

NATUR UND LANDSCHAFT

Zeitschrift für Naturschutz und Landschaftspflege

Verlag W. Kohlhammer

8 . Jahrgang 20

Schutzgebiete im Klimawandel – Risiken für Schutzgüter

Protected areas under climate change – targets at risk

Katrin Vohland, Franz Badeck, Katrin Böhning-Gaese, Jan Hanspach, Stefan Klotz, Ingolf Kühn, Irina Laube, Monika Schwager, Sven Trautmann und Wolfgang Cramer

Zusammenfassung

Das Bundesamt für Naturschutz (BfN) hat im Jahr 2006 ein innovatives Forschungsprojekt zur Bedeutung des Klimawandels in Schutzgebieten initiiert. In dieser Synthese geben wir einen Überblick über die Hauptergebnisse und diskutieren die Implikationen für den Naturschutz.

Das Schutzgebietssystem in Deutschland ist durch den Klimawandel nicht einheitlich betroffen. Das Risiko für die Schutzgüter unterscheidet sich je nach Sensitivität der Arten bzw. Lebensräume, der räumlichen Lage sowie der Bewertung der Relevanz, die der Änderung von einzelnen Schutzgütern beigemessen wird. Übergreifend stellt die Veränderung des Wasserhaushalts ein Risiko dar, wie anhand von voneinander unabhängigen Verfahren wie der ökohydrologischen Modellierung des Wasserhaushalts und der statistischen Modellierung der Verbreitung und Zusammensetzung von Pflanzengesellschaften deutlich wird.

Auf Grund der multiplen Stressfaktoren bleiben viele Maßnahmen des Naturschutzes auch unter den Bedingungen des Klimawandels gültig bzw. werden noch dringlicher. Der gesellschaftliche Diskurs muss sich stärker mit den multiplen Funktionen der (Kultur-)Landschaft befassen, die zudem in enger Wechselwirkung mit dem Klimawandel stehen.

1 Einleitung

Die Verfügbarkeit von Energie und Wasser bestimmt auf globaler Ebene maßgeblich das Vorkommen von Organismen (Tiere, Pflanzen, Pilze, Mikroorganismen) und ihre funktionellen Beziehungen untereinander. Veränderungen des Klimas beeinflussen dieses Wirkungsgefüge maßgeblich und führen zu Anpassungsreaktionen bzw. ggf. zum Aussterben dieser Organismen – sei es durch Veränderung des Verbreitungsgebiets, des Verhaltens, oder durch physiologische oder evolutive Anpassung. Dies kann sowohl rein phänotypische als auch genetische Ursachen haben. Lokal verändern sich entsprechend Flora und Fauna sowie die entsprechenden Lebensgemeinschaften.

Ein Teil der Tiere und Pflanzen, aber auch die entsprechenden Lebensräume, sind über verschiedene gesetzliche Regularien geschützt, wie z. B. die Vogelschutzrichtlinie und die Fauna-Flora-Habitatrichtlinie (FFH-RL) der EU, die auch in nationales Recht umgesetzt sind. Dem Gebietsschutz kommt dabei eine wichtige Rolle zu.

Ziel dieser Studie, die zu den ersten dieser Art in Deutschland gehört, ist zu untersuchen, welche klimatischen Veränderungen in den Schutzgebieten zu erwarten sind, und welche Auswirkungen diese Veränderungen auf die Schutzgüter haben können, um Informationen zur Evaluierung der Schutzfunktion unter sich wandelnden klimatischen Be-

dingungen bereitzustellen. Schutzgebiete sind dabei von besondere Bedeutung, weil sie einen höheren Anteil an seltenen und gefährdeten Arten, Artgemeinschaften und Lebensräumen aufweisen und sich aus der FFH-Richtlinie eine besondere rechtliche Verpflichtung für vorsorgende Maßnahmen ergibt. Für diese Analysen werden Regionen, Habitate und Arten bezüglich ihres relativen Risikos verglichen. Dabei kommen sehr unterschiedliche Methoden zum Einsatz, die von der Erstellung und Herunterskalierung regionaler Klimaszenarien über verschiedene Projektionen mittels statistischer und prozessbasierter Modelle bis hin zu GIS-basierten Analysen reichen.

Dieser Artikel soll einen Überblick über die wichtigsten Ergebnisse der Risikoanalyse geben.

2 Material und Methoden

2.1 Klimaszenarien für Schutzgebiete

Die verwendeten Klimaszenarien wurden aus Ergebnissen einer Simulation des zukünftigen Klimas mit dem globalen Atmosphären-Zirkulationsmodell „ECHAM 5“ für das Emissionsszenario A1B des Weltklimarats (IPCC = Intergovernmental Panel on Climate Change) hergeleitet. Der von ECHAM berechnete Trend in den Temperaturen wurde mit dem statistischen regionalen Klimamodell STAR (ORLOWSKY et al. 2008) in Sze-

Tabelle 1: Datengrundlagen und Modelltypen der Modellierung der Vorkommenswahrscheinlichkeit von Pflanzen und Vögeln

Table 1: Data basis and model types to project the probability of occurrence for plants and birds

	Pflanzen	Vögel
Modelltyp	generalisierte lineare Modelle (GLM) generalisierte additive Modelle (GAM)	generalisierte lineare Modelle (GLM)
Software	BIOMOD (THUILLER et al. 2009)	–
Auflösung der Kalibrierungsdaten	50 × 50 km	50 × 50 km
Auflösung der Projektionen	Schutzgebetsmittelpunkte	50 × 50 km
Landnutzungsdaten	Corine Land Cover 2000 (35 Klassen)	Corine Land Cover 2000 (17 Klassen)
Bodendaten	ESDB 2004 (http://eussoils.jrc.ec.europa.eu)	–
Verbreitungsdaten	Atlas Florae Europaeae Datenbank (AFE)	EBCC Atlas of European Breeding Birds
Anzahl modellierbarer Arten	634 Gefäßpflanzenarten	349 terrestrische Vogelarten
Klimamodell	STAR „trocken“ und „feucht“	STAR „trocken“ und „feucht“
Modellgüte	Kappa-Werte: GLM 0,57 ± 0,13; GAM 0,6 ± 0,12 AUC-Werte: GLM 0,89 ± 0,05; GAM 0,91 ± 0,05	Kappa-Werte: 0,61 ± 0,16 AUC-Werte: 0,92 ± 0,06

narien für Stationen aus dem Messnetz des Deutschen Wetterdienstes umgesetzt. Ausgehend von den Stationsszenarien wurden Szenarien für die Mittelpunkte der FFH- und den bis 2006 gemeldeten Teil der Vogelschutzgebiete sowie für die Mittelpunkte des durch die Topographischen Karten 1:25000 („Messtischblätter“) vorgegebenen Rasters (im Folgenden TK-Raster genannt) interpoliert (BADECK et al. 2008). Da sich die projizierten Temperaturen bis Mitte des Jahrhunderts relativ wenig hinsichtlich der Höhe des Anstiegs unterscheiden, wird im Folgenden vorwiegend die Varianz der Niederschläge aufgezeigt.

Es wurden 100 Realisierungen des STAR-Modells gerechnet (= mögliche verschiedene Wetterverläufe für denselben globalen Temperaturanstieg). Zur Abdeckung der Spannbreite werden die Szenarienvarianten „feucht-(kalt)“ sowie „trocken-(heiß)“ gezeigt, die die Extreme der Wahrscheinlichkeitsverteilung wiedergeben. Die Ergebnisse der Modellierung wurden für die über 4000 FFH-Gebiete öffentlich zugänglich gemacht und können entweder über den Namen des Schutzgebiets oder über eine räumliche Einordnung abgefragt werden (<http://www.pik-potsdam.de/infothek>).

