für Global Change Forschung), 2010: Regionale Klimamodelle - Potentiale, Grenzen und Perspektiven -. Kiel: German National Committee on Global Change Research.
- NLÖ (NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR ÖKOLOGIE) (Hrsg.),1993: Kartographische Arbeitsgrundlage für faunistische und floristische Erfassungen – Naturschutz Landschaftspfl . Niedersachs. H. A/5.
- NLWKN, 2009: Daten des Artenerfassungsprogramms des NLWKN (Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz) - Tier- und Pflanzenartenschutz - Stand: 19.08.09.
- NORDDEUTSCHES KLIMABÜRO 2010: Norddeutscher Klimaatlas. Stand: 03.08.2010, <http://www.norddeutscher-klimaatlas.de/>.
- OLESEN, J. E. & BINDI, M., 2002: Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. In: *European Journal of Agronomy* 16: 239-262.
- PARMESAN, C. & YOHE, G., 2003: A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. In: *Nature* (421): 37-42.

- PODLOUCKY, R. & C. FISCHER, 1994: Rote Listen der gefährdeten Amphibien und Reptilien in Niedersachsen und Bremen - 3. Fassung, Stand 1994. - Inform.d. Naturschutz Niedersachs. 14, Nr. 4 (4/94): 109-120, Hannover.
- PODLOUCKY, R., 2005: Verbreitung und Bestandssituation der Kreuzotter (*Vipera berus*) in Niedersachsen unter Berücksichtigung von Bremen und dem südlichen Hamburg. In: Inform. D. Naturschutz Niedersachs. 25 (2): 24-31.
- PODLOUCKY, R.; CLAUSNITZER, H.-J.; LAUFER, H.; TEUFERT, S.; VÖLKL, W., 2005: Anzeichen für einen bundesweiten Bestandseinbruch der Kreuzotter (*Viperus berus*) infolge ungünstiger Witterungsabläufe im Herbst und Winter 2002/2003 - Versuch einer Analyse. In: Inform. d. Naturschutz Niedersachs. 25. (2): 32-41.
- POLLARD, E. & YATES, T.J., 1993: Monitoring Butterflies for Ecology and Conservation. London: Chapman & Hall.
- PRESTT, L., 1971: An ecological study of the viper *Vipera berus* in southern Britain. In: Journal of Zoology (164): 373-418.
- PRIMACK, R. B., 1995: Naturschutzbiologie. Heidelberg: Spektrum.
- READING, C. J., 2007: Linking global warming to amphibian declines through its effects on female body condition and survivorship. In: Oecologia 151: 125-131.
- REICH, M.; RÜTER, S.; PRASSE, R.; MATTHIES, S.; WIX, N.; ULLRICH, K., 2012: Biotopverbund als Anpassungsstrategie für den Klimawandel? Naturschutz und Biologische Vielfalt 122, Bonn-Bad Godesberg.
- REINHARDT, K.; KÖHLER, G.; MAAS, S.; DETZEL, P., 2005: Low dispersal ability and habitat specificity promote extinctions in rare but not in widespread species: the Orthoptera of Germany. In: Ecography 28 (5), S. 593–602.
- REINHARDT, R.; SBIESCHNE, H.; SETTELE, J.; FISCHER, U.; FIEDLER, G., 2007: Tagfalter von Sachsen. In: Klausnitzer, B. & Reinhardt, R. (Hrsg.): Beiträge zur Insektenfauna Sachsens Band 6. Dresden: Entomologische Nachrichten und Berichte, Beiheft 11.
- ROBINSON, A.; CRICK, H. Q. P.; LEARMONTH, J. A.; MACLEAN, I. M. D.; THOMAS, C. D.; BAIRLEIN, F.; FORCHHAMMER, M. C.; FRANCIS, C. M.; GILL, J. A.; GODLEY, B. J.; HARWOOD, J.; HAYS, G. C.; HUNTLEY, B.; HUTSON, A. M.; PIERCE, G. J.; REHFISCH, M. M.; SIMS, D. W.; VIEIRA DOS SANTOS, M. C.; SPARKS, T. H.; STROUD, D.; VISSER, M. E., 2009: Travelling through a

warming world: climate change and migratory species. In: *Endangered Species Research* 7: 87-99.

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. In: *Nature* (421): 57-60.

SCHLUMPRECHT, H., BITTNER, T., JAENTSCH, A., JENTSCH, A., REINEKING, B., BEIERKUHNLEIN, C., 2010: Gefährdungsdiskposition von FFH-Tierarten Deutschlands angesichts des Klimawandels - eine vergleichende Sensitivitätsanalyse. *Natur und Landschaft* 42 (10): 293-303.

SETTELE, J.; HENKLE, K.; BENDER, C., 1996: Metapopulation und Biotopverbund: Theorie und Praxis am Beispiel von Tagfaltern und Reptilien. In: *Z. Ökologie u. Naturschutz* 5 (1996): 187-206.

SETTELE, J.; FELDMANN, R.; REINHARDT, R., 1999: *Die Tagfalter Deutschlands*. Stuttgart: Ulmer.

SETTELE, J.; KUDRNA, O.; HARPKE, A.; KÜHN, I.; VAN SWAAY, C. et al., 2008. *Climatic Risk Atlas of European Butterflies*. Moscow: Pensoft.

STERNBERG, K.; BUCHWALD, R., 1999: *Die Libellen Baden-Württembergs*. Band 1: Allgemeiner Teil, Kleinlibellen (Zygoptera). Stuttgart: Eugen Ulmer.

STERNBERG, K.; BUCHWALD, R., 2000: *Die Libellen Baden-Württembergs*. Band 2: Großlibellen (Anisoptera), Literatur. Stuttgart: Eugen Ulmer.

STETTNER, C., 1995: Ausbreitungsverhalten und Habitatansprüche von Fließgewässer-Libellen. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 27 (2): 52-60.

