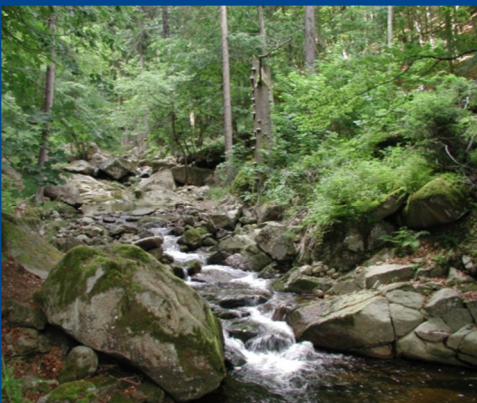




Janine Sybertz & Michael Reich (Hrsg.)

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.

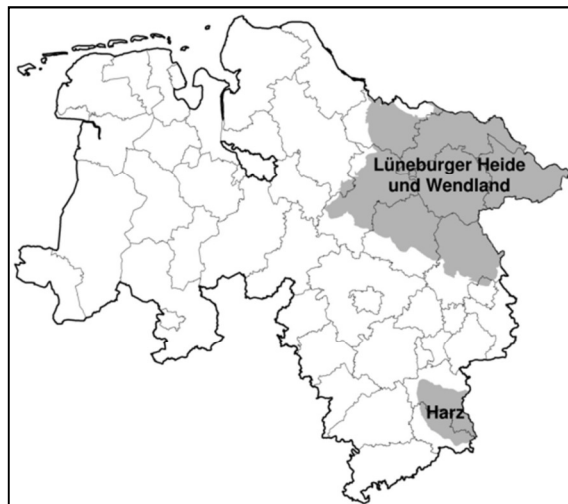


Abb.1: Lage der Untersuchungsgebiete in Niedersachsen

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	Zeit- intervall	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

Empfindlichkeitsanalyse nach Klimänderungssignalen						
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	

Klima- änderungs- signal	Möglichst betroffene Artengruppen	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] Lepidopterologen-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 & Rennwald 1991a; [13] Sternberg & Buchwald 2000; [14] Sternberg & Buchwald 2000; [15] Weidenmann 1995; [16] Settele et al. 2008; [17] Ebert & Rennwald 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] Stettmer 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 1985b; [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 1994a; [51] Glutz von Blotzheim 1994b; [52] Glutz von Blotzheim 1997a; [53] Glutz von Blotzheim 1997b; [54] Glutz von Blotzheim 1997c; [55] Glutz von Blotzheim 1999a; [56] 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.

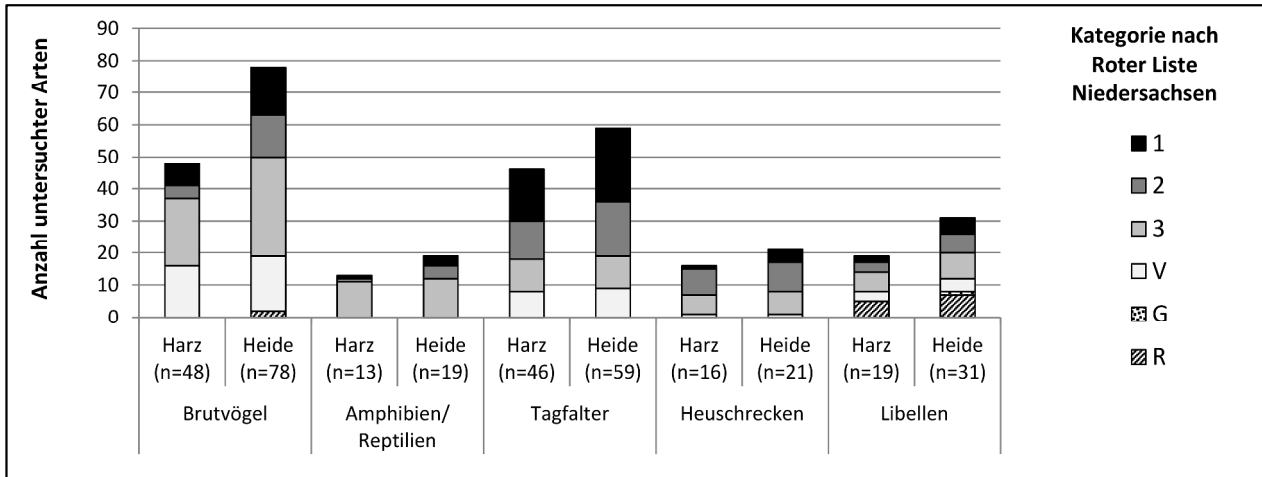


Abb.3: Anzahl untersuchter Arten mit Angabe der Gefährdung nach Roter Liste Niedersachsen. 1: Vom Aussterben/Erlöschen bedroht, 2: Stark gefährdet, 3: Gefährdet, G: Gefährdung unbekanntes Ausmaßes, R: Extrem selten, V: Vorwarnliste

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 Brutvögel, 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.

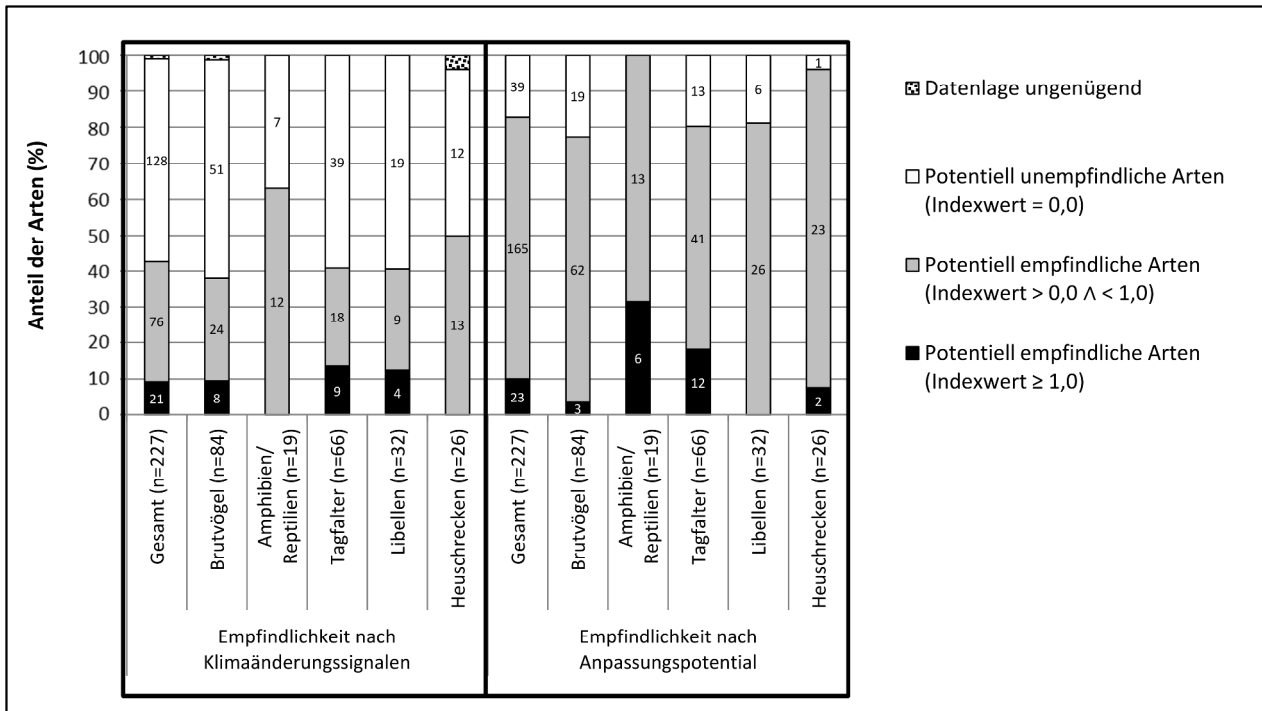


Abb. 4: Ergebnisse der Empfindlichkeitsanalysen: Prozentuale Verteilung der Indexwerte je Artengruppe und Anzahl der Arten der Roten Liste je Kategorie

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.

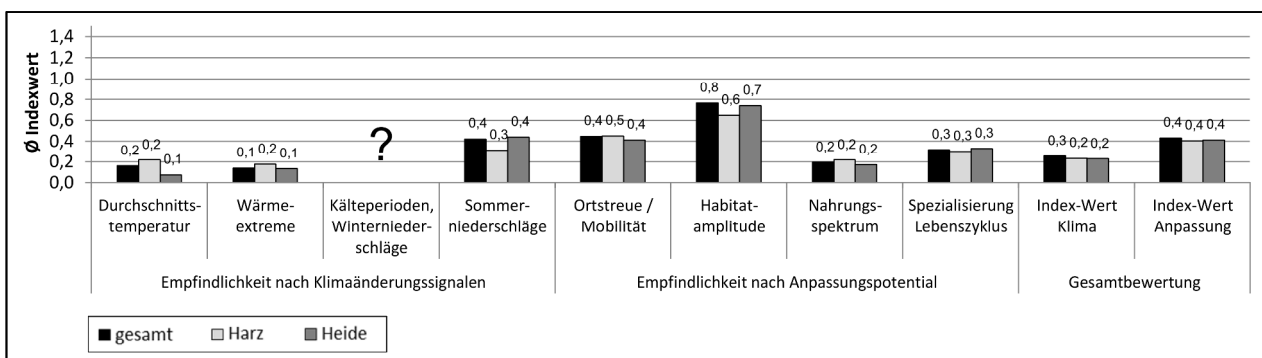


Abb. 5: Ergebnisse der Empfindlichkeitsanalysen für alle Arten ($n_{gesamt} = 227$, $n_{Harz} = 142$, $n_{Heide} = 208$).
?: Berechnung wegen ungenügender Datenlage nicht möglich.

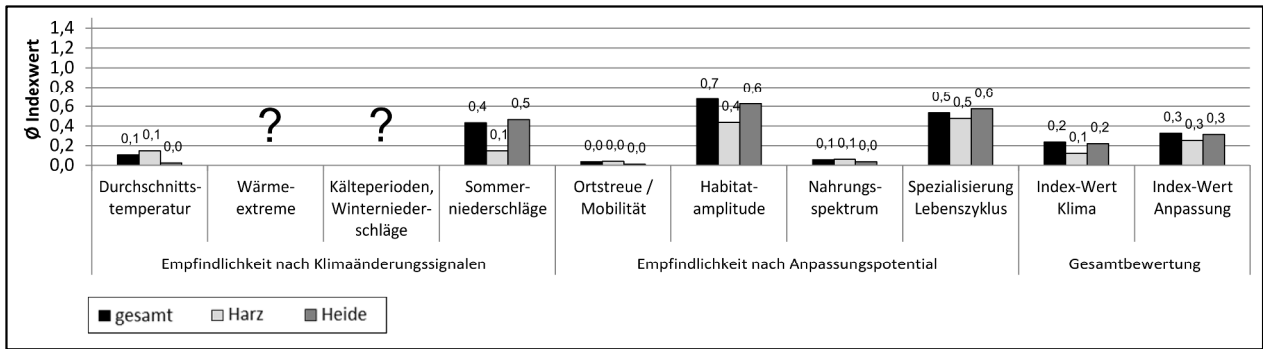


Abb. 6: Ergebnisse der Empfindlichkeitsanalysen für Brutvögel ($n_{gesamt}= 84$, $n_{Harz}= 48$, $n_{Heide}= 78$). ?: Berechnung wegen ungenügender Datenlage nicht möglich.

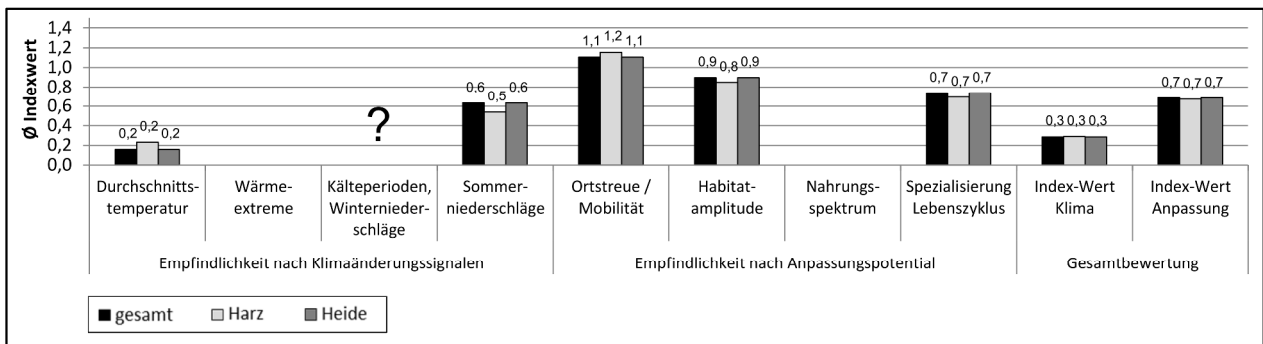


Abb. 7: Ergebnisse der Empfindlichkeitsanalysen für Amphibien und Reptilien ($n_{gesamt}= 19$, $n_{Harz}= 13$, $n_{Heide}= 19$). ?: Berechnung wegen ungenügender Datenlage nicht möglich.

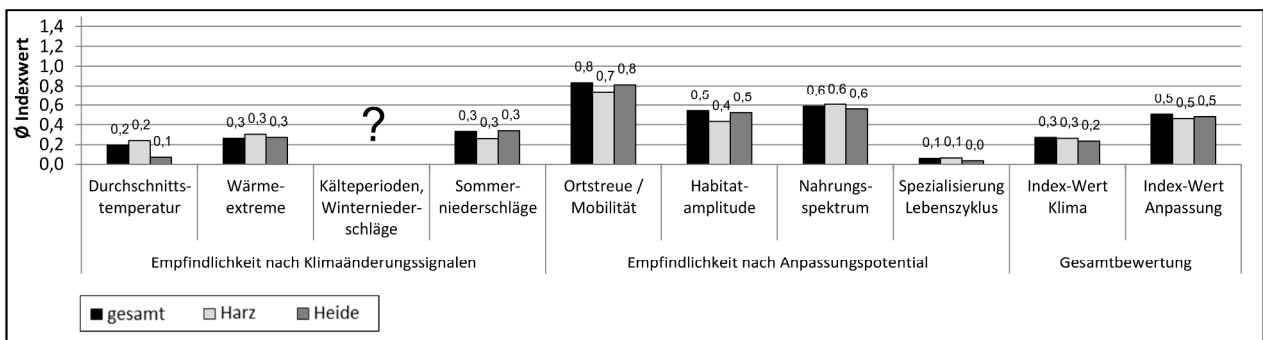


Abb. 8: Ergebnisse der Empfindlichkeitsanalysen für Tagfalter ($n_{gesamt}= 66$, $n_{Harz}= 46$, $n_{Heide}= 59$). ?: Berechnung wegen ungenügender Datenlage nicht möglich.

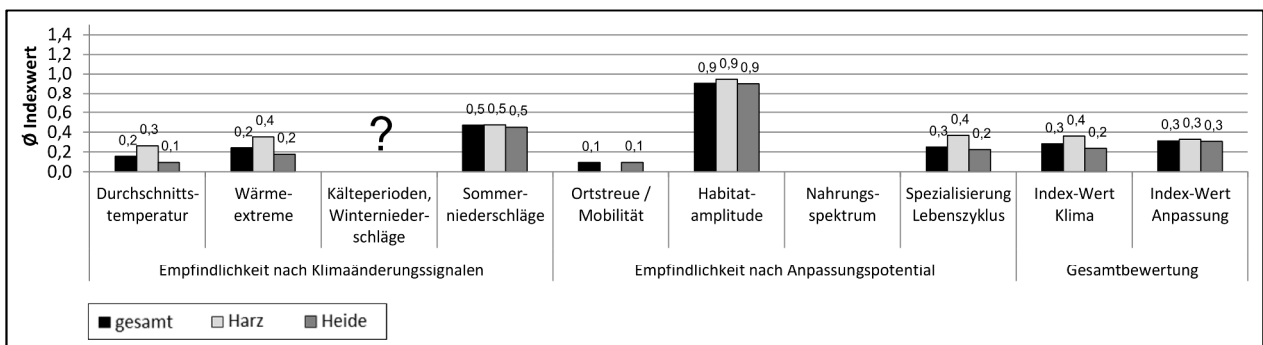


Abb. 9: Ergebnisse der Empfindlichkeitsanalysen für Libellen ($n_{gesamt}= 32$, $n_{Harz}= 19$, $n_{Heide}= 31$). ?: Berechnung wegen ungenügender Datenlage nicht möglich.