2.2 Ökohydrologische Modellierung

Zur Modellierung der veränderten Abflüsse kleiner Bäche sowie der Bodenfeuchte wurde das ökohydrologische Modell SWIM (Soil and Water Integrated Model; KRYSANOVA et al. 2000; HATTERMANN et al. 2008) eingesetzt. SWIM berücksichtigt sowohl die lateralen als auch horizontalen Bewegungen des Wassers sowie den Einfluss von Vegetation, Boden und Landnutzung. Getestet wird das Modell überwiegend durch den Vergleich zwischen simulierten und gemessenen Pegelständen.

2.3 Modellierung der Vorkommenswahrscheinlichkeit von Pflanzen und Vögeln

Die Grundlage der Modellierung von veränderten Vorkommenswahrscheinlichkeiten von Pflanzen und Vögeln unter Klimawandel sind statistische Beziehungen zwischen dem Vorkommen von Arten und Umweltparametern (KÜHN et al. 2009; THUILLER et al. 2009). Die im Projekt verwendeten Methoden für Pflanzen und Vögel ähneln sich stark. Modelltypen und Datengrundlagen sind Tab. 1 zu entnehmen. Hervorzuheben ist jedoch, dass die Modellkalibrierung auf den europäischen Arealen beruht, weil eine Beschränkung auf die deutschen Areale die Reaktion der Arten auf den Klimawandel

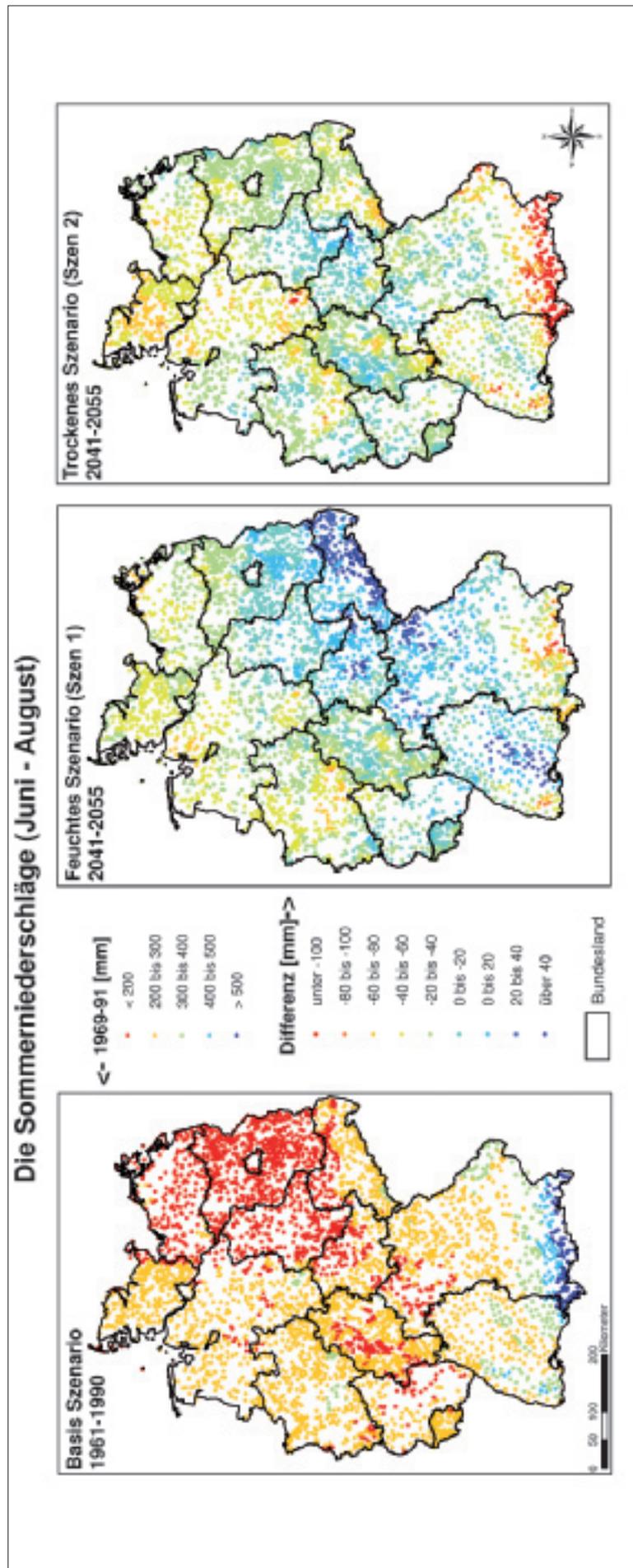


Abb. 1: Mittlere Sommer-Niederschläge (Juni–August), projiziert auf die Mittelpunkte der Schutzgebiete in Deutschland; rechts: feuchtes Szenario, rechts: trockenes Szenario, je die Differenzen der Periode 2041–2055 zum Beobachtungszeitraum

Fig. 1: Mean summer precipitation (June–August), projected to the centre points of the protected areas of Germany; centre: wet scenario; right: dry scenario; differences between 2041–2055 and the observation period