VAN DER BERG, A.; HAVEMAN, R.; HORNEMANN, M., 2000: De kleine Wrattenbijter *Gampsocleis Glabra* herontdekt in Nederland (Orthoptera: Tettigoniidae). In: *Nederlandse faunistische Medelingen II* (2000).

VAN SWAAY, C.; WARREN, M.; LOÏS, G., 2006: Biotope Use and Trends of European Butterflies. In: *J Insect Conserv* 10 (2): 189-209.

VISSER, M. E.; BOTH, C.; LAMBRECHTS, M. M., 2004: Global Climate Change Leads to Mistimed Avian Reproduction. In: MØLLER, A. P. (Hrsg.): *Birds and climate change*. 89-110, Amsterdam: Elsevier.

- VOS, C. C.; BERRY, P.; OPDAM, P.; BAVECO, H.; NIJHOF, B.; O'HANLEY, J.; BELL, C.; KUIPERS, H., 2008: Adapting landscapes to climate change: examples of climate-proof ecosystem networks and priority adaptation zones. In: *Journal of Applied Ecology* 45: 1722–1731.
- WALTHER, G-R., 2010: Community and ecosystem responses to recent climate change. In: *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 365: 2019-2024.
- WEIDEMANN, H.-J., 1995: Tagfalter. (alle heimischen Arten, Alpenarten als Auswahl). *Biologie, Ökologie, Biotopschutz mit einer Einführung in die Vegetationskunde*. Augsburg: Naturbuch Verlag.
- WEIß, C.; REICH, M.; RODE, M., 2011: Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf das Netzwerk Natura 2000 in der Metropolregion Hannover – Braunschweig – Göttingen – Wolfsburg und Konsequenzen für den Naturschutz. In: *Geoberichte* 18, LBEG Hannover, 103-116.
- WILLOWS, R. & CONNELL, R. (Hrsg.), 2003: *Climate Adaptation: Risk, Uncertainty and Decision-Making*, UKCIP Technical Report (UK Climate Impacts Programme, Oxford).
- ZEBISCH, M., GROTHMANN, T., SCHRÖTER, D., HASSE, C., FRITSCH, U., CRAMER, W., 2005: *Klimawandel in Deutschland*. Dessau: Umweltbundesamt.

Anhang

In den nachfolgenden Tabellen werden die Ergebnisse der Empfindlichkeitsanalysen getrennt nach Artengruppen dargestellt.

RL: Gefährdungseinstufung nach PODLOUCKY & FISCHER (1994), LOBENSTEIN (2004), GREIN (2005), KRÜGER & OLTMANN (2007) und ALTMÜLLER & CLAUSNITZER (2010):

- 1: Vom Aussterben/Erlöschen bedroht
- 2: Stark gefährdet
- 3: Gefährdet
- G: Gefährdung unbekanntes Ausmaßes
- R: Extrem selten
- V: Vorwarnliste

BArtSchV: Schutzstatus nach Bundesartenschutzverordnung vom 16. Februar 2005

- §§: streng geschützte Art
- §: besonders geschützte Art

FFH: Status nach Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen (*Amphibien, Reptilien, Heuschrecken, Tagfalter, Libellen*)

- II: Art ist im Anhang II aufgeführt (Tier- und Pflanzenarten von gemeinschaftlichem Interesse, für deren Erhaltung besondere Schutzgebiete ausgewiesen werden müssen)
- IV: Art ist im Anhang IV aufgeführt (Streng zu schützende Tier- und Pflanzenarten von gemeinschaftlichem Interesse)

VSchRL: Status nach Richtlinie 2009/147/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. November 2009 über die Erhaltung der wildlebenden Vogelarten (*Brutvögel*)

- I: Art ist im Anhang I aufgeführt (Auf die in Anhang I aufgeführten Arten sind besondere Schutzmaßnahmen hinsichtlich ihrer Lebensräume anzuwenden, um ihr Überleben und ihre Vermehrung in ihrem Verbreitungsgebiet sicherzustellen)

Vorkommen Harz/ Heide:

Vorkommen in den naturräumlichen Regionen Harz bzw. Lüneburger Heide und Wendland (Abgrenzung nach NLÖ 1993)

- für Amphibien, Reptilien, Tagfalter, Heuschrecken und Libellen im Zeitraum 1980-2009 nach Daten des NLWKN - Tier- und Pflanzenartenschutz - Stand: 19.08.09;
- für Brutvögel im Zeitraum 1981-1995 nach Auswertung von HECKENROTH & LASKE (1997): Atlas der Brutvögel Niedersachsens 1981-1995. - Naturschutz und Landespflege in Niedersachsen 37
 - 0: Art kommt nicht vor
 - 1: Art kommt vor

Jahr Harz / Heide: letztes Fundjahr in der naturräumlichen Region nach Daten des NLWKN -Tier- und Pflanzenartenschutz - Stand: 19.08.09 (*entfällt für Brutvögel*)

- k.V.: kein registriertes Vorkommen

Empfindlichkeitsanalysen: Bewertung der Einstufungen:

(für Details siehe Tabelle 3)

- 0: Art ist hinsichtlich der Ausprägung dieses Parameters voraussichtlich nicht empfindlich
- 1: Art ist hinsichtlich der Ausprägung dieses Parameters möglicherweise empfindlich
- 2: Art ist hinsichtlich der Ausprägung dieses Parameters voraussichtlich empfindlich
- ?: Aufgrund der unzureichenden Datenlage ist keine Einstufung möglich

Empfindlichkeitsanalyse nach Klimaänderungssignalen

(für Details siehe Tabelle 3)

Durchschnittstemperatur:

Empfindlichkeit gegenüber einer Erhöhung der Durchschnittstemperatur
(Parameter: Zonale /altitudinale Verbreitung)

Wärmeextreme:

Empfindlichkeit gegenüber der Zunahme von Wärmeextremen
(Parameter: Empfindlichkeit gegenüber Hitze)