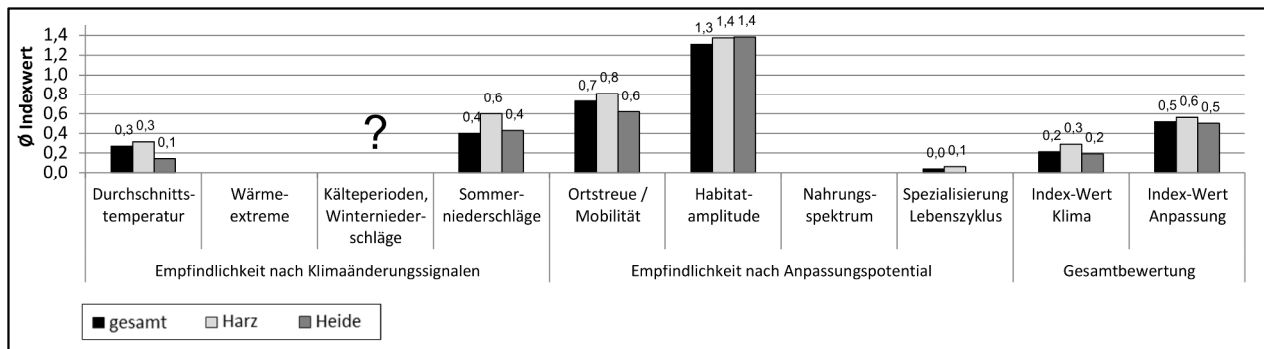


Abb. 10: Ergebnisse der Empfindlichkeitsanalysen für Heuschrecken ($n_{\text{gesamt}} = 26$, $n_{\text{Harz}} = 16$, $n_{\text{Heide}} = 21$). ? : Berechnung wegen ungenügender Datenlage nicht möglich.

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. & ZAVALETA, 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 Klimänderungssignalen				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	1	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	1	2	1	0	0,7	1,0
Tüpfelsumpfhuhn	<i>Porzana porzana</i>	1	§§	I	0	1	0	?	?	?	2	0	2	0	1	1,0	0,8
Flussuferläufer	<i>Actitis hypoleucos</i>	1	§§		0	1	0	?	?	?	0	0	1	0	1	0,0	0,5
Steinkauz	<i>Athene noctua</i>	1			0	1	0	?	?	?	0	0	1	0	0	0,0	0,3
Sumpfhöhle	<i>Asio flammeus</i>	1		I	0	1	0	?	?	?	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	?	?	?	0	0	1	0	0	0,3	0,3
Haublerle	<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	2	0	1	0,0	0,8
Steinschmätzer	<i>Oenanthe oenanthe</i>	1			1	1	1	0	?	?	?	0	1	0	1	0,0	0,5
Ringdrossel	<i>Turdus torquatus</i>	1			1	0	0	?	?	?	0	0	2	0	0	1,0	0,5
Drosselrohrsänger	<i>Acrocephalus arundinaceus</i>	1	§§		0	1	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	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
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	?	?	?	1	0	1	0	1	0,5	0,5
Löffelente	<i>Anas clypeata</i>	2			0	1	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
Kornweihe	<i>Circus cyaneus</i>	2		I	0	1	0	?	?	?	1	0	1	0	0	0,3	0,3
Wiesenweihe	<i>Circus pygargus</i>	2		I	0	1	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
Wachtelkönig	<i>Crex crex</i>	2	§§	I	0	1	0	?	?	?	1	0	1	0	1	0,5	0,5
Bekassine	<i>Gallinago gallinago</i>	2	§§		0	1	0	?	?	?	2	0	1	0	1	1,0	0,5
Uferschnepfe	<i>Limosa limosa</i>	2	§§		0	1	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	
Artnamen (deutsch)	Artnamen (wiss.)	RL	BArtSchV	VSchRL	Harz	Heide	Durchschnitts-temperatur	Wärmeextreme	Kälteperioden, Winterniederschläge	Sommer-niederschläge	Ortstreue / Mobilität	Habitatamplitude	Nahrungsspektrum	Spezialisierung Lebenszyklus	Indexwert Klima	Indexwert Anpassung	
Großer Brachvogel	Numenius arquata	2	§		0	1	0	?	?	2	0	1	0	0	1,0	0,3	
Rotschenkel	Tringa totanus	2	§§		0	1	0	?	?	2	0	1	0	1	1,0	0,5	
Trauerseeschwalbe	Chlidonias niger	2	§§	I	0	1	0	?	?	1	0	1	0	1	0,5	0,5	
Braunkehlen	Saxicola rubetra	2			1	1	0	?	?	1	0	1	0	1	0,5	0,5	
Zwergtaucher	Tachybaptus ruficollis	3			1	1	0	?	?	?	0	0	0	0	0,0	0,0	
Rothalstauer	Podiceps griseogen	3	§§		0	1	0	?	?	?	0	0	0	0	?	0,0	
Krickente	Anas crecca	3			1	1	0	?	?	1	0	0	0	0	0,5	0,0	
Wespenbussard	Pernis apivorus	3		I	1	1	0	?	?	0	0	0	1	1	0,0	0,5	
Rohrweihe	Circus aeruginosus	3		I	1	1	0	?	?	1	0	1	0	1	0,5	0,5	
Baumfalke	Falco subbuteo	3			1	1	0	?	?	0	0	0	0	1	0,0	0,3	
Rebhuhn	Perdix perdix	3		I	1	1	0	?	?	0	0	1	0	0	0,0	0,3	
Wachtel	Coturnix coturnix	3			0	1	0	?	?	0	0	0	0	1	0,0	0,3	
Wasserralle	Rallus aquaticus	3			0	1	0	?	?	2	0	1	0	0	0,7	0,3	
Flussregenpfeifer	Charadrius dubius	3	§§		1	1	0	?	?	0	0	1	0	1	0,0	0,5	
Sandregenpfeifer	Charadrius hiaticula	3	§§		0	1	1	?	?	0	0	1	0	0	0,5	0,3	
Kiebitz	Vanellus vanellus	3	§§		0	1	0	?	?	1	0	1	0	0	0,3	0,3	
Turteltaube	Streptopelia turtur	3			1	1	0	?	?	0	0	0	0	1	0,0	0,3	
Kuckuck	Cuculus canorus	3			1	1	0	?	?	0	0	0	0	2	0,0	0,5	
Uhu	Bubo bubo	3		I	1	0	0	?	?	0	0	1	0	0	0,0	0,3	
Waldohreule	Asio otus	3			1	1	0	?	?	0	0	0	0	0	0,0	0,0	
Ziegenmelker	Caprimulgus europaeus	3	§§	I	0	1	0	?	?	0	0	1	0	1	0,0	0,5	
Eisvogel	Alcedo atthis	3	§§	I	1	1	0	?	?	0	0	1	0	0	0,0	0,3	
Grünspecht	Picus viridis	3	§§		0	1	0	?	?	0	0	0	1	0	0,0	0,3	
Kleinspecht	Dryobates minor	3			1	1	0	?	?	0	0	0	0	0	0,0	0,0	
Heidelerche	Lullula arborea	3	§§	I	0	1	0	?	?	0	0	1	0	0	0,0	0,3	
Feldlerche	Alauda arvensis	3			1	1	0	?	?	0	0	0	0	0	0,0	0,0	
Rauchschwalbe	Hirundo rustica	3			1	1	0	?	?	0	0	0	0	1	0,0	0,3	
Wiesenpieper	Anthus pratensis	3			1	1	0	?	?	1	0	1	0	0	0,5	0,3	
Nachtigall	Luscinia megarhynchos	3			1	1	0	?	?	0	0	0	0	1	0,0	0,3	

Tab. A2: Ergebnisse der Empfindlichkeitsanalyse: Amphibien und Reptilien

Allgemeine Angaben		Gefährdung/ Schutzstatus				Vorkommen			
		RL	BArtSchV	FFH		Harz	Heide	Jahr Harz	Jahr Heide
Artnamen (deutsch)	Artnamen (wiss.)								
Rotbauchunke	<i>Bombina orientalis</i>	1		II/IV	0	1	k.V.	2008	
Gelbbauchunke	<i>Bombina orientalis</i>	1		II/IV	1	1	1990	2008	
Wechselkröte	<i>Bufo viridis</i>	1		IV	0	1	k.V.	1981	
Laubfrosch	<i>Hyla arborea</i>	2		IV	0	1	1888	2008	
Springfrosch	<i>Rana dalmatina</i>	2		IV	0	1	k.V.	2007	
Kleiner Wasserfrosch	<i>Rana lessonae</i>	2		IV	1	1	1986	2004	
Schlingnatter	<i>Coronella austriaca</i>	2		IV	0	1	k.V.	2008	
Feuersalamander	<i>Salamandra atra</i>	3	§		1	1	2008	2008	
Bergmolch	<i>Triturus cristatus</i>	3	§		1	1	2008	2008	
Kammolch	<i>Triturus cristatus</i>	3	II/IV		1	1	2007	2008	
Fadenmolch	<i>Triturus helveticus</i>	3	§		1	1	2008	2007	
Geburtshelferkröte	<i>Alytes obstetricans</i>	3		IV	1	1	2007	2003	
Knoblauchkröte	<i>Pelobates fuscus</i>	3		IV	0	1	k.V.	2008	
Kreuzkröte	<i>Bufo calamita</i>	3		IV	1	1	2008	2009	
Moorfrosch	<i>Rana arvalis</i>	3		IV	1	1	2006	2008	
Seefrosch	<i>Rana ridibunda</i>	3	§		1	1	1986	2008	
Zauneidechse	<i>Lacerta agilis</i>	3		IV	1	1	1985	2009	
Ringelnatter	<i>Natrix natrix</i>	3	§		1	1	2008	2008	
Kreuzotter	<i>Vipera berus</i>	3	§		1	1	2005	2008	
Empfindlichkeitsanalyse nach Klimaänderungssignalen									
Durchschnittstemperatur		0	0	0	0	0	0	0	0
Wärmeextreme		0	0	0	0	0	0	0	0
Kälteperioden, Winterniederschläge		1	0	?	1	1	?	?	1
Sommer-niederschläge		0	0	?	1	1	1	1	1
Empfindlichkeitsanalyse nach Anpassungspotential									
Ortstreue / Mobilität		2	1	1	0	0	0	0	1
Habitatamplitude		1	1	1	0	0	0	0	1
Nahrungsspektrum		0	0	0	0	0	0	0	1
Spezialisierung Lebenszyklus		0	0	0	0	0	0	0	1
Gesamtbewertung									
Indexwert Klima		0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Indexwert Anpassung		0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7

Tab. A4: Ergebnisse der Empfindlichkeitsanalyse: Tagfalter

Allgemeine Angaben		Gefährdung/ Schutzstatus				Vorkommen				Grunddaten			
		RL	BArtSchV	FFH		Harz	Heide	Jahr Harz	Jahr Heide	Artnamen	Artnamen (wiss.)		
Malven-Würfelalter		1	§		0	1	k.V.	2005		Carcharodus alceae		0,0	0,0
Sonnenröschen-Würfelalter		1	§		0	1	1934	2004		Pyrgus alveus		0,0	0,8
Gold-Dickkopffalter		1			0	1	k.V.	2007		Carterocephalus silvicolus		1,0	0,8
Violetter Feuerfalter		1	§		0	1	k.V.	2006		Lycaena alciphron		0,0	0,5
Kleiner Ampferfeuerfalter		1	§		1	1	2006	2007		Lycaena hippothoe		0,7	1,0
Ulmenzipfelfalter		1			1	1	1986	2007		Satyrium w-album		0,3	1,0
Schwarzfleckiger Bläuling		1		IV	1	0	1982	1963		Maculinea arion		0,3	1,5
Lungenrenzianbläuling		1	§		0	1	k.V.	2006		Maculinea alcon		0,7	1,8
Heidewiesenbläuling		1	§		1	1	1994	2004		Plebeus idas		0,0	0,3
Hochmoorbläuling		1	§		0	1	k.V.	2006		Plebeus optilete		1,3	1,0
Großer Sonnenröschenbläuling		1			1	0	2004	k.V.		Aricia artaxerxes		1,0	1,0
Märzveilchen-Perlmutterfalter		1	§		1	1	2006	1982		Argynnis adippe		0,0	0,3
Mittlerer Perlmutterfalter		1	§		0	1	1951	2004		Argynnis niobe		0,0	0,5
Feuchtwiesen-Perlmutterfalter		1	§		1	1	2008	2008		Brenthis ino		1,0	1,0
Veilchen-Perlmutterfalter		1	§		1	1	1997	1999		Boloria euphrosyne		0,0	0,5
Magerrasen-Perlmutterfalter		1	§		1	1	2006	2007		Boloria dia		0,0	0,3
Hochmoor-Perlmutterfalter		1	§		1	1	2008	2006		Boloria aquilonaris		1,3	1,3
Großer Fuchs		1	§		1	1	2001	2007		Nymphalis polychloros		0,0	0,0
Skabiosen-Scheckenfalter		1	§	II	1	0	1983	1977		Euphydryas aurinia		0,3	0,8
Wegerich-Scheckenfalter		1			0	1	1976	2007		Melitaea cinxia		0,0	0,8
Wachstweizen-Scheckenfalter		1			1	1	2008	2007		Melitaea athalia		0,0	0,3
Großer Eisvogel		1	§		1	1	2006	2006		Limenitis populi		0,3	0,8
Kleiner Schillerfalter		1	§		0	1	1926	2008		Apatura ilia		0,0	0,3
Braunauge		1			1	0	2008	1949		Lasiommata maera		0,3	0,3
Kleines Ochsenauge		1			0	1	k.V.	2006		Hyponephele lycaon		0,0	0,0
Rundaugen-Möhrenfalter		1	§		1	0	2008	1949		Erebia medusa		0,3	0,3
Kleiner Waldportier		1	§§		0	1	k.V.	2004		Hipparchia alcyone		0,0	0,5
Eisenfarbiger Samtfalter		1	§§		0	1	k.V.	2005		Hipparchia statilinus		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

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

Grunddaten				Empfindlichkeitsanalyse nach Klimaänderungssignalen				Empfindlichkeitsanalyse nach Anpassungspotential				Gesamt-bewertung				
Allgemeine Angaben		Gefährdung/ Schutzstatus		Vorkommen												
Artnamen (deutsch)		Artnamen (wiss.)		RL	BArtSchV	FFH	Harz	Heide	Jahr Harz	Jahr Heide						
Feuerlilie		<i>Crocothemis erythraea</i>		R	§		1	1	2008	2008	0,0	0,0	0,0	0,0		
Frühe Heidelilie		<i>Sympetrum fonscolombii</i>		R	§		1	1	2007	2008	0,0	0,3	0,0	0,3		
Zierliche Moosjungfer		<i>Leucorrhinia caudalis</i>		R	§	IV	0	1	k.V.	2004	0	?	1	0	0,0	0,3
Östliche Moosjungfer		<i>Leucorrhinia albifrons</i>		R	§	IV	1	1	2008	2008	0	?	1	0	0,0	0,3
								Sommer-niederschläge				Indexwert Anpassung				
								Kälteperioden, Winterniederschläge				Indexwert Klima				
								Wärmeextreme								
								Durchschnitts-temperatur								
								Spezialisierung Lebenszyklus								
								Nahrungsspektrum								
								Habitatamplitude								
								Ortstreue / Mobilität								

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	Band 10	57-91	Institut für Umweltplanung, Hannover 2018
-----------------	---------	-------	---

Naturschutzfachliche Prioritäten zur Unterstützung der Anpassung von Tierarten an den Klimawandel in den naturräumlichen Regionen „Harz“ und „Lüneburger Heide und Wendland“

Janine Sybertz

Zusammenfassung

Vor dem Hintergrund des Klimawandels ist es eine wichtige Aufgabe des Naturschutzes, Anpassungsstrategien zu entwickeln und umzusetzen, die Arten das Überleben vor Ort oder die Abwanderung in neue geeignete Lebensräume ermöglichen. Es gibt bereits eine Reihe von Vorschlägen für solche naturschutzfachlichen Anpassungsstrategien - was für die Umsetzung in der Regel fehlt, ist eine hinreichende Konkretisierung von Maßnahmen für die regionale Ebene. Ziel dieser Studie war eine solche Konkretisierung für die beiden niedersächsischen naturräumlichen Regionen Harz und Lüneburger Heide und Wendland, um die Implementierung von Anpassungsstrategien in den regionalen Naturschutz zu fördern. Der Schwerpunkt lag dabei auf den Strategien „Reduzierung derzeitiger Stressoren“ zur Erhöhung der Resilienz von Arten vor Ort und „Schaffung von Biotopverbundstrukturen“ zur Unterstützung der Anpassung durch Wanderung.