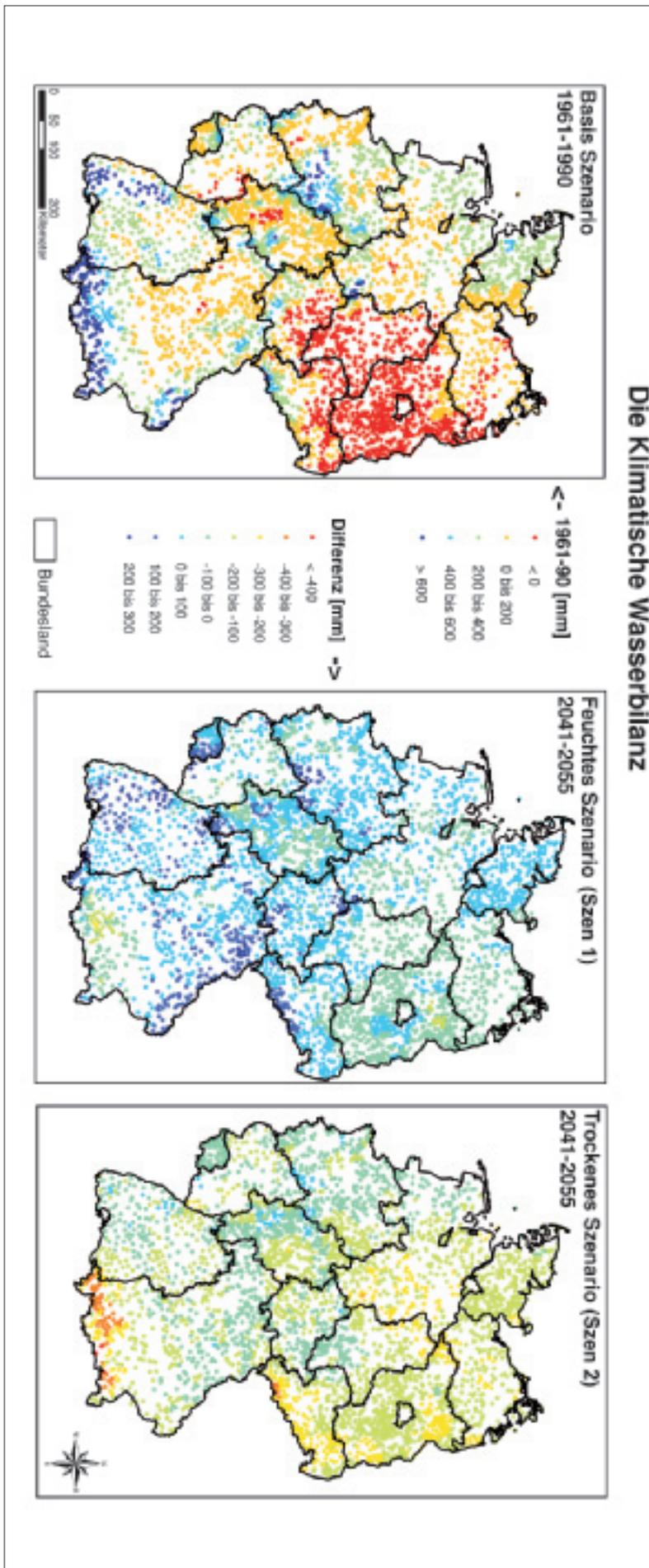


Abb. 2: Die Klimatische Wasserbilanz (KWB): links: Beobachtungszeitraum (1961 – 1990); mittig: feuchtes Szenario; rechts: trockenes Szenario; jeweils die Differenzen der Periode 2041 – 2055 zum Beobachtungszeitraum
 Climatic Water Balance (CWB); left: observation period (1961 – 1990); centre: wet scenario; right: dry scenario; differences between 2041 – 2055 and the observation period

auf Grund unzureichender Berücksichtigung der potenziellen Klima-Nische überschätzen würde (POMPE et al. 2009).

3 Ergebnisse

3.1 Klimaszenarien

Nach den Klimaszenarien werden die Temperaturen in allen Schutzgebieten Deutschlands weiter ansteigen. Bei den Niederschlagsprojektionen gibt es hingegen keine einheitliche Tendenz, dort sind die Unsicherheiten viel größer, wie beispielhaft anhand der Sommerniederschläge in der Erzgebirgsregion zu sehen ist (Abb. 1, S. 205). Die Klimaszenarien reichen von einer deutlichen Zunahme bis hin zu einer deutlichen Abnahme der Niederschläge.

Da die Wasserverfügbarkeit im Boden nicht nur von den Niederschlägen, sondern auch von der (temperaturabhängigen) Verdunstung bestimmt wird, wird die Klimatische Wasserbilanz (KWB) als sinnvoller integrativer Indikator verwendet (Abb. 2). Übersteigt die potenzielle Verdunstung die Niederschläge, wird die KWB negativ. Auch in Gebieten, die möglicherweise höhere Niederschläge erhalten, kann die KWB auf Grund der höheren Temperaturen und der damit verbundenen höheren Verdunstung negativ werden. Es ist zu sehen, dass die Schutzgebiete im jetzt schon trockeneren ostdeutschen Bereich eher noch trockener werden. Große Unsicherheiten gibt es im Erzgebirge. Die Alpen und einige Mittelgebirge (z. B. Pfälzer Wald, Harz) bleiben trotz hoher Verluste Gebiete mit einer deutlich positiven KWB.

3.2 Hydrologie von Schutzgebieten

Die Ergebnisse des ökohydrologischen Modells SWIM haben in verschiedenen Bereichen gezeigt, dass dem Wasserhaushalt bei der Sicherung der Habitatqualität eine herausragende Bedeutung zukommt. Eine Pilotstudie zur Bodenfeuchte in Brandenburg hat ergeben, dass Schutzgebiete überproportional vom Verlust der absoluten Bodenfeuchte betroffen waren (HOLSTEN et al. 2009). Aber auch die Dynamik von Fließgewässern verändert sich. Unter dem Klimawandel nimmt die Anzahl an Niedrigwassertagen in Flüssen des deutschen Natura-2000-Netzes zu (PRANGE 2009). Das Risiko des Wasserstandsrückgangs in Seen durch den Klimawandel ist regional unterschiedlich stark ausgeprägt; Seen in der Mecklenburgischen Seenplatte gelten auf Grund einer indikatorbasierten Studie als stärker gefährdet als die Seen des Alpenvorlands (ROITHMEIER 2008).

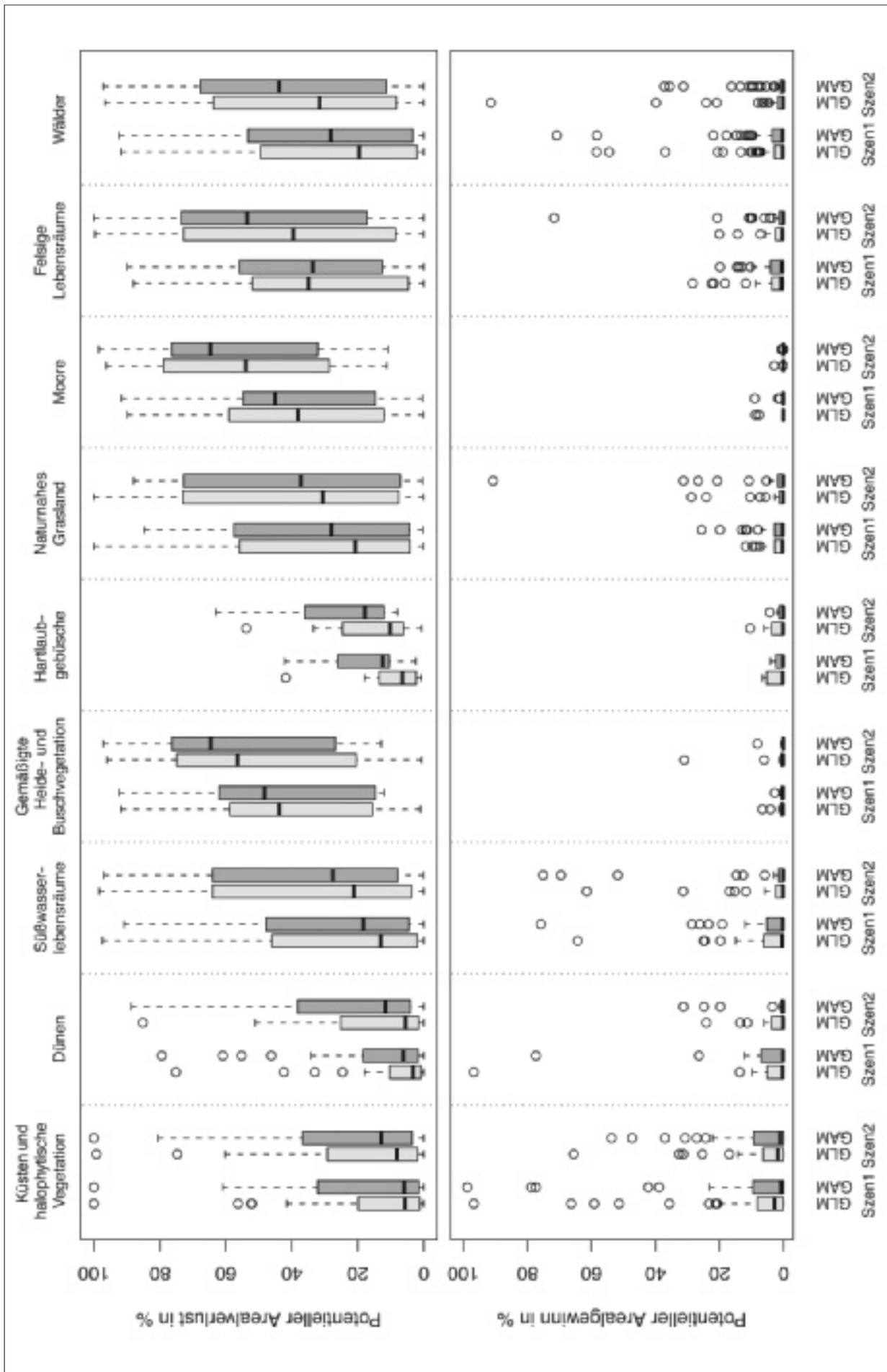


Abb. 3: Potenzielle Arealgewinne (oben) und potenzielle Arealverluste (unten) von Gefäßpflanzen in % (relativ zur potenziellen modellierten Verbreitung für die Referenzperiode 1961–1990) für Arten, die für bestimmte Lebensraumtypen in Deutschland typisch sind; (mehrfache Einordnung von Arten ist möglich)