Kälteperioden, Winterniederschläge

Empfindlichkeit gegenüber der Verkürzung von Kälteperioden und der Zunahme von Winterniederschlägen
(Parameter: Empfindlichkeit gegenüber milden [warmen, feuchten] Wintern)

Sommerniederschläge

Empfindlichkeit gegenüber einer Abnahme der Sommerniederschläge
(Parameter: Feuchteanspruch [Lebensraum, Physiologie])

Empfindlichkeitsanalyse nach Anpassungspotential

(für Details siehe Tabelle 3)

Empfindlichkeit aufgrund der Fähigkeit zur Anpassung an sich ändernde Umweltbedingungen aufgrund der Parameter:

- Ortstreue / Mobilität
- Habitatamplitude
- Nahrungsspektrum
- Besondere Spezialisierung im Lebenszyklus (Spezialisierung Lebenszyklus)

Gesamtbewertung

Indexwert Klima: Indexwert zur Anzeige der Empfindlichkeit nach Klimaänderungssignalen

Indexwert Anpassung: Indexwert zur Anzeige der Empfindlichkeit nach Anpassungspotential

Je höher der erreichte Indexwert ist, als desto größer ist die Empfindlichkeit der Art einzustufen.

Tab. A1: Ergebnisse der Empfindlichkeitsanalyse: Brutvögel

Allgemeine Angaben		Gefährdung/ Schutzstatus				Vorkommen		Empfindlichkeitsanalyse nach Klimaveränderungssignalen				Empfindlichkeitsanalyse nach Anpassungspotential				Gesamt-bewertung	
		RL	BArtSchV	VSchRL		Harz	Heide										
Artnamen (deutsch)	Artnamen (wiss.)							Durchschnitts-temperatur	Wärmeextreme	Kälteperioden, Winterniederschläge	Sommer-niederschläge	Ortstreue / Mobilität	Habitatamplitude	Nahrungsspektrum	Spezialisierung Lebenszyklus	Indexwert Klima	Indexwert Anpassung
Rohrdommel	<i>Botaurus stellaris</i>	1	§§	I	0	1	0	2	?	0	2	0	2	0	0	0,7	0,5
Knäkente	<i>Anas querquedula</i>	1			0	1	0	1	0	?	1	0	1	0	1	0,3	0,5
Haselhuhn	<i>Tetrastes bonasia</i>	1		I	1	0	0	0	0	?	0	1	2	1	0	0,7	1,0
Birkhuhn	<i>Tetrao tetrix</i>	1	§§	I	0	1	0	?	0	?	?	1	2	1	0	0,5	1,0
Auerhuhn	<i>Tetrao urogallus</i>	1	§§	I	1	0	0	0	0	?	0	1	2	1	0	0,7	1,0
Tüpfelsumpfhuhn	<i>Porzana porzana</i>	1	§§	I	0	1	0	2	?	?	2	0	2	0	1	1,0	0,8
Flussuferläufer	<i>Actitis hypoleucos</i>	1	§§		0	1	0	0	?	?	0	0	1	0	1	0,0	0,5
Steinkauz	<i>Athene noctua</i>	1			0	1	0	0	?	0	0	0	1	0	0	0,0	0,3
Sumpfhöhreule	<i>Asio flammeus</i>	1		I	0	1	0	1	?	?	1	0	1	0	0	0,5	0,3
Wendehals	<i>Jynx torquilla</i>	1	§§		1	1	1	0	0	?	0	0	1	0	1	0,0	0,5
Grauspecht	<i>Picus canus</i>	1	§§	I	1	0	0	1	?	0	0	0	1	0	0	0,3	0,3
Haublerleche	<i>Galerida cristata</i>	1	§§		0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,0	0,3
Brachpieper	<i>Anthus campestris</i>	1	§§	I	0	1	0	0	0	?	0	0	2	0	1	0,0	0,8
Steinschmätzer	<i>Oenanthe oenanthe</i>	1			1	1	1	0	?	?	0	0	1	0	1	0,0	0,5
Ringdrossel	<i>Turdus torquatus</i>	1			1	0	0	2	?	?	0	0	2	0	0	1,0	0,5
Drosselrohrsänger	<i>Acrocephalus arundinaceus</i>	1	§§		0	1	0	0	0	?	1	0	2	0	1	0,3	0,8
Raubwürger	<i>Lanius excubitor</i>	1	§§		1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0,0	0,3
Ortolan	<i>Emberiza hortulana</i>	1	§§	I	0	1	0	0	0	?	0	0	1	0	1	0,0	0,5
Graumammer	<i>Miliaria calandra</i>	1			0	1	0	0	?	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0
Schwarzstorch	<i>Ciconia nigra</i>	2		I	1	1	1	0	?	?	1	0	2	0	1	0,5	0,8
Weißstorch	<i>Ciconia ciconia</i>	2	§§	I	0	1	0	0	?	?	1	0	1	0	1	0,5	0,5
Löffelente	<i>Anas clypeata</i>	2			0	1	0	0	?	?	1	0	1	0	1	0,5	0,5
Rotmilan	<i>Milvus milvus</i>	2		I	1	1	1	0	?	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0
Kornweihe	<i>Circus cyaneus</i>	2		I	0	1	0	0	?	0	1	0	1	0	0	0,3	0,3
Wiesenweihe	<i>Circus pygargus</i>	2		I	0	1	0	0	?	?	1	0	1	0	1	0,5	0,5
Wandfalke	<i>Falco peregrinus</i>	2		I	1	0	0	0	?	?	0	0	0	0	0	0,0	0,0
Wachtelkönig	<i>Crex crex</i>	2	§§	I	0	1	0	0	?	?	1	0	1	0	1	0,5	0,5
Bekassine	<i>Gallinago gallinago</i>	2	§§		0	1	0	0	?	?	2	0	1	0	1	1,0	0,5
Uferschnepfe	<i>Limosa limosa</i>	2	§§		0	1	0	0	?	?	2	0	1	0	1	1,0	0,5