Dazu wurden die deutschlandweit wichtigsten Gefährdungsursachen der in Harz und Lüneburger Heide potentiell klimaempfindlichen und naturschutzfachlich besonders relevanten Arten ermittelt und darauf aufbauend art- und lebensraumübergreifende Handlungsprioritäten für Maßnahmen in beiden Naturräumen abgeleitet. Darüber hinaus wurde analysiert, aus welchen Lebensräumen die Arten stammen, die besonders auf Biotopverbundmaßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel angewiesen sind, um daraufhin Empfehlungen zu geben, auf welche Lebensräume sich solche Maßnahmen prioritär konzentrieren sollten.

Für den Naturraum Harz wird als Anpassung an den Klimawandel vorgeschlagen, prioritär in Maßnahmen zur Verhinderung von Nährstoffeinträgen bzw. Eutrophierung zu investieren, gefolgt von Maßnahmen zur Erhöhung der Konnektivität in der Landschaft und zur Verringerung des Landschaftsverbrauchs, Maßnahmen zur Offenhaltung von Lebensräumen, Maßnahmen zur naturnahen Waldrandgestaltung bzw. Waldbewirtschaftung und Maßnahmen zum Schutz und zur Wiederherstellung von Feuchtlebensräumen. Im Naturraum Lüneburger Heide sind in erster Linie Maßnahmen zum Schutz und zur Wiederherstellung von Feuchtlebensräumen wichtig,

gefolgt von Maßnahmen zur Extensivierung landwirtschaftlicher Nutzung, Maßnahmen zur Offenhaltung von Lebensräumen und Maßnahmen zur Erhöhung der Konnektivität in der Landschaft und zur Verringerung des Landschaftsverbrauchs.

Im Hinblick auf Biotopverbundmaßnahmen ist in beiden naturräumlichen Regionen der Schwerpunkt auf den Lebensraumtyp (trockenes) Offenland zu legen, in der Lüneburger Heide zusätzlich auch auf den Lebensraumtyp Gewässer. Generell ist eine Vergrößerung des Anteils naturschutzrechtlich geschützter bzw. gesicherter Fläche sinnvoll. Zur Beobachtung möglicher Veränderungen und zur Evaluation umgesetzter Maßnahmen wird die Einrichtung von Monitoringprogrammen empfohlen, deren Ergebnisse in ein adaptives Management einfließen. Da die Gefährdungsursachen einiger Arten und somit für sie geeignete Schutzmaßnahmen aufgrund unzureichender Daten zu ihrer Physiologie und Ökologie nicht hinreichend bekannt sind, besteht weiterhin ein erheblicher Bedarf für Grundlagenforschung.

1 Hintergrund

Auswirkungen des Klimawandels sind bereits für zahlreiche Artengruppen dokumentiert worden (vgl. PARMESAN & YOHE 2003) und gelten als große Bedrohung für die globale Biodiversität (SALA et al. 2000, THOMAS et al. 2004). Zwar hat es Klimaveränderungen im Laufe der Erdgeschichte immer wieder gegeben, im Gegensatz zu früheren Zeitaltern erschweren heute aber vor allem anthropogene Stressoren eine notwendige Anpassung der Arten (vgl. LAWLER 2009). Für den Naturschutz ist es daher eine wichtige Aufgabe, Anpassungsstrategien zu entwickeln und umzusetzen, die den negativen Effekten des Klimawandels entgegen wirken.

Es gibt bereits eine Reihe von wissenschaftlichen Empfehlungen, welche Anpassungsstrategien vor dem Hintergrund des Klimawandels naturschutzfachlich sinnvoll sind (vgl. HANNAH et al. 2002, HELLER & ZAVALA 2009, LAWLER 2009, MAWDSLEY et al. 2009). Bislang findet Klimaanpassung jedoch noch zu wenig Berücksichtigung in der naturschutzfachlichen Praxis (HANNAH et al. 2002, ZEBISCH et al. 2005). Viele Akteure sind unsicher, ob, wann und wie Maßnahmen ergriffen werden sollten. Zum einen resultieren diese Zweifel aus den Unsicherheiten über die Auswirkungen des Klimawandels selbst: wie genau wird sich das Klima verändern, wie werden Arten und Lebensräume darauf reagieren und wann werden diese Auswirkungen sichtbar (vgl. LAWLER et al. 2010, SMITH 1997)? Zum anderen ist vielen Praktikern unklar, wie Klimaanpassung konkret in Naturschutzmaßnahmen implementiert werden kann, da die in der wissenschaftlichen Literatur gegebenen Empfehlungen in der Regel eher unkonkret bleiben (vgl. BIESBROEK et al. 2010, HELLER & ZAVALA 2009, LAWLER 2009).

Naturschutzfachliche Anpassungsmaßnahmen vor dem Hintergrund des Klimawandels sollten das Anpassungspotential von Arten und ökosystemaren Prozessen stärken (HULME 2005). Eine

Anpassung von Arten an veränderte Umweltbedingungen kann dabei auf verschiedenen Wegen erfolgen: durch phänotypische oder genotypische Anpassung vor Ort, durch Wanderung in geeignete Gebiete oder durch eine Kombination beider Mechanismen (DANELL et al. 1999, SCHAEFER et al. 2008, VISSER 2008). Dementsprechend bieten sich dem praktischen Naturschutz verschiedene Ansatzpunkte für unterstützende Maßnahmen.

Damit Arten sich vor Ort an veränderte Umweltbedingungen anpassen können, sollte die Resilienz von Populationen erhöht werden (vgl. DODD et al. 2010, LAWLER 2009). Dazu ist es wichtig, derzeit auf die Arten wirkende Stressoren (wie z.B. Fragmentierung und Schadstoffeinträge in Habitats) zu minimieren und so die Verfügbarkeit und Qualität der von den Arten besiedelten Habitats zu verbessern (HELLER & ZAVALATA 2009, HODGSON et al. 2009, LAWLER 2009, MAWDSLEY et al. 2009).

Die Möglichkeit für Arten, sich vor Ort an veränderte Umweltbedingungen anpassen, ist aber begrenzt und vor allem bei langlebigen Organismen mit langen Reproduktionszeiten eingeschränkt (BRADSHAW & HOLZAPFEL 2006, HOFFMAN & SGRÒ 2011). Es wird zudem befürchtet, dass die Geschwindigkeit der klimatischen Veränderungen die mögliche evolutionäre Anpassungsrate vieler Arten übersteigt, so dass auch Maßnahmen zur Unterstützung der Anpassung von Arten durch Wanderung notwendig sein werden (MACE & PURVIS 2008). Sehr häufig wird daher als weitere naturschutzfachliche Anpassungsmaßnahme an den Klimawandel die Erhöhung der Konnektivität der Landschaft empfohlen, z.B. durch die Schaffung von Korridoren und die Beseitigung von Ausbreitungsbarrieren (HELLER & ZAVALATA 2009, LOSS et al. 2011, MAWDSLEY et al. 2009, VOS et al. 2008).

Eine hohe Konnektivität von Habitats kann auch den Austausch von Populationen und damit ihr genetisches Potential fördern (vgl. LOSS et al. 2011, MACE & PURVIS 2008) und so wiederum die Anpassung vor Ort begünstigen (vgl. PRIMACK 2008, VISSER 2008). Indirekt können sich aber auch Maßnahmen zur Steigerung der Habitatverfügbarkeit und –qualität positiv auf die Konnektivität der Landschaft auswirken und dadurch wiederum die Anpassung der Tierarten durch Wanderung unterstützen (HODGSON et al. 2009, vgl. auch HANNAH et al. 2002). Auch kann die Reduzierung bisheriger Stressoren indirekt die Anpassung von Arten durch Wanderung fördern, da stabile Populationen eher in der Lage sind, als Source-Populationen für die Ausbreitung einer Art in neue geeignete Lebensräume zu fungieren (vgl. DODD et al. 2010, HANNAH et al. 2002). Wichtig bei der Entwicklung naturschutzfachlicher Anpassungsmaßnahmen ist es, den Fokus auf die Landschaftsebene statt auf einzelne Arten zu legen (LAWLER 2009, OPDAM & WASCHER 2004).

Ziel dieser Studie ist es, diese eher allgemein gehaltenen Empfehlungen für Anpassungsmaßnahmen für zwei unterschiedliche naturräumliche Regionen in Niedersachsen - Harz und Lüne-

burger Heide und Wendland - zu konkretisieren und Handlungsprioritäten für den klimawandelbezogenen Naturschutz aufzuzeigen, um so die Implementierung von Klimaanpassung in die naturschutzfachliche Praxis zu stärken. Dazu wird ausgewertet, welche Stressoren derzeit auf die potentiell klimaempfindlichen Arten beider Regionen wirken können und welche Arten von Biotopverbundmaßnahmen als Anpassung an den Klimawandel profitieren, um darauf aufbauend sinnvolle Naturschutzmaßnahmen und Handlungsprioritäten vor dem Hintergrund des Klimawandels zu diskutieren.

2 Methodik

Für potentiell durch den Klimawandel gefährdete Tierarten (nach SYBERTZ & REICH 2018) wurden derzeitige Gefährdungsursachen (nach GÜNTHER et al. 2005) ausgewertet. Basierend darauf wurden artübergreifende, lebensraumbezogene Schutzmaßnahmen abgeleitet, um den Einfluss dieser Stressoren zu reduzieren und die Habitatverfügbarkeit und –qualität für die Arten zu erhöhen. Weiterhin wurde ermittelt, in welchen Lebensräumen besonders viele klimaempfindliche Arten vorkommen, die auf eine Anpassung durch Wanderung und damit auf überregionale Biotopverbundmaßnahmen angewiesen sind (nach REICH et al. 2012). Die Auswertungen sind auf Arten beschränkt, die gegenwärtig auf den niedersächsischen Roten Listen oder Vorwarnlisten stehen bzw. selten sind (Kategorien: 1, 2, 3, G, V, R) (Stand 2012: ALTMÜLLER & CLAUSNITZER 2010, GREIN 2005, KRÜGER & OLTMANN 2007, LOBENSTEIN 2004, PODLOUCKY & FISCHER 1994). Diese Arten sind schon heute in besonderem Maße negativen Einflüssen ausgesetzt, die bereits zu Bestandsrückgängen geführt haben. Darüber hinaus sind sie aufgrund ihrer Gefährdung und/ oder Seltenheit naturschutzfachlich besonders relevant und aufgrund ihrer z.T. geringen Populationsgröße besonders anfällig für lokale Aussterbeereignisse und weniger flexibel in der Anpassung an Umweltveränderungen (PRIMACK 2008).

Als Untersuchungsgebiete dienen die beiden niedersächsischen naturräumlichen Regionen Harz und Lüneburger Heide und Wendland (nach NLÖ 1993), für die im Rahmen des Forschungsverbunds KLIFF („Klimafolgenforschung in Niedersachsen“, 2009-2013) naturschutzfachliche Konzepte zur Anpassung an den Klimawandel entwickelt werden sollten. Diese werden im weiteren Text als (Naturraum) Harz und (Naturraum) Lüneburger Heide bzw. Heide abgekürzt.

Die Einstufung einer Art als potentiell klimaempfindlich beruht auf den Ergebnissen der Empfindlichkeitsanalysen für Brutvögel, Amphibien, Reptilien, Tagfalter, Libellen und Heuschrecken für beide Naturräume (SYBERTZ & REICH 2018). Diese Empfindlichkeitsanalysen beziehen alle Arten mit ein, die auf den niedersächsischen Roten Listen geführt werden (Kategorien: 1, 2, 3, G, V, R) (Stand 2012: ALTMÜLLER & CLAUSNITZER 2010, GREIN 2005, KRÜGER & OLTMANN 2007, LOBENSTEIN 2004, PODLOUCKY & FISCHER 1994).

Im Rahmen der vorliegenden Studie werden solche Arten als potentiell klimaempfindlich bezeichnet, die in Bezug auf eines der bei SYBERTZ & REICH (2018) untersuchten Klimaänderungssignale eine erhöhte Empfindlichkeit aufweisen, also alle Arten, die einen Klima-Indexwert von mehr als 0,0 haben. Dies trifft auf 56 Arten im Naturraum Harz und 81 Arten im Naturraum Lüneburger Heide zu. Da viele Arten in beiden Naturräumen vorkommen, wurden insgesamt 97 verschiedene Arten im Hinblick auf ihre derzeitigen Gefährdungsursachen und ihre Angewiesenheit auf Biotopverbundmaßnahmen im Rahmen dieser Studie untersucht.

Die Angaben zu den derzeit auf die Arten einwirkenden Gefährdungsursachen entstammen der deutschlandweiten Analyse von GÜNTHER et al. (2005) und wurden dort in einer umfangreichen bundesweiten Expertenbefragung sowie einer begleitenden Literaturrecherche ermittelt und in einem Gefährdungsursachen-Katalog zusammengestellt, der insgesamt 229 verschiedene Gefährdungsursachen aus 18 Gefährdungsursachen-Komplexen enthält.

Für jede Experteneinschätzung und jede Literaturquelle wurde dort ein eigener Fragebogen pro Art ausgefüllt. Jeder Gefährdungsursache in Kombination mit jeder Art wurde bei GÜNTHER et al. (2005) ein synoptischer Häufigkeitswert (sHW) zugewiesen, der sich aus der Anzahl der Nennungen der Gefährdungsursache in den Fragebögen, der Anzahl der Bögen insgesamt sowie einem Korrekturfaktor errechnet, der die Verbreitung der Art und die Anzahl der Bögen berücksichtigt. Der sHW kann maximal einen Wert von 5,0 erreichen und spiegelt die Bedeutung der Gefährdungsursache für die betreffende Art wider, wobei ein hoher Wert einer hohen Bedeutung der Gefährdungsursache entspricht (ebd.).

Für 17 der 97 potentiell klimaempfindlichen Arten in Harz und Lüneburger Heide lagen keine Angaben zu Gefährdungsursachen bei GÜNTHER et al. (2005) vor. Dies betrifft die Arten Rote Keulenschrecke (*Gomphocerippus rufus*), Laubholz-Säbelschrecke (*Barbitistes serricauda*), Säbel-Dornschröcke (*Tetrix subulata*), Langfühler-Dornschröcke (*Tetrix tenuicornis*), Wiesen-Grashüpfer (*Chorthippus dorsatus*), Waldgrille (*Nemobius sylvestris*), Großer Sonnenröschenbläuling (*Aricia artaxerxes*), Silbergrüner Bläuling (*Polyommatus coridon*), Nierenfleck-Zipfelfalter (*Thecla betulae*), Blauer Eichenzipfelfalter (*Neozephyrus quercus*), Krickente (*Anas crecca*), Löffelente (*Anas clypeata*), Rohrweihe (*Circus aeruginosus*), Wasserralle (*Rallus aquaticus*), Wiesenpieper (*Anthus pratensis*), Ringdrossel (*Turdus torquatus*) und Teichrohrsänger (*Acrocephalus scirpaceus*).