Fig. 3: Gain (above) and loss (below) of area colonized in % (relative to the potential distribution of the reference period 1961–1990) by higher plants typical of the habitat types of Germany (multiple classification of species is possible)

3.3 Veränderung der Vorkommenswahrscheinlichkeit von Pflanzen

Mit einer Studie auf dem TK-Raster konnte gezeigt werden, dass durch die Berücksichtigung von Landnutzungs- und Bodenvariablen zusätzlich zum Klima die Vorhersagegüte der statistischen Arealmodelle erheblich verbessert wird (POMPE et al. 2008). Den größten Anteil zur Erklärung der Artverbreitung trugen in dieser Studie mit durchschnittlich $62 \pm 12\%$ die Klimavariablen bei, während die Landnutzungsvariablen im Mittel $22 \pm 8\%$ und die Bodenvariablen $16 \pm 7\%$ im Mittel der Varianz erklärten. Es gab aber auch Arten, bei denen Landnutzungs- oder Bodenvariablen wichtiger waren als Klimavariablen.

Die Risikoabschätzung für die einzelnen Arten in den Schutzgebieten ergab, dass selbst bei der Annahme einer uneingeschränkten Ausbreitung der Arten in neue Schutzgebiete in beiden Klimaszenarien die potenziellen relativen Arealverluste in Deutschland (Mediane und Standardabweichung [GAM] für das feuchte Szenario $18,8 \pm 28,5\%$, für das trockene Szenario $26,8 \pm 33,3\%$) deutlich höher lagen als die Arealgewinne (feuchtes Szenario $1,1 \pm 412,8\%$; trock-

nes Szenario $0,5 \pm 422,6\%$). Die hohen Standardabweichungen bei den Arealgewinnen resultieren daraus, dass Arten mit aktuell wenigen Vorkommen prozentual hohe Gewinne haben können, obwohl die absolute Zunahme relativ klein ist (z. B. von einem Vorkommen auf 100 Vorkommen = 909 % Gewinn). Für fast alle modellierten Arten war die Gesamtbilanz negativ, da es entweder keine Zunahme des potenziellen Verbreitungsgebiets gab oder diese nur relativ gering war. Im Vergleich zum allgemeinen Trend aller Arten sind für die FFH-Arten deutlich größere Verlustraten zu verzeichnen. Dies liegt daran, dass die FFH-Arten ohnehin schon vergleichsweise kleine Areale haben und klimasensitiver reagieren als die nicht geschützten Arten.

Mit den Modellen wurden artenspezifische Reaktionsmuster auf den Klimawandel identifiziert. Das bedeutet auch, dass sich die Areale von Arten, die für eine Vegetationseinheit oder Formation charakteristisch sind, in unterschiedlicher Art und Weise ändern werden und sich damit die Artzusammensetzung von Vegetationseinheiten ändert (s. a. POMPE et al. 2010). Eine Zuordnung der Arten zu Formationen ergab insbesondere für Arten der Moore und der gemäßigten

(feuchten) Heide-/Buschformation eine Reduktion ihrer Vorkommenswahrscheinlichkeit in den Schutzgebieten, während typische Arten der Vegetation der Dünen oder Buchs- und Wacholdergebüsche vergleichsweise wenig betroffen waren (Abb. 3, S. 207).

3.4 Veränderung der Vorkommenswahrscheinlichkeit von Vögeln

Es gab zwei große Trends: Artengewinn und Arealverlust. Die potenzielle Anzahl an Arten erhöhte sich für ganz Deutschland leicht, wenn man die Modellergebnisse zu Gewinn und Verlust gegenüberstellt (Tab. 2). Der Effekt der potenziellen Artenwanderung (überwiegend aus Südeuropa) übersteigt den potenziellen Artverlust der heute in Deutschland vorkommenden Arten bei einer gesamtdeutschen Betrachtung. Dieses Muster entspricht den Beobachtungen: Bisher ist noch keine Art in Deutschland nachgewiesenermaßen klimabedingt ausgestorben, (wobei dieser Nachweis auch schwierig zu erbringen ist), jedoch werden neue, vorwiegend südeuropäisch verbreitete Brutvögel verstärkt in Deutschland nachgewiesen. Ein Beispiel dafür ist der Bienenfresser.

Tabelle 2: In Deutschland potenziell einwandernde und aussterbende Vogelarten über alle Modellvarianten

Table 2: Potentially immigrating and endangered bird species in Germany across all model runs

Potenziell zuwandernde Arten		Potenziell aussterbende Arten	
wissenschaftlicher Artname	deutscher Artname	wissenschaftlicher Artname	deutscher Artname
<i>Anthus petrosus</i>	Strandpieper	<i>Aix galericulata</i>	Mandarinente
<i>Apus pallidus</i>	Fahlsegler	<i>Anas acuta</i>	Spießente
<i>Buteo rufinus</i>	Adlerbussard	<i>Anas penelope</i>	Pfeifente
<i>Calandrella brachydactyla</i>	Kurzzeihenlerche	<i>Aquila pomarina</i>	Schreiadler
<i>Cettia cetti</i>	Seidensänger	<i>Arenaria interpres</i>	Steinwälzer
<i>Egretta garzetta</i>	Seidenreiher	<i>Aythya nyroca</i>	Moorente
<i>Emberiza caesia</i>	Grauortolan	<i>Bucephala clangula</i>	Schellente
<i>Emberiza melanocephala</i>	Kappenammer	<i>Carpodacus erythrinus</i>	Karmingimpel
<i>Falco biarmicus</i>	Lannerfalke	<i>Chlidonias hybridus</i>	Weißbartseeschwalbe
<i>Falco naumanni</i>	Rötelfalke	<i>Chlidonias niger</i>	Trauerseeschwalbe
<i>Ficedula semitorquata</i>	Halbringschnäpper	<i>Ficedula parva</i>	Zwergschnäpper
<i>Gyps fulvus</i>	Gänsegeier	<i>Grus grus</i>	Kranich
<i>Hieraaetus fasciatus</i>	Habichtsadler	<i>Haliaeetus albicilla</i>	Seeadler
<i>Hieraaetus pennatus</i>	Zwergadler	<i>Larus minutus</i>	Zwergmöwe
<i>Hippolais pallida</i>	Blassspötter	<i>Locustella fluviatilis</i>	Schlagschwirl
<i>Hirundo daurica</i>	Rötelschwalbe	<i>Luscinia luscinia</i>	Sprosser
<i>Melanocorypha calandra</i>	Kalanderlerche	<i>Mergus serrator</i>	Mittelsäger
<i>Monticola saxatilis</i>	Steinrötel	<i>Philomachus pugnax</i>	Kampfläufer
<i>Monticola solitarius</i>	Blaumerle	<i>Pluvialis apricaria</i>	Goldregenpfeifer
<i>Neophron percnopterus</i>	Schmutzgeier	<i>Podiceps auritus</i>	Ohrentaucher
<i>Oenanthe leucura</i>	Trauersteinschmätzer	<i>Podiceps nigricollis</i>	Schwarzhalbtaucher
<i>Otus scops</i>	Zwergohreule	<i>Porzana parva</i>	Kleines Sumpfhuhn
<i>Passer hispanoliensis</i>	Weidensperling	<i>Sterna caspia</i>	Raubseeschwalbe
<i>Passer italiae</i>	Italiensperling	<i>Sterna paradisaea</i>	Küstenseeschwalbe
<i>Pterocles orientalis</i>	Sandflughuhn	<i>Sylvia nisoria</i>	Sperbergrasmücke
<i>Pyrrhonorax pyrrhonorax</i>	Alpenkrähe	<i>Tringa glareola</i>	Bruchwasserläufer
<i>Sitta neumayer</i>	Felsenkleiber	<i>Tringa ochropus</i>	Waldwasserläufer
<i>Sylvia cantillans</i>	Weißbartgrasmücke	<i>Turdus iliacus</i>	Rotdrossel
<i>Sylvia melanocephala</i>	Samtkopfgrasmücke		
<i>Tetrax tetrax</i>	Zwergtrappe		