Grunddaten		Empfindlichkeitsanalyse nach Klimaänderungssignalen				Empfindlichkeitsanalyse nach Anpassungspotential				Gesamt-bewertung	
Allgemeine Angaben		Gefährdung/ Schutzstatus		Vorkommen		Ortstreue / Mobilität	Habitatamplitude	Nahrungsspektrum	Spezialisierung Lebenszyklus	Indexwert Klima	Indexwert Anpassung
Artnamen (deutsch)	Artnamen (wiss.)	RL	BArtSchV	VSchRL	Harz						
Großer Brachvogel	Numenius arquata	2	§		0	1	0	0	0	1,0	0,3
Rotschenkel	Tringa totanus	2	§§		0	1	0	0	1	1,0	0,5
Trauerseeschwalbe	Chlidonias niger	2	§§	I	0	1	0	0	1	0,5	0,5
Braunkehlen	Saxicola rubetra	2			1	1	0	0	1	0,5	0,5
Zwergtaucher	Tachybaptus ruficollis	3			1	1	0	0	0	0,0	0,0
Rothalstauer	Podiceps griseogen	3	§§		0	1	0	0	0	?	0,0
Krickente	Anas crecca	3			1	1	0	0	0	0,5	0,0
Wespenbussard	Pernis apivorus	3		I	1	1	0	0	0	0,0	0,5
Rohrweihe	Circus aeruginosus	3		I	1	1	0	0	1	0,5	0,5
Baumfalke	Falco subbuteo	3			1	1	0	0	1	0,0	0,3
Rebhuhn	Perdix perdix	3		I	1	1	0	0	0	0,0	0,3
Wachtel	Coturnix coturnix	3			0	1	0	0	0	0,0	0,3
Wasserralle	Rallus aquaticus	3			0	1	0	0	0	0,7	0,3
Flussregenpfeifer	Charadrius dubius	3	§§		1	1	0	0	1	0,0	0,5
Sandregenpfeifer	Charadrius hiaticula	3	§§		0	1	0	0	0	0,5	0,3
Kiebitz	Vanellus vanellus	3	§§		0	1	0	0	0	0,3	0,3
Turteltaube	Streptopelia turtur	3			1	1	0	0	1	0,0	0,3
Kuckuck	Cuculus canorus	3			1	1	0	0	0	0,0	0,5
Uhu	Bubo bubo	3		I	1	0	0	0	0	0,0	0,3
Waldohreule	Asio otus	3			1	1	0	0	0	0,0	0,0
Ziegenmelker	Caprimulgus europaeus	3	§§	I	0	1	0	0	1	0,0	0,5
Eisvogel	Alcedo atthis	3	§§	I	1	1	0	0	0	0,0	0,3
Grünspecht	Picus viridis	3	§§		0	1	0	0	0	0,0	0,3
Kleinspecht	Dryobates minor	3			1	1	0	0	0	0,0	0,0
Heidelerche	Lullula arborea	3	§§	I	0	1	0	0	0	0,0	0,3
Feldlerche	Alauda arvensis	3			1	1	0	0	0	0,0	0,0
Rauchschwalbe	Hirundo rustica	3			1	1	0	0	0	0,0	0,3
Wiesenpieper	Anthus pratensis	3			1	1	0	0	0	0,5	0,3
Nachtigall	Luscinia megarhynchos	3			1	1	0	0	0	0,0	0,3

Grunddaten			Empfindlichkeitsanalyse nach Klimaänderungssignalen				Empfindlichkeitsanalyse nach Anpassungspotential				Gesamt-bewertung				
Allgemeine Angaben		Artnamen (wiss.)	Gefährdung/ Schutzstatus		Vorkommen		Durchschnitts-temperatur	Wärmeextreme	Kälteperioden, Winterniederschläge	Sommer-niederschläge	Habitatamplitude	Nahrungsspektrum	Spezialisierung Lebenszyklus	Indexwert Klima	Indexwert Anpassung
Artnamen (deutsch)			RL	BArtSchV	VSchRL	Harz	Heide								
Gartenrotschwanz		Phoenicurus phoenicurus	3			1	1	?	?	0	0	0	1	0,0	0,3
Feldschwirl		Locustella naevia	3			1	1	?	?	0	0	0	1	0,0	0,3
Rohrschwirl		Locustella luscinioides	3	\$\$		0	1	?	?	2	0	1	1	1,0	0,5
Schilfrohsänger		Acrocephalus schoenobaenus	3	\$\$		0	1	?	?	2	0	1	1	1,0	0,5
Sperbergrasmücke		Sylvia nisoria	3	\$\$	I	0	1	?	?	0	0	0	1	0,0	0,3
Pirol		Oriolus oriolus	3			1	1	?	?	0	0	0	1	0,0	0,3
Neuntöter		Lanius collurio	3		I	1	1	?	?	0	0	1	1	0,0	0,5
Haubentaucher		Podiceps cristatus	V			1	1	?	?	0	0	0	0	0,0	0,0
Turmfalke		Falco tinnunculus	V			1	1	?	?	0	0	0	0	0,0	0,0
Teichhuhn		Gallinula chloropus	V	\$\$		1	1	?	?	0	0	0	0	0,3	0,0
Waldschnefpe		Scolopax rusticola	V			1	1	?	?	0	0	0	0	0,0	0,0
Waldkauz		Strix aluco	V			1	1	?	?	0	0	0	0	0,0	0,0
Uferschwalbe		Riparia riparia	V	\$\$		0	1	?	?	0	0	1	1	0,0	0,5
Mehlschwalbe		Delichon urbicum	V			1	1	?	?	0	0	0	1	0,0	0,3
Baumpfeper		Anthus trivialis	V			1	1	?	?	0	0	0	1	0,0	0,3
Teichrohrsänger		Acrocephalus scirpaceus	V			1	1	?	?	1	0	1	1	0,5	0,5
Waldlaubsänger		Phylloscopus sibilatrix	V			1	1	?	?	0	0	0	1	0,0	0,3
Grauschmätzer		Muscicapa striata	V			1	1	?	?	0	0	0	1	0,0	0,3
Trauerschnäpper		Ficedula hypoleuca	V			1	1	?	?	0	0	0	1	0,0	0,3
Star		Sturnus vulgaris	V			1	1	?	?	0	0	0	0	0,0	0,0
Hausperling		Passer domesticus	V			1	1	?	?	0	0	0	0	0,0	0,0
Feldsperling		Passer montanus	V			1	1	?	?	0	0	0	0	0,0	0,0
Girfitz		Serinus serinus	V			1	1	?	?	0	0	0	0	0,0	0,0
Bluthänfling		Carduelis cannabina	V			1	1	?	?	0	0	0	0	0,0	0,0
Bienenfresser		Merops apiaster	R	\$\$		0	1	?	?	0	0	1	0	0,0	0,5
Zwergschnäpper		Ficedula parva	R	\$\$	I	0	1	?	?	0	0	1	1	0,0	0,5