Für diese Arten wurden derzeitige Gefährdungsursachen aus Literaturangaben abgeleitet (BAUER et al. 2005a, BAUER et al. 2005b, BAUER & BERTHOLD 1996, DETZEL 1998, EBERT & RENNWALD 1991, GREIN 1995, GREIN 2010, HÖLZINGER 1987, HÖLZINGER 1999, HÖLZINGER 2001, LOBENSTEIN 2003, SETTELE et al. 1999) und den von GÜNTHER et al. (2005) abgegrenzten Gefährdungsursachen zugeordnet. Die Datengrundlage zur Ermittlung der Gefährdungsursachen

dieser zusätzlichen Arten beruht auf Literaturangaben aus artübergreifenden, zusammenfassenden Werken und nicht auf einzelnen Studien oder einer Expertenbefragung. Daher konnte die von GÜNTHER et al. (2005) entwickelte Methodik zur Ermittlung des sHW und damit der Bedeutung der Gefährdungsursachen für die Art auf diese Studie nicht übertragen werden ohne das Gesamtergebnis zu verfälschen. Als Näherung wurde für die zusätzlichen Arten daher wie folgt vorgegangen. Solchen Gefährdungsursachen, die bereits für andere Arten des Naturraums aufgeführt waren, wurde als sHW der durchschnittliche Wert für alle von dieser Gefährdungsursache betroffenen Arten in Harz und Heide zugewiesen. Für Gefährdungsursachen, die bisher nicht für den Naturraum aufgeführt waren, wurde pauschal ein sHW von 0,6 angenommen. Dieser Wert entspricht dem Durchschnitt aller sHW von Gefährdungsursachen potentiell klimaempfindlicher Arten in Harz und Heide.

Für die Ermittlung der wichtigsten potentiellen Gefährdungsursachen, die auf klimaempfindliche Arten in Harz und Lüneburger Heide einwirken, wurden sowohl die Summe der sHW herangezogen als auch die Anzahl der Nennungen von Gefährdungsursachen.

Zunächst wurden die deutschlandweit wichtigsten bzw. häufigsten Gefährdungsursachen für alle potentiell klimaempfindlichen Arten ermittelt (Klima-Indexwert $>0,0$ nach SYBERTZ & REICH 2018; Harz: $n=56$; Heide: $n=81$). Anschließend wurde dieselbe Auswertung noch einmal für besonders gefährdete oder besonders im Fokus des Naturschutzes stehende Untergruppen durchgeführt: Arten mit erhöhter Klimaempfindlichkeit (Klima-Indexwert $>0,5$; Harz: $n=23$; Heide: $n=32$), Arten mit geringem Anpassungspotential (Klima-Indexwert $>0,0$ und Anpassungs-Indexwert $>0,5$ nach SYBERTZ & REICH 2018; Harz: $n=27$; Heide: $n=34$) und Arten, die heute schon vom Aussterben bedroht sind (Klima-Indexwert $>0,0$ und Rote Liste Status 1; Harz: $n=17$, Heide: $n=23$).

Für jede dieser Auswertungen wurde die Rangfolge der Gefährdungsursachen nach Anzahl der Nennungen bzw. Summe des synoptischen Häufigkeitswerts ermittelt. Anschließend wurden über eine Berechnung des Mittelwerts über alle Ränge die 20 wichtigsten potentiellen Gefährdungsursachen für klimaempfindliche Arten in beiden Naturräumen bestimmt.

Auf Basis dieser wichtigsten potentiellen Gefährdungsursachen der Arten in beiden Naturräumen wurden Handlungsprioritäten für den klimawandelbezogenen Naturschutz formuliert, um den zuvor identifizierten „Haupt-Stressoren“ entgegenzuwirken. Die Ableitung dieser Handlungsprioritäten basiert auf einer Literaturanalyse, in der die für die klimaempfindlichen Arten empfohlenen Schutzmaßnahmen, die diesen Stressoren entgegenwirken können, identifiziert und soweit möglich artübergreifend zusammengefasst wurden (ausgewertete Quellen: ALTMÜLLER & CLAUSNITZER 2010, ARBEITSKREIS AMPHIBIEN UND REPTILIEN NORDRHEIN-WESTFALEN 2011, BAUER et al. 2005a, BAUER et al. 2005b, DETZEL 1998, EBERT & RENNWALD 1991, GREIN 2010,

GÜNTHER 1996, NLWKN 2009-2011, SETTELE et al 1999, STERNBERG & BUCHWALD 1999, STERNBERG & BUCHWALD 2000).

Um zu ermitteln, für welche Lebensräume bzw. für welche an diese Lebensräume gebundenen Arten die Schaffung von Biotopverbundstrukturen in den beiden Naturräumen besonders wichtig ist, wurden die Ergebnisse eines Forschungsprojekts von REICH et al. (2012) ausgewertet. In dieser Studie wurden europaweit Arten der faunistischen Artengruppen Vögel, Tagfalter, Amphibien und Reptilien identifiziert, die potentiell durch Arealverschiebungen infolge des Klimawandels in ihrem Bestand gefährdet sind und für die der überregionale Biotopverbund in Deutschland eine geeignete naturschutzfachliche Anpassungsstrategie darstellt. Die Grundlage zur Einschätzung der Gefährdung bildet hier die Auswertung von Modellierungen zur heutigen und zukünftigen Verbreitung von Arten und somit zur zukünftigen Verschiebung des Areals auf Basis ihrer (bio)klimatischen Hülle (ARAÚJO et al. 2006, ARAÚJO 2009, HUNTLEY et al. 2007, SETTELE et al. 2008).

Für die Ableitung von Empfehlungen zur Schwerpunktsetzung für Biotopverbundmaßnahmen wurden sowohl die in den Naturräumen potentiell klimaempfindlichen Arten als auch die nicht klimaempfindlichen gefährdeten Arten berücksichtigt. Hintergrund dafür ist, dass Arten, die in den beiden Naturräumen voraussichtlich nicht von negativen Auswirkungen des Klimawandels betroffen sein werden, durchaus auf europäischer Ebene aufgrund großer Arealverschiebungen potentiell gefährdet sein können und damit auf die Schaffung von Wanderkorridoren auch in Deutschland bzw. in Harz und Lüneburger Heide angewiesen sind. Mittels Auswertung der Häufigkeit der Nennung von Lebensräumen wurden Prioritäten für den Biotopverbund in beiden Naturräumen ermittelt.

3 Ergebnisse

3.1 Derzeitige Gefährdungsursachen

Insgesamt haben GÜNTHER et al. (2005) für Tierarten in Deutschland 229 verschiedene Gefährdungsursachen identifiziert. Die nach den niedersächsischen Roten Listen gefährdeten und potentiell klimaempfindlichen Tierarten des Naturraums Harz sind davon potentiell von 206 dieser Gefährdungsursachen betroffen, die Tierarten des Naturraums Lüneburger Heide von 218. Zunächst wurden diese Gefährdungsursachen nach Komplexen zusammengefasst ausgewertet (s. Abb.1).

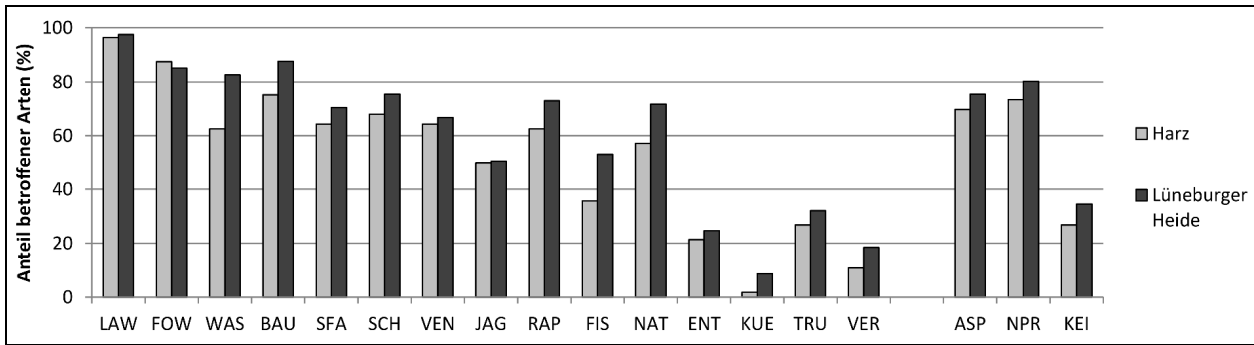


Abb. 1: Prozentualer Anteil potentiell klimaempfindlicher Arten in Harz und Lüneburger Heide, für die bei GÜNTHER et al. (2005) und nach eigenen Auswertungen mindestens eine Gefährdungsursache aus den dargestellten Gefährdungsursachen-Komplexen genannt wurde. Die nicht direkt anthropogenen Gefährdungsursachen sind auf der rechten Seite gesondert dargestellt. Abkürzungen der Komplexe: LAW = Landwirtschaft; FOW = Forstwirtschaft; WAS = Wasserbau, Wassernutzung, Maßnahmen der Gewässerunterhaltung, Schifffahrt; BAU = Bauliche Maßnahmen und Rohstoffgewinnung; SFA = Sport- und Freizeitaktivitäten, Tourismus; SCH = Schadstoff-, Nährstoff-, Licht- und Lärmeinflüsse; VEN = Verkehr und Energie; JAG = Jagd; RAP = Raum- und infrastrukturelle Veränderungen, Planung; FIS = Meeres- und Binnenfischerei, Teichwirtschaft; NAT = Naturschutzmaßnahmen; ENT = Direkte Entnahme und Beseitigung (nicht jagdliche, nicht fischereiliche Nutzung); KUE = Küstenschutz; TRU = Nutzung von Truppenübungsplätzen; VER = Verdrängung durch nicht heimische oder gentechnisch veränderte Organismen; ASP = Art- oder arealbezogene Spezifika, biologische Risikofaktoren; NPR = Natürliche Prozesse und Ereignisse, Klimaeinflüsse; KEI = Keine Gefährdungsursache erkennbar

Neben anthropogenen Gefährdungsursachen spielen auch nicht direkt anthropogene Einflüsse in beiden Naturräumen eine wichtige mögliche Rolle. So wurden für 70 % der Arten des Naturraums Harz und 75 % der Arten des Naturraums Lüneburger Heide mögliche Gefährdungsursachen aus dem Komplex „Artspezifische Risikofaktoren (ASP)“, zu dem eine natürliche Seltenheit oder spezifische Ansprüche der Art zählen, identifiziert und für 73 % der Arten im Harz und 80 % der Arten in der Lüneburger Heide Ursachen aus dem Komplex „Natürliche Prozesse (NPR)“, zu dem beispielsweise eine Gefährdung der Art durch Prädation oder durch Sukzession in nicht genutzten Lebensräumen gehört.

Zu beachten ist, dass die genannten Gefährdungsursachen bzw. –komplexe deutschlandweiten Bezug haben und somit einzelne Ursachen oder Komplexe in Harz oder Lüneburger Heide nicht zwingend wirksam sind. Dies betrifft z.B. den Komplex „Küstenschutz (KUE)“, der der Vollständigkeit halber mit aufgeführt ist (vgl. Abb. 1).

Um Prioritäten für naturschutzfachliche Maßnahmen zu entwickeln, wurden die jeweils 20 wichtigsten potentiellen Gefährdungsursachen für klimaempfindliche Arten in Harz und Lüneburger Heide ermittelt. Diese werden im Folgenden als „wichtigste Gefährdungsursachen“ bezeichnet. Viele dieser wichtigsten potentiellen Gefährdungsursachen betreffen die Tierarten in beiden Naturräumen. Daher finden sich 13 von 20 Ursachen in beiden Top-20-Listen wieder, allerdings nicht unbedingt an gleicher Position (s. Tab. 1 und 2). Jeweils unter den ersten fünf Rängen und

damit in beiden Naturräumen als potentielle Gefährdungsursachen sehr wichtig sind „Diffuser Nährstoffeintrag“, „Fragmentierung und Isolation in der offenen Landschaft“ und „Sukzession in nicht genutzten Lebensräumen (außer Verbrachung)“, zu der z.B. die Verlandung von Gewässern und die Verbuschung bzw. das Aufkommen von Gehölzen zählt. Diese Gefährdungsursachen sind den Auswertungen zufolge die drei potentiell Wichtigsten für gefährdete und klimempfindliche Tierarten im Naturraum Harz. Im Naturraum Lüneburger Heide belegen sie die Ränge drei bis fünf. Neben der Eutrophierung durch diffuse Stoffeinträge sind für die Arten in beiden Naturräumen aber auch direkte Nährstoffeinträge aus landwirtschaftlicher oder forstwirtschaftlicher Nutzung („Eutrophierung von Gewässern und Mooren“, „Düngung und Kalkung von Grünland [v.a. Frisch-, Feuchtwiesen und Magerrasen]“ sowie im Harz „Kalkung und Düngung“ von Wäldern und Forsten) als potentielle Gefährdungsursache zu nennen. Zusätzlich zur „Fragmentierung und Isolation in der offenen Landschaft“ durch raum- und infrastrukturelle Veränderungen wirkt sich in beiden Naturräumen die „Zerschneidung von Biotopen und Landschaften durch Verkehrswegebau“ potentiell negativ aus.

Für die Arten im Naturraum Harz können die meisten der wichtigsten potentiellen Gefährdungsursachen (7 von 20) dem Gefährdungskomplex „Forstwirtschaft“ zugeordnet werden. Am bedeutsamsten ist dabei die Gefährdungsursache „Entfernung von Waldmantelgehölzen und Saumstrukturen“ mit dem damit einhergehenden Strukturverlust und fehlendem Übergang zum Offenland (vgl. GÜNTHER et al. 2005). Weiterhin können sich „Aufforstungen von Offenstandorten (v.a. von Frisch-, Feucht- und Nasswiesen, Lichtungen sowie Moorstandorten)“ negativ auf viele Arten auswirken sowie der „Ausbau bzw. die Versiegelung von Waldwegen und Holzabfuhrplätzen“, „Kalkung und Düngung“ und die „Umwandlung naturnaher Laubwälder in Nadelforste“.

Für die Arten im Naturraum Lüneburger Heide entstammen die meisten der wichtigsten potentiellen Gefährdungsursachen (8 von 20), darunter auch die beiden wichtigsten, dem Gefährdungskomplex „Landwirtschaft“. An erster Stelle steht dabei die „Trockenlegung von Feuchtgrünland und Kleingewässern“, an zweiter Stelle die „Eutrophierung von Gewässern und Mooren“ durch Düngereinträge und diffuse Stoffeinträge. Weitere mögliche negative Einflüsse der Landwirtschaft betreffen den Umbruch von Grünland- oder Moorstandorten („Innutzungsnahme von Mooren“, „Umwandlung von Grünland in Äcker“) und eine für die Arten ungünstige bzw. zu intensive Bewirtschaftung („Düngung und Kalkung von Grünland (v.a. Frisch-, Feuchtwiesen und Magerrasen), „Wiesenbewirtschaftung“). Aber auch die Nicht-Bewirtschaftung von Flächen („Brachfallen genutzter Frisch-, Feucht-, Nasswiesen“) kann eine Reihe von Arten der Lüneburger Heide gefährden.

