

Naturschutz und biologische Vielfalt	46	2007	151-167	Bundesamt für Naturschutz, Bonn
--------------------------------------	----	------	---------	---------------------------------

## **Schutzgebiete Deutschlands im Klimawandel – Risiken und Handlungsoptionen**

FRANZ-W. BADECK, KATRIN BÖHNING-GAESE, WOLFGANG CRAMER, PIERRE L. IBISCH, STEFAN KLOTZ, STEFAN KREFT, INGOLF KÜHN, KATRIN VOHLAND UND UTE ZANDER

### **1 Hintergrund**

#### **1.1 Klimawandel und Ökosysteme**

In den letzten Jahren ist wiederholt zusammengefasst worden, dass sich das globale Klima seit mindestens einigen Jahrzehnten aufgrund des steigenden Gehaltes an CO<sub>2</sub> und anderen Treibhausgasen in der Atmosphäre ändert und dass diese Änderungen selbst bei Einführung von strikten Klimaschutzmaßnahmen fortschreiten bzw. an Geschwindigkeit zunehmen werden (z.B. EEA 2004, IPCC 2007). Überdies führen nichtlineare Eigenschaften des Klimasystems zum Risiko beschleunigter Änderungen und generell zu einer Abnahme der Vorhersagbarkeit. In jedem Fall sind Änderungen der Jahresmitteltemperaturen um mehrere Grad Celsius sowie Änderungen der Niederschläge um zweistellige Prozentbeträge wahrscheinlich. Dass solche Klimaänderungen für Pflanzen und Tiere erhebliche Risiken beinhalten, ist unbestreitbar.

Zahlreiche Methoden zur Beurteilung der Empfindlichkeit von Arten und Ökosystemen und ihrer Reaktionen im Rahmen wahrscheinlicher Änderungsszenarien, sind gegenwärtig in Entwicklung bzw. werden in Fallstudien getestet (ERASMUS et al. 2002, BERRY et al. 2003, NEWTON et al. 2004, THOMAS et al. 2004, THUILLER et al. 2005). Paläoökologische Daten belegen die deutlichen Rückwirkungen von Klimaveränderungen auf die Areale von Arten. Der aktuelle globale Klimawandel hat den Ökosystemen des Planeten bereits seinen „Stempel“ aufgedrückt: So sind Verschiebungen von Arealgrenzen um 200 km bis 1.000 km (während 40 Jahren) polwärts nachgewiesen (PARMESAN & YOHE 2003, PARMESAN 2006). Pro Jahrzehnt beläuft sich die durchschnittliche Strecke solcher Verschiebungen auf 6,1 km (in Gebirgen auf einen ähnlichen Betrag in Metern hangaufwärts) (PARMESAN & YOHE 2003). BAKKENES et al. (2002) gehen davon aus, dass im Vergleich der Jahre 1990 und 2050 mehr als 30% der europäischen Flora auf über 40% der Fläche Europas akut bedroht sein werden.

In zahlreichen Studien wurde nachgewiesen, dass der Klimawandel deutliche biologische Auswirkungen hat, z.B. für Änderungen des Wachstumspotenzials von Pflanzen, der Phänologie von Pflanzen und Tieren, der Interaktionen zwischen verschiedenen Arten und vieles andere mehr (z.B. GITAY et al. 2001, zusammengefasst für Deutschland in LEUSCHNER & SCHIPKA 2004). Diese Veränderungen können für einzelne Arten und Lebensgemeinschaften positiv oder negativ ausfallen. In aller Regel aber ist zu erwarten, dass die Geschwindigkeit der sich ändernden Umweltbedingungen höher ist als in der Vergangenheit, wodurch die Fähigkeit der Arten sich an diese Veränderungen anzupassen zusätzlich eingeschränkt wird. Die Wirkungen des Klimawandels werden komplexer sein, als es Arealverschiebungen andeuten. Neben der direkten Wirkung von Klimafaktoren treten Änderungen von zwischenartlichen Interaktionen, so z.B. klimabedingten Schwankungen in der Verfügbarkeit von Beute für Prädatoren, klimabedingte Schwankungen in den Reproduktionsrhythmen usw. (STENSETH et al. 2002).

Hinzu kommt, dass andere Folgen menschlichen Tuns zusätzlich gravierende Auswirkungen auf den Zustand der Natur zeigen, etwa durch Deposition von Schadstoffen oder durch großräumige Änderungen der Landschaft. Für die Mehrzahl von Arten und Habitaten steht zu befürchten, dass fast alle klimatischen und nichtklimatischen Wirkungen gleichgerichtet ungünstig auf sie einwirken. Besonders bedenklich ist die Reduktion und Fragmentation der verfügbaren Lebensräume, die von den Arten im Zuge der Arealverschiebungen erreicht werden müssten (ROOT et al. 2003).

Da die Veränderungen des Klimas mit ihren Folgen vorerst nicht zu stoppen, geschweige denn rückgängig zu machen sind, stellt sich die Frage, wie auf sie zu reagieren ist. Welche Vorbereitungen können in Bezug auf zu erwartende Probleme getroffen werden? Welches Anpassungspotenzial hat die Natur gegenüber den klimawandelbedingten Veränderungen (z.B. HANSEN et al. 2003 für Schutzgebiete, DOYLE & RISTOW 2006)?