Tab. A3: Ergebnisse der Empfindlichkeitsanalyse: Heuschrecken

Allgemeine Angaben		Grunddaten				Empfindlichkeitsanalyse nach Klimänderungssignalen				Empfindlichkeitsanalyse nach Anpassungspotential				Gesamtbewertung				
		Gefährdung/ Schutzstatus		Vorkommen		Durchschnittstemperatur	Wärmeextreme	Kälteperioden, Winterniederschläge	Sommer-niederschläge	Ortstreue / Mobilität	Habitatamplitude	Nahrungsspektrum	Spezialisierung Lebenszyklus	Indexwert Klima	Indexwert Anpassung			
Artname (deutsch)	Artname (wiss.)	RL	BArtSchV	FFH	Harz	Heide	Jahr Harz	Jahr Heide	0	0	?	?	0	0	0	0	0	0
Heideschrecke	Gampsocleis glabra	1	§§		0	1	k.V.	2007	0	0	?	?	0	1	2	0	0	0,8
Feldgrille	Gryllus campestris	1			0	1	1949	2009	0	0	?	?	0	1	1	0	0	0,8
Maulwurfsgrille, Werre	Gryllotalpa gryllotalpa	1			0	1	1870	2006	0	0	?	?	1	1	1	0	0	0,5
Blaufüßige Sandschrecke	Sphingonotus caeruleans	1	§		1	1	1999	2008	0	0	?	?	0	0	2	0	0	0,5
Gestreifte Zartschrecke	Leptophyes albovitata	2			0	1	k.V.	2008	0	0	?	?	0	0	0	0	0	0,0
Plumpschrecke	Isophya kraussii	2			1	0	2006	k.V.	1	0	?	?	0	2	1	0	0	0,3
Westliche Beißschrecke	Platycleis albopunctata	2			0	1	k.V.	2008	0	0	?	?	0	0	1	0	0	0,3
Warzenbeißer	Decticus verrucivorus	2			1	1	2006	2009	0	0	?	?	1	1	1	0	0	0,5
Westliche Dornschrecke	Tetrix ceperoi	2			1	0	2004	k.V.	0	0	?	?	1	0	1	0	0	0,3
Zweipunkt-Dornschrecke	Tetrix bipunctata	2			1	1	1986	2002	1	0	?	?	0	1	2	0	0	0,8
Blaufüßige Ödlandschrecke	Oedipoda caerulescens	2	§		1	1	2008	2008	0	0	?	?	0	0	2	0	0	0,5
Kleiner Heidegrashüpfer	Stenobothrus stigmaticus	2			1	1	2001	2008	0	0	?	?	0	2	2	0	0	1,0
Buntbäuchiger Grashüpfer	Omocestus rufipes	2			0	1	k.V.	2008	0	0	?	?	0	0	1	0	0	0,3
Rotleibiger Grashüpfer	Omocestus haemorrhoidalis	2			1	1	1997	2008	0	0	?	?	0	0	2	0	0	0,5
Steppen-Grashüpfer	Chorthippus vagans	2			0	1	k.V.	2007	0	0	?	?	0	0	2	0	0	0,5
Rote Keulenschrecke	Gomphocerippus rufus	2			1	0	2008	k.V.	1	0	?	?	0	0	1	0	0	0,3
Laubholz-Säbelschrecke	Barbitistes serricauda	3			0	1	1930	2004	1	0	?	?	0	2	1	0	0	0,8
Ameisengrille	Myrmecophilus acervorum	3			1	0	1995	1909	1	?	?	?	?	2	1	0	1	1,0
Säbel-Dornschrecke	Tetrix subulata	3			1	1	2006	2008	0	0	?	?	2	0	1	0	0	0,3
Langfühler-Dornschrecke	Tetrix tenuicornis	3			0	1	k.V.	2000	1	0	?	?	0	0	2	0	0	0,5
Sumpfschrecke	Stethophyma grossum	3			1	1	2008	2008	0	0	?	?	2	1	1	0	0	0,7
Heidegrashüpfer	Stenobothrus lineatus	3			1	1	2008	2008	0	0	?	?	0	1	1	0	0	0,5
Wiesen-Grashüpfer	Chorthippus dorsatus	3			1	1	2008	2008	0	0	?	?	1	0	1	0	0	0,3
Sumpff-Grashüpfer	Chorthippus montanus	3			1	1	2006	2008	0	0	?	?	2	1	2	0	0	0,8
Waldgrille	Nemobius sylvestris	V			1	0	2006	k.V.	1	0	?	?	0	2	1	0	0	0,8
Verkannter Grashüpfer	Chorthippus mollis	V			0	1	k.V.	2008	0	0	?	?	0	0	1	0	0	0,3