Tab. 1: Wichtigste potentielle Gefährdungsursachen für klimaempfindliche Arten im Naturraum Harz absteigend nach Bedeutung

Gefährdungsursache absteigend nach Bedeutung (mit Angabe des übergeordneten Gefährdungskomplexes)	Ø Rang	Klima-Indexwert > 0,0 Rang nach Summe sHW	Klima-Indexwert > 0,0 Rang nach Anzahl Nennungen	Klima-Indexwert > 0,0 Rote-Liste-1-Art Rang nach Summe sHW	Klima-Indexwert > 0,0 Rote-Liste-1-Art Rang nach Anzahl Nennungen	Klima-Indexwert > 0,5 Rang nach Summe sHW	Klima-Indexwert > 0,5 Rang nach Anzahl Nennungen	Klima-Indexwert > 0,0 Anpassungs-Indexwert > 0,5 Rang nach Summe sHW	Klima-Indexwert > 0,0 Anpassungs-Indexwert > 0,5 Rang nach Anzahl Nennungen
Diffuser Nährstoffeintrag (Schadstoff-, Nährstoff-, Licht- und Lärmeinflüsse)	2,00	5	1	1	1	1	1	4	2
Sukzession in nicht genutzten Lebensräumen (außer Verbrachung) (Natürliche Prozesse und Ereignisse, Klimaeinflüsse)	3,13	2	3	3	2	4	2	3	6
Fragmentierung und Isolation in der offenen Landschaft (Raum- und infrastrukturelle Veränderungen, Planung)	3,13	3	1	4	5	7	3	1	1
Entfernung von Waldmantelgehölzen und Saumstrukturen (Forstwirtschaft)	7,75	1	18	2	8	3	18	2	10
Zerschneidung von Biotopen und Landschaften durch Verkehrswegebau (Verkehr und Energie)	7,88	12	6	13	8	10	5	7	2
Spezifische, komplexe Ansprüche oder enge Einnischung (Art- oder arealbezogene Spezifika, biologische Risikofaktoren)	9,00	20	4	11	8	13	5	9	2
Aufforstung von Frisch-, Feucht- und Nasswiesen (Forstwirtschaft)	9,63	11	8	8	8	9	3	12	18
Aufforstung von Lichtungen (Forstwirtschaft)	9,88	14	15	5	2	8	9	16	10
Entwässerung und Aufforstung von Moorstandorten (Forstwirtschaft)	10,00	7	10	9	20	2	12	6	14
Ausbau, Versiegelung von Waldwegen, Holzabfuhrplätzen (Forstwirtschaft)	11,25	13	15	12	8	12	12	8	10
Trockenlegung von Feuchtgrünland und Kleingewässern (Landwirtschaft)	13,38	4	6	22	25	14	12	10	14
Fehlende Pflege (Naturschutzmaßnahmen)	13,88	26	10	20	8	17	5	19	6

Gefährdungsursache absteigend nach Bedeutung (mit Angabe des übergeordneten Gefährdungskomplexes)	Ø Rang	Klima-Indexwert > 0,0 Rang nach Summe sHW	Klima-Indexwert > 0,0 Rang nach Anzahl Nennungen	Klima-Indexwert > 0,0 Rote-Liste-1-Art Rang nach Summe sHW	Klima-Indexwert > 0,0 Rote-Liste-1-Art Rang nach Anzahl Nennungen	Klima-Indexwert > 0,5 Rang nach Summe sHW	Klima-Indexwert > 0,5 Rang nach Anzahl Nennungen	Klima-Indexwert > 0,0 Anpassungs-Indexwert > 0,5 Rang nach Summe sHW	Klima-Indexwert > 0,0 Anpassungs-Indexwert > 0,5 Rang nach Anzahl Nennungen
Eutrophierung von Gewässern und Mooren (Landwirtschaft)	14,38	8	22	15	25	5	9	13	18
Straßenbau (Verkehr und Energie)	14,50	22	8	16	5	28	18	17	2
Kalkung und Düngung (Forstwirtschaft)	17,00	25	18	17	8	18	8	28	14
Natürliche Seltenheit (Art- oder arealbezogene Spezifika, biologische Risikofaktoren)	17,75	34	15	27	2	25	9	22	8
Düngung und Kalkung von Grünland (v.a. Frisch-, Feuchtwiesen und Magerrasen) (Landwirtschaft)	17,88	6	14	6	16	21	34	20	26
Umwandlung naturnaher Laubwälder in Nadelholzforste (Forstwirtschaft)	19,75	15	33	7	25	16	31	5	26
Grundwasserabsenkung (Wasserbau, Wassernutzung, Maßnahmen der Gewässerunterhaltung, Schifffahrt)	20,63	10	10	38	32	24	12	21	18
Brachfallen genutzter Frisch-, Feucht-, Nasswiesen (Landwirtschaft)	21,00	16	29	10	25	11	18	18	41
Bebauung (Siedlung, Gewerbe, Industrie) (Bauliche Maßnahmen und Rohstoffgewinnung)	21,13	23	10	35	5	38	18	30	10
Aufforstung bis dicht an das Biotop (Forstwirtschaft)	21,63	35	18	32	8	26	12	34	8
Umwandlung von Grünland in Äcker (Landwirtschaft)	23,38	9	4	28	16	50	25	37	18
Abtorfung von Mooren (Bauliche Maßnahmen und Rohstoffgewinnung)	26,25	18	38	24	32	6	25	14	53

Tab. 2: Wichtigste potentielle Gefährdungsursachen für klimaempfindliche Arten im Naturraum Lüneburger Heide absteigend nach Bedeutung

Gefährdungsursache absteigend nach Bedeutung (mit Angabe des übergeordneten Gefährdungskomplexes)	Ø Rang	Klima-Indexwert > 0,0 Rang nach Summe sHW	Klima-Indexwert > 0,0 Rang nach Anzahl Nennungen	Klima-Indexwert > 0,0 Rote-Liste-1-Art Rang nach Summe sHW	Klima-Indexwert > 0,0 Rote-Liste-1-Art Rang nach Anzahl Nennungen	Klima-Indexwert > 0,5 Rang nach Summe sHW	Klima-Indexwert > 0,5 Rang nach Anzahl Nennungen	Klima-Indexwert > 0,0 Anpassungs-Indexwert > 0,5 Rang nach Summe sHW	Klima-Indexwert > 0,0 Anpassungs-Indexwert > 0,5 Rang nach Anzahl Nennungen
Trockenlegung von Feuchtgrünland und Kleingewässern (Landwirtschaft)	1,63	1	1	2	1	1	2	2	3
Eutrophierung von Gewässern und Mooren (Landwirtschaft)	3,75	3	6	1	1	5	3	4	7
Diffuser Nährstoffeintrag (Schadstoff-, Nährstoff-, Licht- und Lärmeinflüsse)	4,25	10	2	7	4	2	1	6	2
Sukzession in nicht genutzten Lebensräumen (außer Verbrachung) (Natürliche Prozesse und Ereignisse, Klimaeinflüsse)	5,00	9	5	6	9	4	3	1	3
Grundwasserabsenkung (Wasserbau, Wassernutzung, Maßnahmen der Gewässerunterhaltung, Schifffahrt)	5,25	2	2	3	3	6	7	10	9
Fragmentierung und Isolation in der offenen Landschaft (Raum- und infrastrukturelle Veränderungen, Planung)	5,25	8	2	5	4	12	7	3	1
Innutzungsnahme von Mooren (Landwirtschaft)	5,63	5	7	4	4	3	5	8	9
Entwässerung und Aufforstung von Moorstandorten (Forstwirtschaft)	10,88	12	16	8	18	10	13	5	9
Spezifische, komplexe Ansprüche oder enge Einnischung (Art- oder arealbezogene Spezifika, biologische Risikofaktoren)	11,38	19	9	12	8	15	7	14	7
Fehlende Pflege (Naturschutzmaßnahmen)	13,50	23	10	25	18	13	5	11	3
Grundwasserabsenkung (Trinkwasser) (Wasserbau, Wassernutzung, Maßnahmen der Gewässerunterhaltung, Schifffahrt)	14,13	18	11	20	9	19	10	17	9
Natürliche Seltenheit (Art- oder arealbezogene Spezifika, biologische Risikofaktoren)	14,25	20	20	11	4	17	13	15	14

Gefährdungsursache absteigend nach Bedeutung (mit Angabe des übergeordneten Gefährdungskomplexes)	Ø Rang	Klima-Indexwert > 0,0 Rang nach Summe sHW	Klima-Indexwert > 0,0 Rang nach Anzahl Nennungen	Klima-Indexwert > 0,0 Rote-Liste-1-Art Rang nach Summe sHW	Klima-Indexwert > 0,0 Rote-Liste-1-Art Rang nach Anzahl Nennungen	Klima-Indexwert > 0,5 Rang nach Summe sHW	Klima-Indexwert > 0,5 Rang nach Anzahl Nennungen	Klima-Indexwert > 0,0 Anpassungs-Indexwert > 0,5 Rang nach Summe sHW	Klima-Indexwert > 0,0 Anpassungs-Indexwert > 0,5 Rang nach Anzahl Nennungen
Düngung und Kalkung von Grünland (v.a. Frisch-, Feuchtwiesen und Magerrasen) (Landwirtschaft)	15,13	7	14	14	12	9	21	20	24
Zerschneidung von Biotopen und Landschaften durch Verkehrswegebau (Verkehr und Energie)	15,38	15	14	30	15	22	15	9	3
Bebauung (Siedlung, Gewerbe, Industrie) (Bauliche Maßnahmen und Rohstoffgewinnung)	16,88	13	8	28	9	26	15	22	14
Umwandlung von Grünland in Äcker (Landwirtschaft)	17,13	4	11	13	18	18	29	25	19
Wiesenbewirtschaftung (Landwirtschaft)	18,88	6	24	17	25	7	24	24	24
Brachfallen genutzter Frisch-, Feucht-, Nasswiesen (Landwirtschaft)	20,00	14	25	22	29	8	11	19	32
Straßenbau (Verkehr und Energie)	23,13	35	17	26	15	39	21	23	9
Art lebt an Arealgrenze (Art- oder arealbezogene Spezifika, biologische Risikofaktoren)	26,88	31	28	9	15	43	36	34	19
Häufige Grabenräumung, Grabenfräsen (Landwirtschaft)	27,38	21	20	10	15	37	24	55	37
Entfernung von Waldmantelgehölzen und Saumstrukturen (Forstwirtschaft)	38,63	27	68	39	64	21	64	7	19

Insgesamt sind Entwässerungen und Grundwasserabsenkungen aber auch die Innutzungnahme bzw. Zerstörung von Feuchtlebensräumen durch Land- oder Forstwirtschaft für klimaempfindliche Arten im Naturraum Lüneburger Heide als sehr bedeutsame mögliche Gefährdungsursachen zu sehen (vgl. Tab. 2). Entwässerungen und Grundwasserabsenkungen spielen auch bei den Arten des Harzes eine mögliche Rolle (vgl. Tab. 1), aber in geringerem Ausmaß als bei den Arten der Lüneburger Heide.

Neben Einflüssen aus Land- und Forstwirtschaft tritt auch der allgemeine Flächenverbrauch und die damit verbundene Zerstörung von Biotopen für die Arten beider Naturräume als mögliche Gefährdungsursache in Erscheinung: für die Arten im Naturraum Lüneburger Heide als „Bebauung (Siedlung, Gewerbe, Industrie)“, für die Arten im Naturraum Harz als „Straßenbau“ sowie „Tourismus und Freizeitinfrastruktur“.

Für die Arten beider Naturräume spielen, wie bereits bei der Analyse der Gefährdungskomplexe (vgl. Abb. 1) sichtbar wird, neben möglichen anthropogenen Gefährdungsursachen auch biologische Risikofaktoren eine Rolle, die keinen direkten anthropogenen Einflüssen unterliegen. Dazu zählen „Spezifische, komplexe Ansprüche oder enge Einnischung“ einer Art und ihre „Natürliche Seltenheit“. Auch die „Sukzession in nicht genutzten Lebensräumen“ ist als natürlicher Prozess anzusehen, dem aber durch naturschutzfachliche Pflegemaßnahmen oder anderweitige Nutzung entgegengewirkt werden kann. Dementsprechend ist auch „Fehlende Pflege“ von Seiten des Naturschutzes für die Arten in beiden Naturräumen als wichtige mögliche Gefährdungsursache anzusehen.

3.2 Möglichkeiten zur Mitigation dieser Gefährdungsursachen

Im Folgenden werden art- und lebensraumübergreifende Prioritäten für naturschutzfachliche Klimaanpassungsmaßnahmen vorgestellt, die den thematisch gruppierten möglichen Gefährdungsursachen für jeden Naturraum zugeordnet sind. Die Maßnahmen wurden auf Basis der Literaturanalyse zu empfohlenen Schutzmaßnahmen für die potentiell klimaempfindlichen Arten abgeleitet. Sie sind absteigend nach ihrer Bedeutung auf Grundlage des Ranges der ihr zugeordneten Gefährdungsursachen aufgeführt. Weiterhin sind konkrete Beispiele zur Umsetzung angegeben.

Naturraum Harz:

1. Maßnahmen zur Verhinderung von Nährstoffeinträgen/ Eutrophierung

(zugeordnete Gefährdungsursachen: „*Diffuser Nährstoffeintrag (SCH)*“, „*Eutrophierung von Gewässern und Mooren (LAW)*“, „*Kalkung und Düngung (FOW)*“, „*Düngung und Kalkung von Grünland (v.a. Frisch-, Feuchtwiesen und Magerrasen) (LAW)*“)

Beispiele: Anlage von Uferrandstreifen/ Pufferzonen zu intensiv genutzten Gebieten für Gewässer, Moore und andere sensible Lebensräume; Vermeidung von Kalkeinträgen in Moore und andere sensible Lebensräume bei Bekalkung von Wäldern; ggf. Entschlammung von durch Eutrophierung verlandeten Gewässern; ggf. Aushagerung von Fettwiesen; Förderung von extensiver Landwirtschaft, auch auf überregionaler Ebene

2. Maßnahmen zur Erhöhung der Konnektivität in der Landschaft und zur Verringerung des Landschaftsverbrauchs

(zugeordnete Gefährdungsursachen: „*Fragmentierung und Isolation in der offenen Landschaft (RAP)*“, „*Zerschneidung von Biotopen und Landschaften durch Verkehrswegebau (VEN)*“, „*Straßenbau (VEN)*“, „*Tourismus und Freizeitinfrastruktur (SFA)*“)

Beispiele: Sicherung bestehender Vorkommen der wertgebenden Arten und Korridore sowie Schutz vor Fragmentierung und Überbauung; Schaffung geeigneter Korridore und Trittsteinbiotope zur Anbindung isolierter Populationen, je nach Anspruch der Arten z.B. durch Neuanlage oder Sanierung von Teichen und Gräben oder durch Anlage von Brach- und Extensivflächen, extensiv genutzten Randstreifen sowie Wiederaufnahme einer artgerechten Bewirtschaftung zu stark verbrauchter Flächen im Sinne eines Biotopverbundes

3. Maßnahmen zur Offenhaltung von Lebensräumen

(zugeordnete Gefährdungsursachen: „*Sukzession in nicht genutzten Lebensräumen (außer Verbrachung) (NPR)*“, „*Aufforstung von Frisch-, Feucht- und Nasswiesen (FOW)*“, „*Aufforstung von Lichtungen (FOW)*“, „*Entwässerung und Aufforstung von Moorstandorten (FOW)*“, „*Fehlende Pflege (NAT)*“)

Beispiele: Keine Aufforstung von naturschutzfachlich wertvollem Offenland; Sukzession in Offenland durch geeignete Pflegemaßnahmen (Mahd, Beweidung, Entkusselung usw.) oder geeignete Nutzungen (extensive Bewirtschaftung) entgegenwirken; Förderung der Dynamik von Lebensräumen (Zulassen von Rutschungen etc.); ggf. Schaffung von Pionierlebensräumen durch Abschieben von Oberboden; Erhalt lichter Waldformen und offener Waldstandorte; Pflegemaßnahmen an Still- und Fließgewässern (extensive, naturverträgliche Entkrautung/ Räumung von Gräben, Entschlammung von Stillgewässern)

4. Maßnahmen zur naturnahen Waldrandgestaltung/ Waldbewirtschaftung

(zugeordnete Gefährdungsursachen: „*Entfernung von Waldmantelgehölzen und Saumstrukturen (FOW)*“, „*Aufforstung von Lichtungen (FOW)*“, „*Ausbau, Versiegelung von Waldwegen, Holzabfuhrplätzen (FOW)*“, „*Kalkung und Düngung (FOW)*“, „*Umwandlung naturnaher Laubwälder in Nadelholzforste (FOW)*“)

Beispiele: Erhalt naturnaher Laubwälder; Umwandlung nicht standortgerechter Nadelholz- in standorttypische Laubholzbestände; Erhalt und Förderung lichter Waldformen und offener Waldstandorte; Schaffung und Pflege naturnaher, struktur- und krautreicher Waldsäume und Erhöhung des Grenzlinienanteils im Wald; Erhalt und Förderung von Alt- und Totholz; keine Neuversiegelung unbefestigter Waldwege, ggf. Entsiegelung bzw. Rückbau des Wegenetzes

5. Maßnahmen zum Schutz und zur Wiederherstellung von Feuchtlebensräumen

(zugeordnete Gefährdungsursachen: „*Aufforstung von Frisch-, Feucht- und Nasswiesen (FOW)*“, „*Entwässerung und Aufforstung von Moorstandorten (FOW)*“, „*Trockenlegung von Feuchtgrünland und Kleingewässern (LAW)*“, „*Grundwasserabsenkung (WAS)*“)