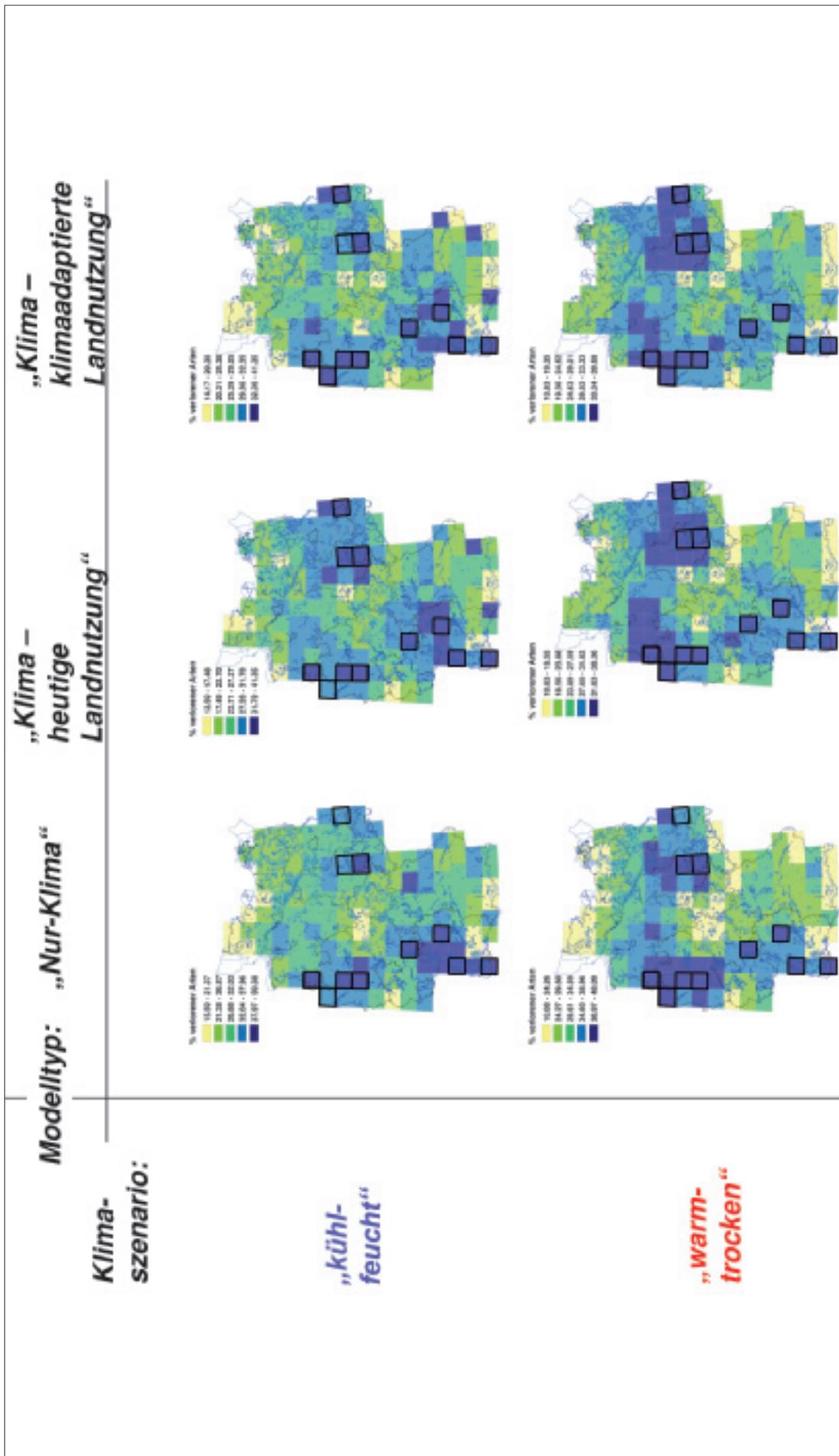


Abb. 4: Relative potenzielle Artverluste von Vögeln in Deutschland im Vergleich zwischen ca. 1990 und 2045 für verschiedene Modelltypen: „Nur-Klima“ bezeichnet Modelle, die die Verbreitung und den Artenreichtum von Vögeln lediglich mit klimatischen Variablen erklären. „Klima-heutige Landnutzung“ bezieht zusätzlich die Landnutzung des „CORINE-Land-Cover-2000“-Datensatzes ein, während „Klima – klimaadaptierte Landnutzung“ ein Modell bezeichnet bei dem die Landnutzung mit klimatischen Variablen erklärt und mit Hilfe der Klimaszenarien in die Zukunft projiziert wird. Eingerahmte Rasterzellen haben über alle Szenarien hinweg mit 20 % die höchsten Artverluste; Vogelschutzgebiete sind in blauen Umrissen dargestellt.

Fig. 4: Relative potential loss of bird species in Germany, comparison between 1990 and 2045 for different model types. 'Nur-Klima' (only climate) explains the distribution and species richness of birds by climatic variables alone. 'Klima-heutige Landnutzung' (climate – present land use) integrates in addition the CORINE-Land-Cover-2000 dataset. 'Klima – klimaadaptierte Landnutzung' (climate – climate-adapted land use) designates a model in which land use is explained by climatic variables and is projected by means of climate scenarios. Highlighted cells have, at 20 %, the highest species losses across all scenarios. Special Protected Areas (SPAs) have blue contours.

Betrachtet man das Muster regional, zeigt sich, dass dort die Artverluste die Arteinwanderung übertreffen, d. h. die Verhältnisse kehren sich um. Auch wenn die Artenzahl über ganz Deutschland in der Summe anwächst, so schrumpfen doch die Areale der meisten Arten in Deutschland (Abb. 4, S. 209). Über alle Szenarien hinweg gibt es trotz großer Unterschiede in den geographischen Schwerpunkten potenzielle Artverluste in elf UTM-Rasterzellen, für die bei jedem Szenario die 20 % höchsten Artverluste projiziert werden. Diese finden sich schwerpunktmäßig im Südwesten, (v. a. entlang der Rheinebene), jedoch auch in Teilen Nordrhein-Westfalens, Niedersachsens und Ostdeutschlands (v. a. Sachsen-Anhalt und Brandenburg). Nur eine dieser Zellen enthält kein Vogelschutzgebiet. Die in den übrigen Rasterzellen enthaltenen 82 Vogelschutzgebiete können als besonders gefährdete Räume identifiziert werden und sollten gegebenenfalls bei Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel Priorität genießen.