Tab. A4: Ergebnisse der Empfindlichkeitsanalyse: Tagfalter

Allgemeine Angaben		Gefährdung/ Schutzstatus				Vorkommen				Grunddaten				Empfindlichkeitsanalyse nach Klimaänderungssignalen				Empfindlichkeitsanalyse nach Anpassungspotential				Gesamt-bewertung	
		RL	BArtSchV	FFH	Artnamen	Harz	Heide	Jahr Harz	Jahr Heide	Artnamen (deutsch)	Artnamen (wiss.)	RL	BArtSchV	FFH	Artnamen	Ortstreue / Mobilität	Habitatamplitude	Nahrungsspektrum	Spezialisierung Lebenszyklus	Indexwert Klima	Indexwert Anpassung		
Malven-Würfelfalter	1	§			0	1	k.V.	2005	Carcharodus alceae	Artnamen (wiss.)	1	§			0	0	0	0	0,0	0,0			
Sonnenschen-Würfelfalter	1	§			0	1	1934	2004	Pyrgus alveus	Artnamen (wiss.)	1	§			0	1	2	0	0,0	0,8			
Gold-Dickkopffalter	1				0	1	k.V.	2007	Carterocephalus silvicolus	Artnamen (wiss.)	1				2	1	0	0	1,0	0,8			
Violetter Feuerfalter	1	§			0	1	k.V.	2006	Lycaena alciphron	Artnamen (wiss.)	1	§			0	1	1	0	0,0	0,5			
Kleiner Ampferfeuerfalter	1	§			1	1	2006	2007	Lycaena hippothoe	Artnamen (wiss.)	1	§			1	1	2	0	0,7	1,0			
Ulmenzipfelfalter	1				1	1	1986	2007	Satyrium w-album	Artnamen (wiss.)	1				2	1	1	0	0,3	1,0			
Schwarzfleckiger Bläuling	1		IV		1	0	1982	1963	Maculinea arion	Artnamen (wiss.)	1				2	1	2	1	0,3	1,5			
Lungenrenziabläuling	1	§			0	1	k.V.	2006	Maculinea alcon	Artnamen (wiss.)	1	§			2	2	2	1	0,7	1,8			
Heidewiesenbläuling	1	§			1	1	1984	2004	Plebeus idas	Artnamen (wiss.)	1	§			1	0	0	0	0,0	0,3			
Hochmoorbläuling	1	§			0	1	k.V.	2006	Plebeus optilete	Artnamen (wiss.)	1	§			1	2	1	0	1,3	1,0			
Großer Sonnenröschenbläuling	1				1	0	2004	k.V.	Aricia artaxerxes	Artnamen (wiss.)	1				1	1	2	0	1,0	1,0			
Märzveilchen-Perlmutterfalter	1	§			1	1	2006	1982	Argynnis adippe	Artnamen (wiss.)	1	§			0	0	1	0	0,0	0,3			
Mittlerer Perlmutterfalter	1	§			0	1	1951	2004	Argynnis niobe	Artnamen (wiss.)	1	§			1	0	1	0	0,0	0,5			
Feuchtwiesen-Perlmutterfalter	1	§			1	1	2008	2008	Brenthis ino	Artnamen (wiss.)	1	§			2	2	0	0	1,0	1,0			
Veilchen-Perlmutterfalter	1	§			1	1	1997	1999	Boloria euphrosyne	Artnamen (wiss.)	1	§			1	0	1	0	0,0	0,5			
Magerrasen-Perlmutterfalter	1	§			1	1	2006	2007	Boloria dia	Artnamen (wiss.)	1	§			0	0	1	0	0,0	0,3			
Hochmoor-Perlmutterfalter	1	§			1	1	2008	2006	Boloria aquilonaris	Artnamen (wiss.)	1	§			1	2	2	0	1,3	1,3			
Großer Fuchs	1	§			1	1	2001	2007	Nymphalis polychloros	Artnamen (wiss.)	1	§			0	0	0	0	0,0	0,0			
Skabiosen-Scheckenfalter	1	§	II		1	1	1983	1977	Euphydryas aurinia	Artnamen (wiss.)	1	§			2	1	0	0	0,3	0,8			
Wegerich-Scheckenfalter	1				0	1	1976	2007	Melitaea cinxia	Artnamen (wiss.)	1				2	1	0	0	0,0	0,8			
Wachstweizen-Scheckenfalter	1				1	1	2008	2007	Melitaea athalia	Artnamen (wiss.)	1				1	0	0	0	0,0	0,3			
Großer Eisvogel	1	§			1	1	2006	2006	Limenitis populi	Artnamen (wiss.)	1	§			1	1	1	0	0,3	0,8			
Kleiner Schillerfalter	1	§			0	1	1926	2008	Apatura ilia	Artnamen (wiss.)	1	§			0	1	0	0	0,0	0,3			
Braunauge	1				1	0	2008	1949	Lasiommata maera	Artnamen (wiss.)	1				1	0	0	0	0,3	0,3			
Kleines Ochsenauge	1				0	1	k.V.	2006	Hyponephele lycaon	Artnamen (wiss.)	1				0	0	0	0	0,0	0,0			
Rundaugen-Möhrenfalter	1	§			1	0	2008	1949	Erebia medusa	Artnamen (wiss.)	1	§			1	0	0	0	0,3	0,3			
Kleiner Waldportier	1	§§			0	1	k.V.	2004	Hipparchia alcyone	Artnamen (wiss.)	1	§§			1	1	0	0	0,0	0,5			
Eisenfarbiger Samtfalter	1	§§			0	1	k.V.	2005	Hipparchia statilinus	Artnamen (wiss.)	1	§§			1	1	0	0	0,0	0,5			