Beispiele: Schutz der verbliebenen Moore und Feuchtwiesen; Renaturierung degradierter Hochmoore; Wiedervernässung von Feuchtwiesen und Niedermooren; Verhinderung von Grundwasserabsenkungen und Drainagen; Rückbau von Entwässerungsanlagen; Verzicht auf Meliorationsmaßnahmen und Aufforstungen von Moor- und Wiesenstandorten; Erhalt, Pflege und Neuanlage von temporären und permanenten Gewässern

Naturraum Lüneburger Heide:

1. Maßnahmen zum Schutz und zur Wiederherstellung von Feuchtlebensräumen

(zugeordnete Gefährdungsursachen: „*Trockenlegung von Feuchtgrünland und Kleingewässern (LAW)*“, „*Grundwasserabsenkung (WAS)*“, „*Innutzungsnahme von Mooren (LAW)*“, „*Entwässerung und Aufforstung von Moorstandorten (FOW)*“, „*Grundwasserabsenkung (Trinkwasser) (WAS)*“, „*Aufforstung von Frisch-, Feucht- und Nasswiesen (FOW)*“, „*Umwandlung von Grünland in Äcker (LAW)*“, „*Verfüllung von Kleingewässern (LAW)*“)

Beispiele: Schutz der verbliebenen Moore und Feuchtwiesen; kein Torfabbau; kein weiterer Grünlandumbruch; Renaturierung degradierter Hochmoore; Wiedervernässung von Feuchtwiesen und Niedermooren; Verhinderung von Grundwasserabsenkungen und Drainagen; Rückbau von Entwässerungsanlagen; Verzicht auf Meliorationsmaßnahmen und Aufforstungen von Moor- und Wiesenstandorten; Sicherung von Retentionsflächen; Erhalt, Pflege und Neuanlage von temporären und permanenten Gewässern

2. Maßnahmen zur Extensivierung landwirtschaftlicher Nutzung

(zugeordnete Gefährdungsursachen: „*Eutrophierung von Gewässern und Mooren (LAW)*“, „*Diffuser Nährstoffeintrag (SCH)*“, „*Düngung und Kalkung von Grünland (LAW)*“, „*Umwandlung von Grünland in Äcker (LAW)*“, „*Wiesenbewirtschaftung (LAW)*“)

Beispiele: Förderung von extensiver Landbewirtschaftung mit geringeren Düngergaben; Erhalt bzw. Wiederherstellung von (feuchten) Grünlandflächen; Rückumwandlung von Acker in Grünland; zeitlich und räumlich differenzierte Mahd von Flächen in Abhängigkeit von den Ansprüchen der wertgebenden Arten; Anlage von Uferrandstreifen/ Pufferzonen für Gewässer, Moore und andere sensible Lebensräume in landwirtschaftlich intensiv genutzten Gebieten; Aushagerung von Fettwiesen

3. Maßnahmen zur Offenhaltung von Lebensräumen

(zugeordnete Gefährdungsursachen: „*Sukzession in nicht genutzten Lebensräumen (außer Verbrachung) (NPR)*“, „*Entwässerung und Aufforstung von Moorstandorten (FOW)*“, „*Fehlende Pflege (NAT)*“, „*Aufforstung von Frisch-, Feucht- und Nasswiesen (FOW)*“, „*Brachfallen genutzter Frisch-, Feucht- und Nasswiesen (LAW)*“)

Beispiele: Keine Aufforstung von naturschutzfachlich wertvollem Offenland; Sukzession in Offenland durch geeignete Pflegemaßnahmen (Mahd, Beweidung, Entkusselung, Plaggen usw.) oder geeignete Nutzungen (extensive Bewirtschaftung, ggf. auch Freizeitnutzungen wie Motocross) entgegenwirken; Förderung der Dynamik von Lebensräumen (Zulassen von Rut-

schungen etc.); ggf. Schaffung von Pionierlebensräumen durch Abschieben von Oberboden; Pflegemaßnahmen an Still- und Fließgewässern (extensive, naturverträgliche Entkrautung/ Räumung von Gräben, Entschlammung von Stillgewässern)

4. Maßnahmen zur Erhöhung der Konnektivität in der Landschaft und zur Verringerung des Landschaftsverbrauchs

(zugeordnete Gefährdungsursachen: „*Fragmentierung und Isolation in der offenen Landschaft (RAP)*“, „*Zerschneidung von Biotopen und Landschaften durch Verkehrswegebau (VEN)*“, „*Bebauung (Siedlung, Gewerbe, Industrie) (BAU)*“)

Beispiele: Sicherung bestehender Vorkommen der wertgebenden Arten und Korridore sowie Schutz vor Fragmentierung und Überbauung; Schaffung geeigneter Korridore und Trittsteinbiotope zur Anbindung isolierter Populationen, je nach Anspruch der Arten z.B. durch Neuanlage oder Sanierung von Teichen, Gräben o.ä. in unzerschnittenen Gewässerverbundsystemen oder durch Anlage von Brach- und Extensivflächen, extensiv genutzten Randstreifen sowie Wiederaufnahme einer artgerechten Bewirtschaftung zu stark verbrachter Flächen im Sinne eines Biotopverbundes

Die Gefährdungsursachen „Natürliche Seltenheit“ und „Spezifische, komplexe Ansprüche oder enge Einnischung“ wurden in beide Maßnahmenkataloge nicht mit einbezogen, da sie nicht direkt anthropogenen Einflüssen unterliegen. Arten, die durch diese Ursachen gefährdet sind, werden allerdings indirekt durch eine Vielzahl der aufgeführten Maßnahmen begünstigt.

3.3 Handlungsprioritäten für Biotopverbundmaßnahmen

Von den nach den niedersächsischen Roten Listen gefährdeten Tierarten sind nach Auswertung der Daten von REICH et al. (2012) 16 Arten des Naturraums Harz und 31 Arten des Naturraums Lüneburger Heide besonders auf überregionale Biotopverbundmaßnahmen zur möglichen Anpassung an den Klimawandel angewiesen (s. Tab. 3 und Tab. S1 im Anhang).

Die meisten dieser Arten sind sowohl im Harz als auch in der Lüneburger Heide dem Lebensraumtyp Offenland zuzuordnen, wobei in beiden Naturräumen die Arten des trockenen Offenlands, gefolgt von Offenland-Generalisten, den größten Anteil bilden. In den Lebensraumtypen Gewässer und Wälder sind im Harz nur wenige Arten auf einen überregionalen Biotopverbund zur Anpassung an den Klimawandel angewiesen.

Im Naturraum Lüneburger Heide ist neben dem Offenland ein weiterer Schwerpunkt für einen überregionalen Biotopverbund im Lebensraumtyp Gewässer zu sehen, dem ein knappes Drittel der auf Biotopverbundmaßnahmen angewiesenen Arten zuzuordnen ist. Der Lebensraumtyp Wald ist wie auch im Naturraum Harz nur mit wenigen Arten vertreten. Für diesen Lebensraum-

typ sind Biotopverbundmaßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel in beiden Naturräumen daher nicht als prioritär anzusehen.

Tab. 3: Anzahl von Arten der niedersächsischen Roten Listen (1, 2, 3, G, V, R), die nach REICH et al. (2012) aufgrund von Arealverschiebungen infolge des Klimawandels potentiell in Europa gefährdet und besonders auf einen Biotopverbund in Deutschland angewiesen sind mit Angabe der Ansprüche an Lebensraumtyp und Feuchte des Lebensraumes; Mehrfacheinstufungen der Arten zu Lebensraumtypen möglich.

Lebensraumtyp/ Feuchte des Lebensraums	Anzahl Arten	
	Naturraum Harz	Naturraum Lüneburger Heide
Gesamt	16	31
Gewässer	4	10
Offenland	10	19
Offenland -trocken	5	10
Offenland -frisch	2	2
Offenland -feucht	2	3
Offenland -Generalist	3	6
Wald	4	4
Wald -trocken	0	1
Wald -frisch	2	0
Wald -feucht	2	1
Wald -Generalist	2	2

Der Schwerpunkt für überregionale Biotopverbundmaßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel sollte in beiden Naturräumen auf den Lebensraumtyp (trockenes) Offenland gelegt werden, wobei in der Lüneburger Heide ein weiterer Schwerpunkt auf Biotopverbundmaßnahmen im Lebensraumtyp Gewässer liegen sollte.

4 Diskussion

Die Ergebnisse der hier vorgestellten Studie stellen einen ersten Schritt dar, um die allgemein gehaltenen naturschutzfachlichen Anpassungsstrategien an den Klimawandel für die naturräumlichen Regionen Harz und Lüneburger Heide zu konkretisieren. Die dabei dargestellten Maßnahmen und Handlungsoptionen sind keine Neuentwicklungen im Rahmen der Klimaanpassung, sondern sind Teil des Standard-Werkzeugkastens zum Schutz von Arten und Lebensräumen sowie der Biodiversität im Allgemeinen (vgl. auch LAWLER 2009, MAWDSLEY et al. 2009).

Da Entscheidungen über naturschutzfachliche Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel unter Unsicherheiten getroffen werden müssen, ist es sinnvoll, zunächst bei bekannten Problemen mit bekannten Lösungen anzusetzen und auf Strategien zu bauen, die gegenwärtig sinnvoll sind und versprechen auch unabhängig vom konkreten Ausmaß klimatischer Änderungen robust zu sein (HODGSON et al. 2009). Sowohl die Reduzierung von Stressoren als auch die Erhöhung

der Konnektivität von Habitaten gelten als solche robuste Anpassungsmaßnahmen (LAWLER et al. 2010, vgl. auch HODGSON et al. 2009) und können daher als „no-regret“-Maßnahmen im Sinne von WILLOWS & CONNELL (2003) bezeichnet werden.

Beide Anpassungsmaßnahmen weisen, wie bereits in Kapitel 1 dargelegt, Synergien in vielerlei Hinsicht auf (HODGSON et al. 2009, LOSS et al. 2011). Da für die potentiell klimaempfindlichen Arten beider Naturräume Fragmentierung und Isolation in der offenen Landschaft sowie Zerschneidung von Biotopen und Landschaften durch Verkehrswegebau wichtige mögliche Gefährdungsursachen sind, kommt einer Unterschützstellung oder Entwicklung unzerschnittener Biotopverbundstrukturen nicht nur zur Anpassung von Arten durch Wanderung sondern auch im Hinblick auf die Reduzierung derzeit wirkender Stressoren eine wichtige Bedeutung zu. In beiden Naturräumen liegt dabei ein besonderer Fokus für Biotopverbundmaßnahmen als Anpassungsstrategie an den Klimawandel auf dem Lebensraumtyp Offenland. Auch einige der wichtigsten potentiellen Gefährdungsursachen beziehen sich auf die fehlende Offenhaltung von Lebensräumen infolge von natürlicher Sukzession, fehlender Nutzung und daran anschließender Verbrachung, aber auch infolge von Aufforstungen. Hier lassen sich dementsprechend Synergieeffekte zwischen einer naturschutzfachlich angestrebten Offenhaltung bestimmter Lebensräume und dem Schutz bzw. der Entwicklung von Biotopverbundstrukturen nutzen.

Viele der für die potentiell klimaempfindlichen Arten in Harz und Heide wichtigsten möglichen Gefährdungsursachen sind nutzungsbezogen – sei es aufgrund zu intensiver oder aufgrund von fehlender Nutzung. Für den Naturschutz ist es also von entscheidender Bedeutung, zur Umsetzung seiner Ziele die Abstimmung und Kooperation mit anderen Landnutzern zu suchen - auch deshalb, weil der Naturschutz mit eigenen Mitteln seine Ziele nur auf sehr begrenzter Fläche umsetzen kann. Die Notwendigkeit der fachübergreifenden Abstimmung und Kooperation mit anderen Landnutzern wird sich im Zuge des Klimawandels vermutlich noch verstärken, da zukünftig Flächen- oder Ressourcenkonkurrenzen sowie Auswirkungen durch eine Veränderung der Landnutzung noch deutlicher zutage treten können. Als Beispiele seien an dieser Stelle der vermehrte Flächenverbrauch für erneuerbare Energien aus Biomasse und der vermutlich steigende Bewässerungsanspruch der Landwirtschaft mit entsprechenden negativen Auswirkungen auf Feuchtgebiete genannt (vgl. DODD et al. 2010, OLESEN & BINDI 2002), was vor allem für die klimaempfindlichen Arten im Naturraum Lüneburger Heide derzeitige Gefährdungsursachen noch verstärken könnte.

Neben den in den Kapiteln 3.2 und 3.3 aufgeführten Maßnahmen sind drei weitere generelle Punkte naturschutzfachlich in Bezug auf die Anpassung an Auswirkungen des Klimawandels essentiell:

1. Mehr Fläche schützen

Vor dem Hintergrund des Klimawandels ist es aus wissenschaftlicher Sicht sinnvoll mehr Fläche unter Schutz zu stellen, um klimabedingte Auswirkungen auf Arten und Lebensräume abzumildern (HANNAH 2008, HELLER & ZAVALITA 2009, MAWDSLEY et al. 2009), da heutige Schutzsysteme unter Einwirkung des Klimawandels möglicherweise ihren Schutzzweck nicht in dem Maße erfüllen können wie ursprünglich erhofft (HODGSON et al. 2009). Hier gilt es, vor allem standörtlich heterogene sowie vom Menschen wenig beeinflusste Gebiete zu schützen, da diese – unabhängig von möglichen klimabedingten Veränderungen – aus Naturschutzsicht wertvoll bleiben (HANNAH 2008, HODGSON et al. 2009). Da der Klimawandel vermutlich die Konkurrenz um Flächen mit anderen Nutzungen verstärken wird, ist eine effiziente und zielgerichtete Schutzgebietsplanung notwendig (HELLER & ZAVALITA 2009).

2. Monitoring und adaptives Management

Ausprägung und Auswirkungen des Klimawandels sind nur bedingt prognostizierbar und Arten und Ökosysteme können auf für uns unvorhergesehene Weise darauf reagieren (vgl. HULME 2005, LAWLER et al. 2010). Sowohl zur Kontrolle von bereits durchgeführten Klimaanpassungsmaßnahmen als auch als Frühwarnsystem für Veränderungen von Artengemeinschaften und Lebensräumen ist daher die Etablierung von umfangreichen Monitoringprogrammen sinnvoll. Die Erkenntnisse aus diesen Monitoringprogrammen müssen wiederum in die Naturschutzplanung einfließen. Dazu bedarf es eines adaptiven Managements, in dem Ziele und Maßnahmen zyklisch überprüft und falls notwendig angepasst werden (vgl. HANNAH et al. 2002, LAWLER et al. 2010).

3. Stärkung der Grundlagenforschung

Neben der Etablierung von Monitoringprogrammen muss vor allem die Grundlagenforschung gestärkt werden, um die Physiologie und Ökologie der Arten im Zusammenspiel mit klimatischen Veränderungen besser verstehen zu können, da hier weiterhin zahlreiche Kenntnislücken bestehen. Für einige Arten reichen selbst ohne Berücksichtigung der Auswirkungen des Klimawandels die ökologischen Kenntnisse nicht aus, um Gefährdungsursachen hinreichend benennen oder geeignete Schutzmaßnahmen ableiten zu können (vgl. z.B. GÜNTHER et al. 2005).

Die Auswertung der Gefährdungsursachen der Arten hat deutschlandweiten Bezug und kann daher auch Gefährdungsursachen umfassen, die die Arten lokal bzw. regional nur bedingt betreffen. Die Auswertung zeigt also nicht unbedingt, wodurch die Arten im Naturraum tatsächlich, sondern eher wodurch sie potentiell am meisten bedroht sind. Da sich diese Studie für die Ableitung von Maßnahmen aber auf die artübergreifend wichtigsten Gefährdungsursachen in den Naturräumen konzentriert, ist davon auszugehen, dass grundlegende Gefährdungsdispositionen vor dem Hintergrund des Klimawandels hinreichend erfasst sind. Die vorgeschlagenen Maßnahmen sind als Zusammenstellung zu verstehen, aus der die Wahl der lokal sinnvollsten und wichtigsten Maßnahmen den Handlungsträgern vor Ort obliegt.