Betrachtet man die im Rahmen des Projekts durch die Fachhochschule Eberswalde (persönl. Kommunikation Stefan Kreft) identifizierten 26 prioritären Vogelarten, so zeigen sich überwiegend Abnahmen des Areals in Deutschland (Tab. 3). Teilt man die prioritären Arten nach Lebensräumen ein, so werden für wald- und feuchtgebietsgebundene Arten überwiegend Abnahmen projiziert, während an Offenland angepasste Arten, je nach Anpassung an Hitze und Trockenheit, auch zunehmen können. Die Anpassung der Vögel durch Veränderung des Verbreitungsgebiets wird in einigen Regionen möglicherweise dadurch behindert, dass natürliche Vernetzungsstrukturen für die Ausbreitung fehlen. Das ist deshalb relevant, weil sich Vögel zum einen artspezifisch sehr stark in ihrer Ausbreitungsfähigkeit unterscheiden, sie sich dabei außerdem an Habitatstrukturen orientieren und sich bestimmte Arten trotz potenziell hoher Ausbreitungsfähigkeit nur schwer an neue Lebensräume anpassen können.

4 Diskussion

4.1 Differenzierung des Risikos

Das vorliegende Projekt hat eine modellbasierte Risikoanalyse für Schutzgebiete in Deutschland geliefert. Über verschiedene Ansätze hinweg ergab sich ein kohärentes Bild in Bezug auf gefährdete Regionen und gefährdete Habitattypen. Wasserabhängige Habitate wie Moore, Feuchtgebiete und Feuchtheiden sind am stärksten gefährdet. Während insbesondere im Sommer in allen Regionen die

Tabelle 3: Projizierte Arealveränderungen ausgewählter Vogelarten für 2045–2055 in Deutschland

Table 3: Projected changes in the ranges of selected bird species for 2045–2055 in Germany

wissenschaftlicher Artname	deutscher Artname	Projiziertes Areal [in % des heutigen Areals]
<i>Grus grus</i>	Kranich	0
<i>Haliaeetus albicilla</i>	Seeadler	0
<i>Aquila pomarina</i>	Schreiadler	0
<i>Philomachus pugnax</i>	Kampfläufer	0
<i>Limosa limosa</i>	Uferschnepfe	0–5
<i>Aegolius funereus</i>	Rauhfußkauz	0–9
<i>Ficedula albicollis</i>	Halsbandschnäpper	0–19
<i>Glaucidium passerinum</i>	Sperlingskauz	0–20
<i>Tetrao tetrix ssp. Tetrix</i>	Birkhuhn	3–17
<i>Asio flammeus</i>	Sumpfohreule	3–23
<i>Botaurus stellaris</i>	Rohrdommel	7–27
<i>Bonasa bonasia</i>	Haselhuhn	10–30
<i>Tetrao urogallus</i>	Auerhuhn	11–21
<i>Locustella naevia</i>	Feldschwirl	14–26
<i>Picooides tridactylus</i>	Dreizehenspecht	13–63
<i>Milvus milvus</i>	Rotmilan	15–64
<i>Acrocephalus palustris</i>	Sumpfrohrsänger	31–46
<i>Dryocopus martius</i>	Schwarzspecht	46–65
<i>Phoenicurus phoenicurus</i>	Gartenrotschwanz	79–99
<i>Dendrocopos medius</i>	Mittelspecht	53–118
<i>Dendrocopos leucotos</i>	Weißrückenspecht	0–100
<i>Bubo bubo</i>	Uhu	62–133
<i>Lagopus muta</i>	Alpenschneehuhn	75–125
<i>Aquila chrysaetos</i>	Steinadler	140–780
<i>Anthus campestris</i>	Brachpieper	190–256
<i>Acrocephalus paludicola</i>	Seggenrohrsänger	nicht modellierbar!

KWB negativ werden kann, wird für Schutzgebiete in Ostdeutschland projiziert, dass sie am stärksten von einer geringeren Wasserverfügbarkeit betroffen sein werden. Basierend auf den Artverbreitungsmodellen wurden demgegenüber hohe potenzielle Verlustraten im Westen und Südwesten Deutschlands verzeichnet.

Für die Umsetzung der Ergebnisse des Projekts in die Praxis sind allerdings noch weitere Schritte nötig. Zum einen enthalten die Ergebnisse große Unsicherheiten, was vor allem auf die großen Schwankungsbreiten in den projizierten Niederschlägen zurückzuführen ist. Zum anderen werden die Ergebnisse auf der nationalen Ebene präsentiert. Das Management von Schutzgebieten – oder Gewässereinzugsgebieten – findet jedoch auf einer sehr viel kleineren räumlichen Skala statt. Für diese Skala sind insbesondere die Ergebnisse der hydroökologischen Modellierung interessant, da sie auf abgrenzbare Gebiete bezogen werden können.

Die Ergebnisse der Modellierung von Vorkommenswahrscheinlichkeiten von Pflanzen- und Vögeln hingegen müssen auf einer ganz anderen räumlichen Skala eingebracht werden, da mit der verwendeten Methode auf der Ebene des einzelnen Schutzgebiets nur beschränkt eine Aussage getroffen werden kann. Diese modellbedingten Unsicherheiten

sind für einzelne Arten in einzelnen Schutzgebieten zu groß, als dass sie eine Einzelfallbetrachtung erlauben. Vielmehr sind sie zusammenfassend insbesondere auf nationaler Ebene zu interpretieren, um allgemeine Tendenzen aufzuzeigen. Wichtig wird dies insbesondere dann, wenn es um die Verantwortlichkeiten Deutschlands für den Erhalt der Arten auf europäischer und globaler Ebene geht. Hier zeigt sich sowohl in der vorliegenden Studie (besonders starker Rückgang der Pflanzenarten der FFH-Liste) als auch in den Analysen von POMPE et al. (2009; besonders starker Rückgang der Arten der Roten Listen) die besondere Bedeutung des Klimawandels für ohnehin schon seltene oder gefährdete Arten. Lokale Aussterbeereignisse werden vor allem dann relevant, wenn die Art wegen ihrer mangelnden Ausbreitungskapazität oder ungeeigneten Lebensräumen (z. B. auf Grund intensiver Landnutzung) keine alternativen Lebensräume erschließen kann. Spätestens hier kommen ethische Erwägungen ins Spiel, die eine Abwägung von Interessen (Will man mit Managementmaßnahmen vorrangig einheimische Arten in ihrem Bestand stützen oder das Einwandern neuer Arten erleichtern? Wie werden finanzielle und personelle Ressourcen am effektivsten eingesetzt?) erforderlich machen.

4.2 Der Risikobegriff im Naturschutz

Die einzelnen Methoden der Modellierung weisen jeweils spezifische Stärken und Schwächen auf, die in der jeweiligen Fachliteratur behandelt werden. Herauszuheben an dieser Stelle ist jedoch, dass die Modellgüte bei der Modellierung von Vorkommenswahrscheinlichkeiten von Pflanzen entscheidend durch den Einbezug von Landnutzungs- und Bodenvariablen verbessert wurde (POMPE et al. 2010) und von Vögeln durch den Einbezug der Landnutzung (TRAUTMANN et al., in Vorb.).

Methodisch ausbaufähig ist dieser Ansatz der Risikoanalyse durch eine kohärentere und integrativere Nutzung des Risikobegriffs, der in unterschiedlichen Disziplinen und Zusammenhängen sehr unterschiedlich verwendet wird (RENN et al. 2008). Genau genommen wurde im Rahmen des Projekts projiziert, welche

Veränderungen im abiotischen und biotischen Gefüge der Habitate auftreten. Die Projektergebnisse konnten so einen Beitrag zu einer Quantifizierung des Risikos in Gestalt von differenzierten Vorkommenswahrscheinlichkeiten liefern. Die Berechnungen können zukünftig eine breitere Informationsbasis für die Risikobewertung bereitstellen, wenn eine stärker auf individuelle Arten abgestimmte Modellierung angewendet wird, sich die Unsicherheit in den Eingangsdaten verringert und Modelle für eine grössere Zahl von Szenarien, d. h. alternativen Wegen in die Zukunft, berechnet werden.