Grunddaten				Empfindlichkeitsanalyse nach Klimaaenderungssignalen				Empfindlichkeitsanalyse nach Anpassungspotential				Gesamt-bewertung	
Allgemeine Angaben		Gefährdung/ Schutzstatus		Vorkommen				Ortstreue / Mobilität	Habitatamplitude	Nahrungsspektrum	Spezialisierung Lebenszyklus	Indexwert Klima	Indexwert Anpassung
Artnamen (deutsch)	Artnamen (wiss.)	RL	BArtSchV	FFH	Harz	Heide	Jahr Harz						
Schwalbenschwanz	Papilio machaon	2	§		1	1	2008	2009					
Tintenfleck-Weißling	Leptidea sinapis	2			1	1	1994	2007					
Schlüsselblumen-Würfelfalter	Hamearis lucina	2			1	1	1982	2008					
Pflaumenzipfelfalter	Satyrium pruni	2			0	1	1977	2007					
Brauner Eichenzipfelfalter	Satyrium ilicis	2			0	1	1920	2006					
Kleiner Sonnenschenbläuling	Aricia agestis	2			1	1	2006	2008					
Rotkeelbläuling	Polyommatus semiargus	2	§		1	1	2007	1997					
Prächtiger Bläuling	Polyommatus amandus	2	§		0	1	k.V.	2007					
Silbergrüner Bläuling	Polyommatus coridon	2	§		1	0	1988	k.V.					
Großer Perlmutterfalter	Argynnis aglaja	2	§		1	1	2008	2006					
Braunfleck-Perlmutterfalter	Boloria selene	2	§		1	1	2008	2007					
Kleiner Eisvogel	Limenitis camilla	2	§		1	1	2006	2007					
Großer Schillerfalter	Apatura iris	2	§		1	1	2008	2008					
Großes Wiesenvögelchen	Coenonympha tullia	2	§		0	1	1967	2007					
Weißbindiges Wiesenvögelchen	Coenonympha arcania	2	§		0	1	k.V.	2008					
Rostbraunes Wiesenvögelchen	Coenonympha glycerion	2	§		0	1	k.V.	2007					
Rotbraunes Ochsenauge	Pyronia tithonus	2			0	1	k.V.	2002					
Großer Mohrenfalter	Erebia ligea	2	§		1	0	2008	k.V.					
Ockerbindiger Samtfalter	Hipparchia semele	2			1	1	2000	2008					
Mattscheckiger Dickkopffalter	Thymelicus acteon	3			1	1	1992	2007					
Kommalfalter	Hesperia comma	3			1	1	2008	2008					
Baumweißling	Aporia crataegi	3			1	1	2006	2007					
Resedafalter	Pontia delipdice	3			1	1	2006	2007					
Dukatenfalter	Lycena virgaureae	3	§		1	1	2008	2008					
Nierenfleck-Zipfelfalter	Thecla betulae	3			1	1	2004	2008					
Zwergbläuling	Cupido minimus	3			1	1	2007	1990					
Silberfleck-Bläuling	Plebeius argus	3	§		1	1	2006	2008					
Kaisermantel	Argynnis paphia	3	§		1	1	2008	2008					
Trauermantel	Nymphalis antiopa	3	§		1	1	2008	2008					

Tab. A5: Ergebnisse der Empfindlichkeitsanalyse: Libellen

Grunddaten				Empfindlichkeitsanalyse nach Klimaänderungssignalen				Empfindlichkeitsanalyse nach Anpassungspotential				Gesamt-bewertung	
Allgemeine Angaben		Gefährdung/ Schutzstatus		Vorkommen				Habitatamplitude	Nahrungsspektrum	Spezialisierung Lebenszyklus	Ortstreue / Mobilität	Indexwert Klima	Indexwert Anpassung
Artname (deutsch)	Artname (wiss.)	RL	BArtSchV	FFH	Harz	Heide	Jahr Harz	Jahr Heide					
Vogel-Azurjungfer	Coenagrion ornatum	1	§§	II	0	1	k.V.	2008	0	1	0	0,3	0,3
Helm-Azurjungfer	Coenagrion mercuriale	1	§§	II	0	1	k.V.	2002	0	1	0	0,3	0,3
Zwerglibelle	Nehalennia speciosa	1	§§		0	1	k.V.	2008	0	1	2	1,0	0,8
Grüne Mosaikjungfer	Aeshna viridis	1	§	IV	1	1	2004	2008	0	2	0	0,5	0,5
Arktische Smaragdlibelle	Somatochlora arctica	1	§		1	1	2008	2008	0	2	0	0,7	0,8
Hochmoor-Mosaikjungfer	Aeshna subarctica elisabethae	2	§§		1	1	2007	2008	0	2	0	1,7	0,8
Keilfleck-Mosaikjungfer	Aeshna isoceles	2	§		0	1	k.V.	2008	0	0	0	0,0	0,0
Spitzenfleck	Libellula fulva	2	§		0	1	k.V.	2008	0	1	0	0,0	0,3
Kleiner Blaupfeil	Orithrum coerulescens	2	§		0	1	k.V.	2008	0	1	0	0,0	0,3
Sumpf-Heidelibelle	Sympetrum depressiusculum	2	§		1	1	1982	2008	0	1	0	0,0	0,3
Große Moosjungfer	Leucorrhinia pectoralis	2	§	II/IV	1	1	2008	2008	0	1	0	0,3	0,3
Blaufügel-Prachtlibelle	Calopteryx virgo	3	§		1	1	2008	2009	0	1	0	1,0	0,3
Mond-Azurjungfer	Coenagrion lunulatum	3	§		0	1	k.V.	2006	0	1	1	0,3	0,5
Speer-Azurjungfer	Coenagrion hastulatum	3	§		1	1	2007	2008	0	1	0	0,0	0,3
Früher Schilffäger	Brachytron pratense	3	§		1	1	2000	2008	0	0	0	0,0	0,3
Grüne Flussjungfer	Ophiogomphus cecilia	3	§	II/IV	0	1	k.V.	2008	0	1	0	0,0	0,5
Zweiggestreifte Quelljungfer	Cordulegaster boltonii	3	§		1	1	2008	2008	0	1	0	0,0	0,5
Gefleckte Smaragdlibelle	Somatochlora flavomaculata	3	§		1	1	1982	2008	0	1	0	0,0	0,5
Kleine Moosjungfer	Leucorrhinia dubia	3	§		1	1	2008	2008	0	1	0	0,3	0,5
Glänzende Binsenjungfer	Lestes dryas	V	§		1	1	1985	2008	0	0	0	0,0	0,0
Kleine Binsenjungfer	Lestes virens vestalis	V	§		1	1	2008	2008	0	1	0	0,0	0,3
Gemeine Keiljungfer	Gomphus vulgatissimus	V	§		0	1	k.V.	2008	0	0	0	0,0	0,0
Nordische Moosjungfer	Leucorrhinia rubicunda	V	§		1	1	2002	2008	1	0	1	0,7	0,3
Scharlachlibelle	Ceragrion tenellum	G	§§		0	1	k.V.	2008	0	0	0	0,3	0,5
Südliche Mosaikjungfer	Aeshna affinis	R	§		0	1	k.V.	2008	0	0	0	0,0	0,0
Kleine Königslibelle	Anax parthenope	R	§		1	1	2008	2008	0	0	0	0,0	0,0
Alpen-Smaragdlibelle	Somatochlora alpestris	R	§§		1	0	2008	k.V.	2	2	1	1,7	0,5
Südlicher Blaupfeil	Orithrum brunneum	R	§		0	1	k.V.	2008	0	0	0	0,0	0,3