In dieser Studie wurden artübergreifende Handlungsprioritäten und Maßnahmen identifiziert. Manche der potentiell klimaempfindlichen Arten bedürfen aber sehr spezieller Maßnahmen, die sich von diesen eher groben Kategorien nicht fassen lassen. Auch müssen auf lokaler Ebene potentielle Zielkonflikte zwischen dem Schutz verschiedener Arten bzw. zwischen naturschutzfachlichen und ökonomischen Anforderungen an Bewirtschaftungsabläufe abgewägt werden. Die hier aufgezeigten Handlungsprioritäten und Maßnahmen sind daher lediglich als erster Konkretisierungsschritt für Anpassungsmaßnahmen im Naturraum anzusehen.

Im Rahmen dieser Studie wurden nur durch den Klimawandel potentiell gefährdete Arten berücksichtigt. Die diskutierten Maßnahmen stellen demzufolge Maßnahmen dar, die vor dem Hintergrund des Klimawandels einer zusätzlichen Priorisierung bedürfen. Sie stellen derzeitige naturschutzfachliche Prioritäten und Maßnahmen für Arten, die aufgrund anderer nicht-klimatischer Ursachen gefährdet sind, nicht in Frage.

Danksagung

Die Studie wurde im Rahmen des Forschungsverbunds KLIFF, „Klimafolgenforschung in Niedersachsen“ (2009-2013), vom Niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur gefördert. Für fachliches Feedback danke ich René Hertwig und Michael Reich (Institut für Umweltplanung). Birte Neumann und Rebecca Lauterbach möchte ich für Unterstützung beim Layout und beim Korrekturlesen danken, Dr. Louise von Falkenhayn für das Korrekturlesen der englischen Zusammenfassung.

5 Quellenverzeichnis

- ARBEITSKREIS AMPHIBIEN UND REPTILIEN NORDRHEIN-WESTFALEN (Hrsg.), 2011: Handbuch der Amphibien und Reptilien Nordrhein-Westfalens. Bielefeld: Laurenti-Verlag.
- 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.
- ARAÚJO, M. B.; THUILLER, W. & PEARSON, R.G., 2006: Climate warming and the decline of amphibians and reptiles in Europe. In: Journal of Biogeography 33: 1677-1688.
- ARAÚJO, M. B., 2009: Biodiversity and Global Change Lab. – URL: <http://www.biochange-lab.eu/>. (03.04.2010)
- BAUER, H.-G. & BERTHOLD, P., 1996: Die Brutvögel Mitteleuropas. Bestand und Gefährdung. Wiesbaden: AULA.
- 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. Wieselsheim: AULA.
- BIESBROEK, G. R.; SWART, R. J.; CARTER, T. R.; COWAN, C.; HENRICHS, T.; MELA, H.; MORECROFT, M. D. & REY, D., 2010: Europe adapts to climate change: Comparing National Adaptation Strategies. In: Global Environmental Change 20: 440–450.
- BRADSHAW, W. E., & HOLZAPFEL, C. M., 2006: Evolutionary response to rapid climate change. In: Science 312 (5779): 1477-1478.
- DANELL, K., HOFGAARD, A., CALLAGHAN, T. V., BALL, J. P., 1999: Scenarios for animal responses to global change in Europe's cold regions: an introduction. In: HOFGAARD, A., BALL, J. P., DANELL, K., CALLAGHAN, T. V. (Hrsg.): Animal responses to global change in the north. 8-15, Kopenhagen : Munksgaard International, 1999
- 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.

- DODD, A.; HARDIMAN, A.; JENNINGS, K., & WILLIAMS, G., 2010: Protected Areas and Climate Change. Reflections from a Practitioner's Perspective. *Utrecht Law Review* 6(1): 141-148.
- EBERT, G.; RENNWALD, E., 1991: Die Schmetterlinge Baden-Württembergs. Band 2: Tagfalter II. Stuttgart: Ulmer.
- GREIN, G., 1995: Rote Liste der in Niedersachsen und Bremen gefährdeten Heuschrecken. 2. Fassung, Stand 01.01.1995. - *Inform.d. Naturschutz Niedersachs.* 02/95.
- 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.
- GÜNTHER, A.; NIGMANN, U. & ACHTZIGER, R., 2005: Analyse der Gefährdungsursachen von planungsrelevanten Tiergruppen in Deutschland zur Ergänzung der bestehenden Roten Listen gefährdeter Tierarten. Bonn: Bundesamt für Naturschutz, Naturschutz und Biologische Vielfalt 21: 19-605.
- HANNAH, L.; MIDGLEY, G. F., & MILLAR, D., 2002: Climate change-integrated conservation strategies. In: *Global Ecology and Biogeography* 11(6): 485-495.
- HANNAH, L., 2008: Protected areas and climate change. In: *Annals of the New York Academy of Sciences* 1134: 201-212.
- HECKENROTH, H. & LASKE, V., 1997: Atlas der Brutvögel Niedersachsens 1981 - 1995 und des Landes Bremen. Hannover: Niedersächsisches Landesamt für Ökologie.
- HELLER, N. E. & ZAVALETA, E. S., 2009: Biodiversity management in the face of climate change: A review of 22 years of recommendations. In: *Biological Conservation* 142: 14-32.
- HODGSON, J. A.; THOMAS, C. D.; WINTLE, B. A. & MOILANEN, A., 2009: Climate change, connectivity and conservation decision making: back to basics. *Journal of Applied Ecology* (46): 964-969.

- HOFFMANN, A. A. & SGRÒ, C. M., 2011: Climate change and evolutionary adaptation. In: *Nature* 470 (7335): 479-485.
- HÖLZINGER, J. (Hrsg.), 1987: Die Vögel Baden-Württembergs (Avifauna Baden-Württembergs). Band 1: Gefährdung und Schutz. Teil 2: Artenschutzprogramm Baden-Württemberg, Artenhilfsprogramme. Stuttgart: Ulmer.
- HÖLZINGER, J. (Hrsg.), 1999: Die Vögel Baden-Württembergs. Band 3.1: Singvögel 1. Passeriformes – Sperlingsvögel. Alaudidae (Lerchen) – Sylviidae (Zweigsänger). Stuttgart: Ulmer.
- HÖLZINGER, J. (Hrsg.), 2001: Die Vögel Baden-Württembergs. Band 2.2: Nicht-Singvögel 2. Tetraonidae (Rauhfußhühner) – Alcidae (Alken). Stuttgart:Ulmer.
- HULME, P. E., 2005: Adapting to climate change: is there scope for ecological management in the face of a global threat? In: *Journal of Applied Ecology* 42: 784–794.
- HUNTLEY, B., GREEN, R. E., COLLINGHAM, Y. C., WILLIS, S. G., 2007: A climatic atlas of European breeding birds. Barcelona: Lynx.
- 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.
- LAWLER, J. J., 2009: Climate change adaptation strategies for resource management and conservation planning. In: *Annals of the New York Academy of Sciences* 1162: 79-98.
- LAWLER, J. J.; TEAR, T. H.; PYKE, C.; SHAW, M. R.; GONZALEZ, P.; KAREIVA, P.; HANSEN, L.; HANNAH, L.; KLAUSMEYER, K.; ALDOUS, A.; BIENZ, C. & PEARSALL, S., 2008: Resource management in a changing and uncertain climate. In: *Frontiers in Ecology and the Environment* 8(1): 35-43.
- LEMOINE, N., BAUER, H.-G., PEINTINGER, M., BÖHNING-GAESE, K., 2007: Effects of Climate and Land-Use Change on Species Abundance in a Central European Bird Community. In: *Conservation Biology* 21 (2): 495-503.
- LOBENSTEIN, U., 2003: Die Schmetterlingsfauna des mittleren Niedersachsens. Bestand, Ökologie und Schutz der Großschmetterlinge in der Region Hannover, der Südheide und im unteren Weser-Leine-Bergland. Hannover: Naturschutzbund Landesverband Niedersachsen

- 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.
- LOSS, S. R.; TERWILLIGER, L. A. & PETERSON, A. C., 2011: Assisted colonization: Integrating conservation strategies in the face of climate change. In: Biological conservation 144: 92-100.
- MACE, G. M. & PURVIS, A., 2008: Evolutionary biology and practical conservation: bridging a widening gap. In: Molecular Ecology 17: 9-19.
- MAWDSLEY, J. R.; O'MALLEY, R. & OJIMA, D. S., 2009: A review of climate-change adaptation strategies for wildlife management and biodiversity conservation. In: Conservation Biology 23(5): 1080-1089.
- NLÖ (NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR ÖKOLOGIE) (Hrsg.), 1993: Kartographische Arbeitsgrundlage für faunistische und floristische Erfassungen – Naturschutz Landschaftspf. 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.
- NLWKN (Hrsg.), 2009: Vollzugshinweise zum Schutz von Brutvogelarten in Niedersachsen. Teil 1: Wertbestimmende Brutvogelarten der Vogelschutzgebiete mit höchster Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen – Grauspecht (*Picus canus*). – Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz, Hannover, unveröff.
- NLWKN (Hrsg.), 2010: Vollzugshinweise zum Schutz von Brutvogelarten in Niedersachsen. Teil 2: Wertbestimmende Brutvogelarten der EU-Vogelschutzgebiete mit Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen – Schwarzstorch (*Ciconia nigra*). – Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz, Hannover, unveröff.
- NLWKN (Hrsg.), 2011a: Vollzugshinweise zum Schutz von Amphibien- und Reptilienarten in Niedersachsen. – Amphibienarten des Anhangs IV der FFH-Richtlinie mit Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen – Moorfrosch (*Rana arvalis*). – Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz, Hannover, unveröff.
- NLWKN (Hrsg.), 2011b: Vollzugshinweise zum Schutz von Amphibien- und Reptilienarten in Niedersachsen. – Amphibienarten des Anhangs IV der FFH-Richtlinie mit Priorität für Er-

- haltungs- und Entwicklungsmaßnahmen – Knoblauchkröte (*Pelobates fuscus*). – Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz, Hannover, unveröff.
- NLWKN (Hrsg.), 2011c: Vollzugshinweise zum Schutz von Amphibien- und Reptilienarten in Niedersachsen. – Amphibienarten des Anhangs II der FFH-Richtlinie mit Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen. – Rotbauchunke (*Bombina bombina*). – Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz, Hannover, unveröff.
- NLWKN (Hrsg.), 2011d: Vollzugshinweise zum Schutz von Amphibien- und Reptilienarten in Niedersachsen. – Reptilienarten mit Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen – Kreuzotter (*Vipera berus*). – Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz, Hannover, unveröff.
- NLWKN (Hrsg.), 2011e: Vollzugshinweise zum Schutz von Amphibien- und Reptilienarten in Niedersachsen. – Amphibienarten des Anhangs IV der FFH-Richtlinie mit Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen – Kreuzkröte (*Bufo calamita*). – Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz, Hannover, unveröff.
- NLWKN (Hrsg.), 2011f: Vollzugshinweise zum Schutz von Amphibien- und Reptilienarten in Niedersachsen. – Amphibienarten des Anhangs IV der FFH-Richtlinie mit Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen – Springfrosch (*Rana dalmatina*). – Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz, Hannover, unveröff.
- NLWKN (Hrsg.), 2011g: Vollzugshinweise zum Schutz von Amphibien- und Reptilienarten in Niedersachsen. – Amphibienarten des Anhangs IV der FFH-Richtlinie mit Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen – Geburtshelferkröte (*Alytes obstetricans*). – Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz, Hannover, unveröff.
- NLWKN (Hrsg.), 2011h: Vollzugshinweise zum Schutz von Amphibien- und Reptilienarten in Niedersachsen. – Amphibienarten des Anhangs IV der FFH-Richtlinie mit Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen – Laubfrosch (*Hyla arborea*). – Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz, Hannover, unveröff.
- NLWKN (Hrsg.), 2011i: Vollzugshinweise zum Schutz von Amphibien- und Reptilienarten in Niedersachsen. – Amphibienarten des Anhangs II der FFH-Richtlinie mit Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen – Gelbbauchunke (*Bombina variegata*). – Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz, Hannover, unveröff.
- NLWKN (Hrsg.), 2011j: Vollzugshinweise zum Schutz von Amphibien- und Reptilienarten in Niedersachsen. – Amphibienarten des Anhangs IV der FFH-Richtlinie mit Priorität für Erhal-

- tungs- und Entwicklungsmaßnahmen – Wechselkröte (*Bufo viridis*). – Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz, Hannover, unveröff.
- NLWKN (Hrsg.), 2011k: Vollzugshinweise zum Schutz von Brutvogelarten in Niedersachsen. – Wertbestimmende Brutvogelarten der Vogelschutzgebiete mit höchster Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen – Tüpfelsumpfhuhn (*Porzana porzana*). – Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz, Hannover, unveröff.
- NLWKN (Hrsg.), 2011l: Vollzugshinweise zum Schutz von Brutvogelarten in Niedersachsen. – Wertbestimmende Brutvogelarten der EU-Vogelschutzgebiete mit Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen – Kornweihe (*Circus cyaneus*) (Brut- und Gastvogelart). – Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz, Hannover, unveröff.
- NLWKN (Hrsg.), 2011m: Vollzugshinweise zum Schutz von Brutvogelarten in Niedersachsen. – Wertbestimmende Brutvogelarten der EU-Vogelschutzgebiete mit Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen – Rohrdommel (*Botaurus stellaris*) (Brut- und Gastvogelart). – Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz, Hannover, unveröff.
- NLWKN (Hrsg.), 2011n: Vollzugshinweise zum Schutz von Brutvogelarten in Niedersachsen. – Wertbestimmende Brutvogelarten der EU-Vogelschutzgebiete mit Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen – Rohrweihe (*Circus aeruginosus*). – Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz, Hannover, unveröff.
- NLWKN (Hrsg.), 2011o: Vollzugshinweise zum Schutz von Brutvogelarten in Niedersachsen. – Wertbestimmende Brutvogelarten der Vogelschutzgebiete mit höchster Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen – Knäkente (*Anas querquedula*). – Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz, Hannover, unveröff.
- NLWKN (Hrsg.), 2011p: Vollzugshinweise zum Schutz von Brutvogelarten in Niedersachsen. – Wertbestimmende Brutvogelarten der EU-Vogelschutzgebiete mit Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen – Weißstorch (*Ciconia ciconia*). – Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz, Hannover, unveröff.
- NLWKN (Hrsg.), 2011q: Vollzugshinweise zum Schutz von Brutvogelarten in Niedersachsen. – Wertbestimmende Brutvogelarten der Vogelschutzgebiete mit höchster Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen – Birkhuhn (*Tetrao tetrix*). – Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz, Hannover, unveröff.
- NLWKN (Hrsg.), 2011r: Vollzugshinweise zum Schutz von Brutvogelarten in Niedersachsen. – Wertbestimmende Brutvogelarten der EU-Vogelschutzgebiete mit Priorität für Erhaltungs-

- und Entwicklungsmaßnahmen – Wiesenweihe (*Circus pygargus*). – Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz, Hannover, unveröff.
- NLWKN (Hrsg.), 2011s: Vollzugshinweise zum Schutz von Brutvogelarten in Niedersachsen. – Wertbestimmende Brutvogelarten der EU-Vogelschutzgebiete mit Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen – Wachtelkönig (*Crex crex*). – Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz, Hannover, unveröff.
- NLWKN (Hrsg.), 2011t: Vollzugshinweise zum Schutz von Brutvogelarten in Niedersachsen. – Wertbestimmende Brutvogelarten der Vogelschutzgebiete mit höchster Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen – Löffelente (*Anas clypeata*). – Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz, Hannover, unveröff.
- NLWKN (Hrsg.), 2011u: Vollzugshinweise zum Schutz von Brutvogelarten in Niedersachsen. – Wertbestimmende Brutvogelarten der Vogelschutzgebiete mit höchster Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen – Kiebitz (*Vanellus vanellus*). – Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz, Hannover, unveröff.
- NLWKN (Hrsg.), 2011w: Vollzugshinweise zum Schutz von Brutvogelarten in Niedersachsen. – Wertbestimmende Brutvogelarten der EU-Vogelschutzgebiete mit Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen – Braunkehlchen (*Saxicola rubetra*). – Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz, Hannover, unveröff.
- NLWKN (Hrsg.), 2011v: Vollzugshinweise zum Schutz von Brutvogelarten in Niedersachsen. – Wertbestimmende Brutvogelarten der Vogelschutzgebiete mit höchster Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen – Großer Brachvogel (*Numenius arquata*). – Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz, Hannover, unveröff.
- NLWKN (Hrsg.), 2011x: Vollzugshinweise zum Schutz von Brutvogelarten in Niedersachsen. – Wertbestimmende Brutvogelarten der Vogelschutzgebiete mit höchster Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen – Bekassine (*Gallinago gallinago*). – Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz, Hannover, unveröff.
- NLWKN (Hrsg.), 2011y: Vollzugshinweise zum Schutz von Brutvogelarten in Niedersachsen. – Wertbestimmende Brutvogelarten der EU-Vogelschutzgebiete mit Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen – Rohrschwirl (*Locustella luscinioides*). – Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz, Hannover, unveröff.
- NLWKN (Hrsg.), 2011z: Vollzugshinweise zum Schutz von Brutvogelarten in Niedersachsen. – Wertbestimmende Brutvogelarten der EU-Vogelschutzgebiete mit Priorität für Erhaltungs-