Die Verlusthöhe richtet sich nach dem jeweiligen Wertesystem. Für den Naturschutz gibt es unterschiedliche Wertesysteme (Abb. 5). Während die FFH-Richtlinie explizit einzelne Arten und Lebensraumtypen in ihrem Anhang aufführt, nehmen mehr systemisch ausgerichtete Ansätze – wie z. B. das Konzept der ökosystemaren Dienstleistungen (c. f. TEEB;

<http://www.teebweb.org>) – stärker Bezug auf menschliche Bedürfnisse. Systemübergreifend kann jedoch festgehalten werden, dass die Veränderungen im Wasserhaushalt für unterschiedliche Schutzgüter in Schutzgebieten ein Risiko darstellt.

Die Arbeit hat zudem deutlich gemacht, dass Arten individuell reagieren. Für die Risikoabschätzung sollten also nicht nur die Lebensraumtypen oder andere Formen der Vegetations- oder Habitatklassifizierung herangezogen werden, sondern vor allem die individualistischen Reaktionen der Einzelarten sowie abiotische Trends wie z. B. die Wasserlimitierung. Entsprechend sollte die Auswahl von Schutzgebieten stark auf einer ausreichenden naturräumlichen Repräsentanz aufbauen. Viele der entsprechenden Gebiete stehen bereits unter Naturschutz. Bei der Auswahl weiterer Gebiete, um z. B. den Anforderungen der „grünen Infrastruktur“ der EU ([Das Diagramm zeigt den Zusammenhang zwischen Klimawandel, Sensitivität der Schutzgebiete, Veränderung und verschiedenen Bewertungssystemen. Die Bewertungssysteme sind in vier Spalten unterteilt: Zielarten der FFH-Richtlinie, Wasserrahmenrichtlinie, Bundesnaturschutzgesetz und Ökosystemare Dienstleistungen. Jede Spalte enthält Beispiele für Risiko hoch, Risiko mittel und Risiko gering.

Klimawandel \(Wasserverfügbarkeit, Anzahl heißer Tage, Frosttage,...\)	Sensitivität der Schutzgebiete \(Lebensraumtyp, Wasserabhängigkeit, räumliche Lage,...\)	Veränderung \(Vegetationszusammensetzung, Vorkommenswahrscheinlichkeit von Arten,...\)			
Gesetze und Konzepte zur Bewertung der Veränderung					
Zielarten der FFH-Richtlinie	Wasserrahmenrichtlinie	Bundesnaturschutzgesetz	Ökosystemare Dienstleistungen		
Risiko hoch: Wassergebundene Arten Spezialisten Risiko mittel: Waldarten Risiko gering: Hartlaubgebüsch	Risiko hoch: Niedrigwasser verringert Wasserqualität in Flüssen und kleinen Seen Risiko gering: Große Seen in Bayern	Risiko hoch: Naturhaushalt in wassergebundenen Ökosystemen Risiko mittel: Grünlandökosysteme Risiko gering: Waldökosysteme in tieferen Lagen	Risiko hoch: Kohlenstoffspeicher Moor Risiko mittel: Genetische Vielfalt Risiko gering: Kohlenstoffspeicher Wald		
</div>
<div data-bbox=)

Abb. 5: Veränderung und Risiko. Schutzgebiete als sensitive Systeme werden durch den Klimawandel verändert. Inwieweit die Veränderungen als Risiko gelten, hängt von den unterschiedlichen Bewertungssystemen ab. Exemplarisch sind die vier relevanten Bewertungssysteme FFH-Richtlinie, Wasserrahmenrichtlinie, das Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) sowie ökosystemare Dienstleistungen dargestellt.

Fig. 5: Change and risk. Protected areas, as sensitive systems, change with climate change. To what extent the change is perceived as a risk depends on the evaluation system. Four representative evaluation systems are shown: EU Habitats Directive, EU Water Framework Directive, German Nature Conservation Act, and the concept of Ecosystem Services.

infrastructure-europe.org) zu entsprechen, sollten neben der naturräumlichen Repräsentanz vor allem funktionale Kriterien im Hinblick auf die Ausbreitungswege von Organismen eine Rolle spielen. Das Schutzgebietsnetz Natura 2000 bietet dafür eine wichtige Grundlage. Ergänzt werden sollten allerdings die Lebensräume des Anhangs I der Habitatrichtlinie inklusive der Beschreibung der Lebensraumtypen, um eine kohärente und vollständige Abdeckung der europäischen Lebensräume zu erreichen.

5 Schlussfolgerungen

Auf Grund der multiplen Stressfaktoren bleiben viele Maßnahmen des klassischen Naturschutzes auch unter den Bedingungen des Klimawandels gültig bzw. werden noch dringlicher. Dazu gehören eine ausreichende Größe der Gebiete, die Ermöglichung funktionaler Beziehungen zwischen Arten und Populationen inklusive ihrer Ausbreitung und die Reduzierung sonstiger schädlicher Einflüsse. Es wird einen stärkeren gesellschaftlichen Diskurs über die Ziele und Funktionen von Naturschutz geben müssen, der über die vom TEEB-Bericht begonnene Ökonomisierung von ökosystemaren Dienstleistungen hinausgehen muss und sich mit der Gestaltung von Kulturlandschaft befassen wird. Zudem erlangt Deutschland zukünftig eine Verantwortung für eine Reihe von Arten, die hier möglicherweise ihren zukünftigen Lebensraum finden werden. Die Gefährdung von Arten auf Grund des Klimawandels muss internationaler bewertet und ihr internationaler entgegnet werden, d. h. lokale Lösungen sind in den geeigneten Regionen zu suchen, um globalen Gefährdungen von Arten begegnen zu können.

6 Summary

The Federal Agency for Nature Conservation of Germany (BfN) initiated an innovative research project on the significance of climate change for protected areas in 2006. In this synthesis we provide an overview of the main research results and discuss implications for nature conservation.

The system of protected areas in Germany is not affected uniformly. The risks differ as a function of the sensitivity of species and habitat types, geographical location and the valuation of change. Changes to the hydrological regime are an overall problem; this is borne out by the independent methods of ecohydrological modelling and statistical modelling of the distribution and composition of plant communities.

In view of the multiple stress factors, typical nature conservation measures remain valid under climate change and indeed become even more pressing. Societal discourse must address the multiple functions of the (cultural) landscape, which are linked closely with climate change. This means that local solutions in suitable regions are required to mitigate global threats to species.

7 Literatur

BADECK, F.-W.; POMPE, S.; KÜHN, I. u. GLAUER, A. (2008): Wetterextreme und Artenvielfalt – Zeitlich hochauflösende Klimainformationen auf dem Messtischblattraster und für Schutzgebiete in Deutschland. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 40: 343–345.

HATTERMANN, F. F.; KRYSANOVA, V. u. HESSE, C. (2008): Modelling wetland processes in regional applications. *Hydrological Sciences Journal* 53: 1001–1012.

HOLSTEN, A.; VETTER, T.; VOHLAND, K. u. KRYSANOVA, V. (2009): Impact of climate change on soil moisture dynamics in Brandenburg with a focus on nature conservation areas. *Ecological Modelling* 220: 2076–2087.

KRYSANOVA, V.; WECHSUNG, F.; ARNOLD, J.; SRINIVASAN, R. u. WILLIAMS, J. (2000): SWIM (Soil and Water Integrated Model), User Manual. PIK Report No. 69. Potsdam Institute of Climate Impact Research. Potsdam: 1–238.