Summary

Endangered species within the ecoregions “Harz” and “Lüneburger Heide und Wendland” (Lower Saxony) and their sensitivities to climate change impacts up until the end of the 21st century

Within the KLIFF research project, the sensitivity of 227 Red List species (breeding birds, reptiles, amphibians, dragonflies and damselflies, grasshoppers and crickets, and butterflies) to climate change impacts within the “Harz” and “Lüneburger Heide und Wendland” ecoregions, in Lower Saxony, was evaluated. This assessment included the sensitivity of the species towards specific climatic changes as well as their general sensitivity towards environmental changes.

Based on the climate projections for these regions up to the end of the 21st century, increasing mean temperatures, an increase of hot extremes, a decrease of cold periods and a shift in annual precipitation regimes (including a decrease of precipitation in summer and an increase of precipitation in winter) can be expected. About half of the examined species are probably not sensitive towards these climatic changes and most of the sensitive species are sensitive to a low to moderate degree. Overall, more species seem to be affected by a decrease of summer precipitation than by an increase of mean temperatures. On average, the examined species are more sensitive towards environmental changes in general than towards specific climatic changes.

As assessments of climate change impacts on species are linked with uncertainties, it is important to take these uncertainties into account when developing nature conservation strategies adapted to climate change. Regarding management strategies, the conservation and restoration of wetlands, as well as the promotion of wildlife corridors and habitat connectivity, are of high importance.

Autoren

Janine Sybertz *

Prof. Dr. Michael Reich

Institut für Umweltplanung

Leibniz Universität Hannover

Herrenhäuserstr. 2

30419 Hannover

*Email: sybertz@umwelt.uni-hannover.de

Umwelt und Raum

Schriftenreihe Institut für Umweltplanung

Leibniz Universität Hannover

Bislang in der Schriftenreihe erschienen:

- Band 1: Reich, M. & S. Rüter (Hrsg.)
Energiepflanzenanbau und Naturschutz
Cuvillier, 2010, 165 Seiten
ISBN 978-3-86955-473-0
- Band 2: Reich, M. & S. Rüter (Hrsg.)
Auswirkungen des großflächigen Anbaus von Energiepflanzen auf die Tierwelt der Agrarlandschaft
Cuvillier, 2011, 244 Seiten
ISBN 978-3-86955-606-2
- Band 3: Urban, B., C. v. Haaren, H. Kanning, J. Krahl & A. Munack
Methode zur Bewertung der Biodiversität in Ökobilanzen am Beispiel biogener Kraftstoffe
Cuvillier, 2011, 210 Seiten
ISBN 978-3-86955-697-0
- Band 4: Brinkmann, R., O. Behr, I. Niermann & M. Reich (Hrsg.)
Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen
Cuvillier, 2011, 457 Seiten
ISBN 978-3-86955-753-3
- Band 5: Stowasser, A.
Potenziale und Optimierungsmöglichkeiten bei der Auswahl und Anwendung ingenieurbiologischer Bauweisen im Wasserbau
Cuvillier, 2011, 404 Seiten
ISBN 978-3-86955-795-3
- Band 6: Werpup, A.
Biotoptypenbasierte Gehölzansaatn – Eine Begrünungsmethode zur ingenieurbiologischen Sicherung von oberbodenlosen Verkehrswegeböschungen
Cuvillier, 2013, 253 Seiten
ISBN 978-3-95404-409-2

- Band 7: Behr, O., R. Brinkmann, F. Korner-Nievergelt, M. Nagy, I. Niermann, M. Reich & R. Simon (Hrsg.)
Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen (RENEBAT II)
2016, 369 Seiten
DOI: <http://dx.doi.org/10.15488/263>
- Band 8: Bredemeier, B., M. Schmehl, M. Rode, J. Geldermann & C. v. Haaren
Biodiversität und Landschaftsbild in der Ökobilanzierung von Biogasanlagen
2017, 75 Seiten
DOI: <https://doi.org/10.15488/3862>
- Band 9: Wix, N., M. Rode & M. Reich (Hrsg.)
Blühstreifen - Biodiversität und produktionsintegrierte Kompensation
2018, 322 Seiten
DOI: <http://dx.doi.org/10.15488/3683>