- und Entwicklungsmaßnahmen – Trauerseeschwalbe (*Chlidonias niger*). – Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz, Hannover, unveröff.
- NLWKN (Hrsg.), 2011aa: Vollzugshinweise zum Schutz von Brutvogelarten in Niedersachsen. – Wertbestimmende Brutvogelarten der Vogelschutzgebiete mit höchster Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen – Sandregenpfeifer (*Charadrius hiaticula*). – Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz, Hannover, unveröff.
- NLWKN (Hrsg.), 2011ab: Vollzugshinweise zum Schutz von Brutvogelarten in Niedersachsen. – Wertbestimmende Brutvogelarten der Vogelschutzgebiete mit höchster Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen – Sumpfhöhreule (*Asio flammeus*). – Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz, Hannover, unveröff.
- NLWKN (Hrsg.), 2011ac: Vollzugshinweise zum Schutz von Brutvogelarten in Niedersachsen. – Wertbestimmende Brutvogelarten der Vogelschutzgebiete mit höchster Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen – Rotschenkel (*Tringa totanus*). – Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz, Hannover, unveröff.
- NLWKN (Hrsg.), 2011ad: Vollzugshinweise zum Schutz von Brutvogelarten in Niedersachsen. – Wertbestimmende Brutvogelarten der EU-Vogelschutzgebiete mit Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen – Drosselrohrsänger (*Acrocephalus arundinaceus*). – Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz, Hannover, unveröff.
- NLWKN (Hrsg.), 2011ae: Vollzugshinweise zum Schutz von Brutvogelarten in Niedersachsen. – Wertbestimmende Brutvogelarten der Vogelschutzgebiete mit höchster Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen – Uferschnepfe (*Limosa limosa*). – Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz, Hannover, unveröff.
- NLWKN (Hrsg.), 2011af: Vollzugshinweise zum Schutz von Wirbellosenarten in Niedersachsen. – Wirbellosenarten des Anhangs II der FFH-Richtlinie mit höchster Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen – Vogel-Azurjungfer (*Coenagrion ornatum*). – Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz, Hannover, unveröff.
- NLWKN (Hrsg.), 2011ag: Vollzugshinweise zum Schutz von Wirbellosenarten in Niedersachsen. – Wirbellosenarten des Anhangs IV der FFH-Richtlinie mit höchster Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen – Grüne Mosaikjungfer (*Aeshna viridis*). – Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz, Hannover, unveröff.
- NLWKN (Hrsg.), 2011ah: Vollzugshinweise zum Schutz von Wirbellosenarten in Niedersachsen. – Wirbellosenarten mit Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen – Lun-

genenzianbläuling (*Maculinea alcon ssp. alcon*). – Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz, Hannover, unveröff.

NLWKN (Hrsg.), 2011ai: Vollzugshinweise zum Schutz von Wirbellosenarten in Niedersachsen. – Wirbellosenarten mit Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen – Rote Keulenschrecke (*Gomphocerippus rufus*). – Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz, Hannover, unveröff.

NLWKN (Hrsg.), 2011aj: Vollzugshinweise zum Schutz von Wirbellosenarten in Niedersachsen. – Wirbellosenarten mit Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen – Plumpschrecke (*Isophya kraussi*). – Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz, Hannover, unveröff.

NLWKN (Hrsg.), 2011al: Vollzugshinweise zum Schutz von Wirbellosenarten in Niedersachsen. – Wirbellosenarten mit Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen – Zweipunkt-Dornschröcke (*Tetrix bipunctata*). – Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz, Hannover, unveröff.

NLWKN (Hrsg.), 2011am: Vollzugshinweise zum Schutz von Wirbellosenarten in Niedersachsen. – Wirbellosenarten mit Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen – Maulwurfsgrielle (*Gryllotalpa gryllotalpa*). – Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz, Hannover, unveröff.

NLWKN (Hrsg.), 2011ao: Vollzugshinweise zum Schutz von Wirbellosenarten in Niedersachsen. – Wirbellosenarten des Anhangs II der FFH-Richtlinie mit höchster Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen – Große Moosjungfer (*Leucorrhinia pectoralis*). – Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz, Hannover, unveröff.

NLWKN (Hrsg.), 2011ap: Vollzugshinweise zum Schutz von Wirbellosenarten in Niedersachsen. – Wirbellosenarten des Anhangs II der FFH-Richtlinie mit höchster Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen – Helm-Azurjungfer (*Coenagrion mercuriale*). – Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz, Hannover, unveröff.

NLWKN (Hrsg.), 2011aq: Vollzugshinweise zum Schutz von Wirbellosenarten in Niedersachsen. – Wirbellosenarten des Anhangs II der FFH-Richtlinie mit höchster Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen – Skabiosen-Scheckenfalter (Goldener Scheckenfalter) (*Euphydryas aurinia*). – Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz, Hannover, unveröff.

- NLWKN (Hrsg.), 2011as: Vollzugshinweise zum Schutz von Wirbellosenarten in Niedersachsen. – Wirbellosenarten mit Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen – Westliche Dornschröcke (*Tetrix ceperoi*). – Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz, Hannover, unveröff.
- NLWKN (Hrsg.), 2011at: Vollzugshinweise zum Schutz von Wirbellosenarten in Niedersachsen. – Wirbellosenarten des Anhangs IV der FFH-Richtlinie mit Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen – Schwarzfleckiger Ameisenbläuling (*Maculinea arion*). – Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz, Hannover, unveröff.
- 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.
- OPDAM, P. & WASCHER, D., 2004: Climate change meets habitat fragmentation: linking landscape and biogeographical scale levels in research and conservation. In: Biological conservation 117(3): 285-297.
- 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.
- PRIMACK, R. B., 2008: A Primer of Conservation Biology. 4th edition. Sunderland: Sinauer Associates Inc.
- 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: Bundesamt für Naturschutz.
- SALA, O. E.; CHAPIN, F. S.; ARMESTO, J. J.; BERLOW, E.; BLOOMFIELD, J.; DIRZO, R.; HUBER-SANWALD, E.; HUENNEKE, L. F.; JACKSON, R. B.; KINZIG, A.; LEEMANS, R.; LODGE, D. M.; MOONEY, H. A.; OESTERHELD, M.; POFF, N. L.; SYKES, M. T.; WALKER, B. H.; WALKER, M. & WALL, D. H., 2000: Global biodiversity scenarios for the year 2100. In: Science 287(5459): 1770-1774.
- SCHAEFER, H.-C., JETZ, W., BÖHNING-GAESE, K., 2008: Impacts of climate change on migratory birds: community reassembly versus adaptation. In: Global Ecology and Biogeography (17): 38-49.

- 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.
- SMITH, J.B., 1997: Setting priorities for adapting to climate change. In: *Global Environmental Change* 7 (3): 251-264.
- 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.
- SYBERTZ, J. & REICH, M. 2018: Empfindlichkeit von Tierarten gegenüber den erwarteten Klimaänderungen in den naturräumlichen Regionen „Harz“ und „Lüneburger Heide und Wendland“. *Umwelt und Raum Bd. 10*: 7-56, Institut für Umweltplanung, Hannover.
- THOMAS, C. D.; CAMERON, A.; GREEN, R. E.; BAKKENES, M.; BEAUMONT, L. J.; COLLINGHAM, Y. C.; ERASMUS, B. F. N.; FERREIRA DE SIQUEIRA, M.; GRAINGER, A.; HANNAH, L.; HUGHES, L.; HUNTLEY, B.; VAN JAARSVELD, A. S.; MIDGLEY, G. F.; MILES, L.; ORTEGA-HUERTA, M. A.; PETERSON, A. T.; PHILLIPS, O. L. & WILLIAMS, S. E., 2004: Extinction risk from climate change. In: *Nature* 427(6970): 145-148.
- VISSER, M. E., 2008: Keeping up with a warming world; assessing the rate of adaptation to climate change. In: *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 275 (1635): 649-659.
- 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.
- 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

Tab. S1: Arten der niedersächsischen Roten Listen (1, 2, 3, G, V, R) in den Naturräumen Harz und Lüneburger Heide, die nach REICH et al. (2012) aufgrund von Arealverschiebungen infolge des Klimawandels potentiell in Europa gefährdet und besonders auf einen Biotopverbund in Deutschland angewiesen sind mit Angabe der Ansprüche an Lebensraumtyp und Feuchte des Lebensraumes (W=Wald, O=Offenland, G=Gewässer; tro=trocken, fri=frisch, feu=feucht, gen=Generalist). Potentiell klimaempfindliche Arten nach SYBERTZ & REICH (2018) sind hervorgehoben.

Art	Status nach Roter Liste Niedersachsen ¹⁾	Vorkommen im Naturraum Harz ²⁾	Vorkommen im Naturraum Lüneburger Heide ²⁾	Indexwert Empfindlichkeit nach Klimaänderungssignalen (SYBERTZ & REICH 2018)	Indexwert Empfindlichkeit nach Anpassungspotential (SYBERTZ & REICH 2018)	Biotopverbund: Anspruch an Lebensraumtyp / Feuchte des Lebensraumes (REICH et al. 2012)
Vögel						
Kornweihe (<i>Circus cyaneus</i>)	2	0	1	0,3	0,3	O-gen
Wiesenweihe (<i>Circus pygargus</i>)	2	0	1	0,5	0,5	O-gen
Haselhuhn (<i>Tetrastes bonasia</i>)	1	1	0	0,7	1,0	W-gen
Birkhuhn (<i>Tetrao tetrix</i>)	1	0	1	0,5	1,0	O-fri, O-feu
Flussuferläufer (<i>Actitis hypoleucos</i>)	1	0	1	0,0	0,5	G
Uhu (<i>Bubo bubo</i>)	3	1	0	0,0	0,3	O-gen
Ziegenmelker (<i>Caprimulgus europaeus</i>)	3	0	1	0,0	0,5	O-tro, W-tro
Bienenfresser (<i>Merops apiaster</i>)	R	0	1	0,0	0,5	O-tro
Grauspecht (<i>Picus canus</i>)	1	1	0	0,3	0,3	W-fri, W-feu
Brachpieper (<i>Anthus campestris</i>)	1	0	1	0,0	0,8	O-tro
Ringdrossel (<i>Turdus torquatus</i>)	1	1	0	1,0	0,5	O-fri, O-feu, W-fri, W-feu
Rohrschwirl (<i>Locustella luscinioides</i>)	3	0	1	1,0	0,5	G
Drosselrohrsänger (<i>Acrocephalus arundinaceus</i>)	1	0	1	0,3	0,8	G
Sperbergrasmücke (<i>Sylvia nisoria</i>)	3	0	1	0,0	0,3	O-gen
Ortolan (<i>Emberiza hortulana</i>)	1	0	1	0,0	0,5	O-tro
Amphibien						
Rotbauchunke (<i>Bombina bombina</i>)	1	0	1	0,3	1,0	G
Gelbbauchunke (<i>Bombina variegata</i>)	1	1	1	0,7	0,8	G
Wechselkröte (<i>Bufo viridis</i>)	1	0	1	0,3	0,3	G
Springfrosch (<i>Rana dalmatina</i>)	2	0	1	0,3	1,0	G
Kleiner Wasserfrosch (<i>Rana lessonae</i>)	2	1	1	0,5	0,5	G

Art	Status nach Roter Liste Niedersachsen ¹⁾	Vorkommen im Naturraum Harz ²⁾	Vorkommen im Naturraum Lüneburger Heide ²⁾	Indexwert Empfindlichkeit nach Klimaänderungssignalen (SYBERTZ & REICH 2018)	Indexwert Empfindlichkeit nach Anpassungspotential (SYBERTZ & REICH 2018)	Biotopeverbund: Anspruch an Lebensraumtyp / Feuchte des Lebensraumes (REICH et al. 2012)
Feuersalamander (<i>Salamandra salamandra</i>)	3	1	1	0,5	1,0	G
Seefrosch (<i>Rana ridibunda</i>)	3	1	1	0,0	0,3	G
Tagfalter						
Malven-Würfelfalter (<i>Carcharodus alceae</i>)	1	0	1	0,0	0,0	O-tro
Sonnenröschen-Würfelfalter (<i>Pyrgus alveus</i>)	1	0	1	0,0	0,8	O-tro
Violetter Feuerfalter (<i>Lycaena alciphron</i>)	1	0	1	0,0	0,5	O-gen
Magerrasen-Perlmutterfalter (<i>Boloria dia</i>)	1	1	1	0,0	0,3	O-tro
Kleiner Schillerfalter (<i>Apatura ilia</i>)	1	0	1	0,0	0,3	W-feu
Braunaug (<i>Lasiommata maera</i>)	1	1	0	0,3	0,3	O-tro
Rundaugen-Mohrenfalter (<i>Erebia medusa</i>)	1	1	0	0,3	0,3	O-gen
Eisenfarbiger Samtfalter (<i>Hipparchia statilinus</i>)	1	0	1	0,0	0,5	O-tro
Tintenfleck-Weißling (<i>Leptidea sinapis</i>)	2	1	1	0,0	0,0	O-fri, O-feu
Schlüsselblumen-Würfelfalter (<i>Hamearis lucina</i>)	2	1	1	0,7	0,8	O-gen, W-gen
Silbergrüner Bläuling (<i>Polyommatus coridon</i>)	2	1	0	0,3	1,0	O-tro
Rostbraunes Wiesenvögelchen (<i>Coenonympha glycerion</i>)	2	0	1	0,3	0,8	O-gen
Rotbraunes Ochsenauge (<i>Pyronia tithonus</i>)	2	0	1	0,0	0,3	W-gen
Mattscheckiger Dickkopffalter (<i>Thymelicus acteon</i>)	3	1	1	0,0	0,5	O-tro
Resedafalter (<i>Pontia daplidice</i>)	3	1	1	0,0	0,0	O-tro
Spiegelfleck-Dickkopffalter (<i>Heteropterus morpheus</i>)	V	0	1	1,0	0,8	O-feu

1) 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;

2) Vorkommen im Naturraum: 0= Art kommt nicht vor; 1= Art kommt vor; für Amphibien und Tagfalter 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)

Summary

Priorities for nature conservation measures to facilitate the adaptation of species to climate change within the “Harz” and “Lüneburger Heide und Wendland” (Lower Saxony) ecoregions

In light of climate change, reducing non-climatic stressors and increasing habitat connectivity are two strategies often recommended for nature conservation to mitigate climate change induced impacts on species. This study aims at specifying these rather coarse strategies and developing and prioritizing climate change related conservation measures for the “Harz” and “Lüneburger Heide und Wendland” ecoregions. Therefore, non-climatic stressors currently affecting potential climate-sensitive species are identified. Additionally, the habitat preferences of potential climate-sensitive species, which benefit most from an increased habitat connectivity, are analyzed.

Within the “Harz” ecoregion, conservation measures for reducing eutrophication are of greatest importance for climate change adaptation, followed by measures for increasing habitat connectivity and reducing land consumption, measures for the preservation of open landscapes, measures for a nature-oriented forest management and measures for maintaining and promoting wetlands. Within the “Lüneburger Heide und Wendland” ecoregion, conservation measures for maintaining and promoting wetlands are of most importance for climate change adaptation, followed by measures for the extensification of agriculture, measures for the preservation of open landscapes, as well as measures for increasing habitat connectivity and reducing land consumption. In both ecoregions, most potential climate-sensitive species, which benefit from an increased habitat connectivity, live in (dry) open land. Within the “Lüneburger Heide und Wendland” ecoregion, additional emphasis on measures for increasing habitat connectivity should be put on waterbodies. Additionally, increasing the amount of protected areas, together with establishing monitoring programs and adaptive management, are recommended as supplementary adaption strategies to address climate change impacts.

Autorin

Janine Sybertz
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>