KÜHN, I.; VOHLAND, K.; BADECK, F.; HANSFACH, J.; POMPE, S. u. KLOTZ, S. (2009): Aktuelle Ansätze zur Modellierung der Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die biologische Vielfalt. *Natur und Landschaft* 84 (1): 8–12.

ORLOWSKY, B.; GERSTENGARBE, F.-W. u. WERNER, P. C. (2008): A resampling scheme for regional climate simulations and its performance compared to a dynamical RCM. *Theoretical and Applied Climatology* 92: 209–223.

POMPE, S.; HANSFACH, J.; BADECK, F.; KLOTZ, S.; THULLER, W. u. KÜHN, I. (2008): Climate and land use change impacts on plant distributions in Germany. *Biology Letters* 4: 564–567.

POMPE, S.; BERGER, S.; WALTHER, G.-R.; BADECK, F.; HANSFACH, J.; SATTLER, S.; KLOTZ, S. u. KÜHN, I. (2009): Mögliche Konsequenzen des Klimawandels für Pflanzenareale in Deutschland. *Natur und Landschaft* 84 (1): 2–7.

POMPE, S.; HANSFACH, J.; BADECK, F.-W.; KLOTZ, S.; BRUELHEIDE, H. u. KÜHN, I. (2010): Investigating habitat-specific plant species pools under climate change. *Basic and Applied Ecology* 11: 603–611.

PRANGE, S. (2009): Klimabedingte Veränderungen der Fließwasserdynamik von ausgewählten deutschen Flusslandschaften und die

naturschutzfachliche Bedeutung. Hochschule Neubrandenburg – Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung. Potsdam: 1–75.

RENN, O. (2008): Concepts of Risk: An Interdisciplinary Review. Part 1: Disciplinary Risk Concepts. *GAIA. Ecological Perspectives for Science and Society* 17: 50–66.

ROITHMEIER, O. (2008): Vulnerability of lakes in Germany against climate change – An assessment with Bayesian methods. *Global Change Management, School for Applied Science. University of Applied Sciences, Eberswalde – Potsdam-Institute for Climate Impact Research*: 1–95.

THULLER, W.; LAFOURCADE, B.; ENGLER, R. u. ARAUJO, M. B. (2009): BIOMOD – a platform for ensemble forecasting of species distributions. *Ecography* 32: 369–373.

TRAUTMANN, S.; BÖHNING-GAESE, K.; LAUBE, I.; BADECK, F. u. SCHWAGER, M.: Predictions of climate change effects on bird species richness dependent on land-use. In Vorbereitung.

Danksagung

Wir bedanken uns beim Bundesamt für Naturschutz (BfN) für die finanzielle Förderung (FKZ 806 82 270-K1). Besonderer Dank geht dabei an Götz Ellwanger und Eckhard Schröder für inhaltliche Diskussionen sowie an die Mitglieder der Projektbegleitenden Arbeitsgruppe (PAG), die zum Gelingen des Projekts beigetragen haben.

Dr. Katrin Vohland
 • Korrespondierende Autorin •
 Museum für Naturkunde
 Leibniz-Institut für Evolutions-
 und Biodiversitätsforschung
 an der Humboldt-Universität
 zu Berlin
 Generaldirektion
 Invalidenstraße 43
 10115 Berlin
 Tel.: (0 30) 20 93-89 45
 Fax: (0 30) 20 93-85 61
 E-Mail: katrin.vohland@mfn-berlin.de
 Internet: <http://www.biodiversity.de>
 Netzwerk-Forum zur
 Biodiversitätsforschung Deutschland



Jahrgang 1968; Studium der Biologie in Bielefeld und Bayreuth von 1989 bis 1994. Tätig im Netzwerk-Forum zur Biodiversitätsforschung Deutschland am Museum für Naturkunde Berlin. Zuvor auch am Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK), an der Humboldt-Universität und in Brasilien am Nationalen Institut für Amazonasforschung (INPA). Arbeitsschwerpunkte sind die Wechselwirkungen von Biodiversität, Klimawandel und ökosystemaren Dienstleistungen.

Dr. Franz Badeck
Potsdam-Institut
für Klimafolgenforschung
Telegraphenberg A31
14473 Potsdam

Prof. Dr. Katrin Böhning-Gaese
Johannes-Gutenberg-Universität
Institut für Zoologie
Johann-Joachim-Becher-Weg 13
55099 Mainz

und

Biodiversität und
Klimaforschungszentrum
(BiKF)
Senckenberganlage 25
60325 Frankfurt am Main

Dr. Jan Hanspach
Helmholtz-Zentrum
für Umweltforschung
UFZ
Department Biozönoseforschung
Theodor-Lieser-Straße 4
06120 Halle

Dr. Stefan Klotz
Helmholtz-Zentrum
für Umweltforschung
UFZ
Department Biozönoseforschung
Theodor-Lieser-Straße 4
06120 Halle

Dr. Ingolf Kühn
Helmholtz-Zentrum
für Umweltforschung
UFZ
Department Biozönoseforschung
Theodor-Lieser-Straße 4
06120 Halle

Irina Laube
Johannes-Gutenberg-Universität
Institut für Zoologie
Johann-Joachim-Becher-Weg 13
55099 Mainz

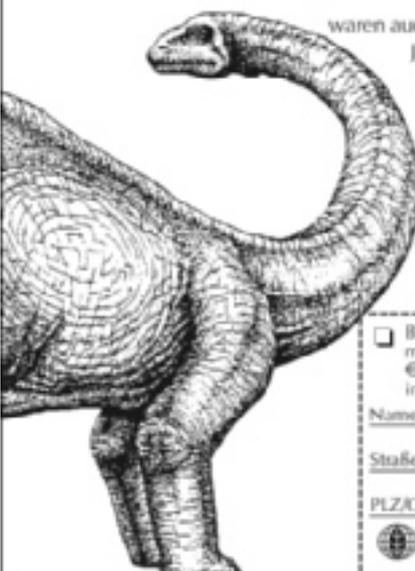
Dr. Monika Schwager
Johannes-Gutenberg-Universität
Institut für Zoologie
Johann-Joachim-Becher-Weg 13
55099 Mainz

Sven Trautmann
Johannes-Gutenberg-Universität
Institut für Zoologie
Johann-Joachim-Becher-Weg 13
55099 Mainz

Prof. Dr. Wolfgang Cramer
Potsdam-Institut
für Klimafolgenforschung
Telegraphenberg A31
14473 Potsdam

Anzeigen

Unauffällig und klein...



waren auch damals, vor 70 Millionen Jahren, die ersten Anzeichen der bevorstehenden Klimaveränderung.

Wenn Sie wissen wollen, warum auch Sie sich jetzt um die Erhaltung unseres Klimas kümmern müssen, bestellen Sie unser Informationsmaterial.

Bitte schicken Sie mir Informationsmaterial zum Klimaschutz.
(€ 4,- (inkl. Porto) in Briefmarken liegen bei.)

Name: _____

Straße: _____

PLZ/Ort: _____

 **Deutsche Umwelthilfe**
Fritz-Reichle-Ring 4, 70315 Radolfzell

Im Wasser spiegelt sich das Leben!



Es gibt kein Leben ohne Wasser. Deshalb fängt der Schutz unserer Natur und unserer Umwelt immer auch beim Wasser an.

Helfen Sie uns dabei!

Unsere 60-seitige farbige Broschüre „Naturstoff Wasser“ erhalten Sie gegen Einsendung von 7 Briefmarken à 0,55 €. Weitere Informationen finden Sie unter www.vdg-online.de

 **Vereinigung Deutscher Gewässerschutz e.V.**
Königswinterstr. 829 • 53227 Bonn • Tel. 0228/375007