Der Wissensstand zur Empfindlichkeit von Ökosystemen gegenüber dem Klimawandel ist paradoxerweise geprägt von einem relativ genauen Verständnis der relevanten biophysikalischen und ökologischen Prozesse einerseits und von der bisher nur sehr eingeschränkten Möglichkeit, für spezifische Standorte und/oder Organismen verlässliche Aussagen über zu erwartende Zustände zu machen andererseits. Dies ist u.a. darauf zurückzuführen, dass die zukünftige klimatische Situation stark durch die Emission von Treibhausgasen bedingt sein wird, deren Rate wiederum von wirtschaftlichen Prozessen und politischen Entscheidungen abhängt (und der Verfügbarkeit fossiler Ressourcen).

Aktuelle Klimamodelle übersetzen die geschätzten Treibhausgaskonzentrationen in großräumige Temperatur- und Niederschlagsmuster, die mithilfe weiterer Modelle auch kleinräumiger abgebildet werden können. Insbesondere die Niederschlagsverteilung ist dabei mit erheblichen Unsicherheiten behaftet – relativ sicher ist nur die Tatsache, dass die Niederschläge an vielen Orten sensibel auf steigende Verdunstungsraten über den Ozeanen und Änderungen in den atmosphärischen Zirkulationsmustern reagieren.

Um für einzelne Schutzgebiete zu Aussagen über die zu erwartende Klimaänderung zu kommen, ist es notwendig, Annahmen zu den erwarteten Treibhausgaskonzentrationen zu machen und auf deren Basis dann die Ergebnisse aus mehreren Klimamodellen und Downscaling-Verfahren parallel zu betrachten. Die hierdurch gefundenen Bandbreiten möglicher Klimaänderungen beinhalten keine Prognose, sondern unterschiedliche mögliche Welten (Szenarien), mit deren Hilfe sich Risiken unter verschiedenen Grundannahmen objektivierbar abschätzen lassen (solche Risikoabschätzungen unter Berücksichtigung der Unsicherheit sind durchaus vergleichbar mit denen, die in Bereichen der Wirtschaft und Politik gemacht werden, etwa im Bereich der konjunkturellen Entwicklung).

Die Wirkungen von Klimaszenarien auf Ökosysteme werden heute mit Verfahren untersucht, die es erlauben, die kombinierte Wirkung der wichtigsten Umweltgrößen abzuschätzen (Temperatur, Niederschlag, Strahlung, deren Jahresgang, Bodenfeuchte, CO<sub>2</sub>-Gehalt der Luft, N-Deposition). Hierzu gehören neben statistischen Verfahren auch prozessbasierte Simulationsmodelle. Hinreichend genau validierte Modellparameter liegen nur für wenige Pflanzen- und Tierarten vor. In vielen Analysen werden daher entweder statistische Beziehungen zwischen Areal und einzelnen Klimagrößen verwendet oder aber prozessbasierte Simulationen, die pauschal auf ganze Artengruppen (sog. funktionale Typen) angewendet werden. Europaweite Studien haben gezeigt, dass solche Verfahren trotz der unvermeidbaren Einschränkungen auf Artniveau durchaus wesentliche Risiken für Ökosysteme und deren biologische Vielfalt identifizieren können (THUILLER 2004, HANNAH et al. 2005, THUILLER et al. 2005).

Neben den durch diese Modelle abgebildeten Aspekten gibt es eine Reihe weiterer Fitnesskomponenten, welche die Überlebensfähigkeit von Arten im Rahmen des beobachteten Umweltwandels zusätzlich einschränken. Diese können derzeit bestenfalls unzulänglich in die Klimawandelreaktionsmodelle integriert werden. Es handelt sich hier um die Wirkung weiterer Stressoren wie z.B. Nährstoffeintrag/Immissionen oder Habitatfragmentierung. Hinzu treten indirekte Effekte des Klimawandels, welche durch die Veränderung der Abundanz anderer Organismen vermittelt werden. So ist bedeutsam, wie groß das Risiko ist, dass Arten z.B. ihren Bestäuber oder Ausbreiter einbüßen (Abhängigkeit von der Bestäuber- oder Dispersorenspezifität; BIESMEIJER et al. 2006),

die Variabilität des Futterangebots zunimmt (z.B. variables Fruchten von Waldbäumen in Abhängigkeit von Wetterextremen), oder dass sie durch invasive Arten beeinträchtigt werden. Einige ausgewählte Faktoren dürften bereits jetzt im Rahmen einer Risikoabschätzung zumindest qualitativ bis semiquantitativ berücksichtigt werden können. Es handelt sich um ein unzureichend bearbeitetes Problem, welches im Zusammenhang mit der ökologischen Risikoanalyse erst allmählich Berücksichtigung erfährt (BERTZKY 2003, SETTELE et al. 2005).

Aus der Kombination der verschiedenen Verfahren lassen sich plausible Aussagen über Risiken für Arten und Lebensgemeinschaften in vielen deutschen Schutzgebieten ableiten.

## **1.2 Handlungsoptionen zur Erhaltung und Entwicklung der biologischen Vielfalt in Schutzgebieten vor dem Hintergrund des Klimawandels**

LEUSCHNER & SCHIPKA (2004) schlussfolgern in der vom Bundesamt für Naturschutz (BfN) in Auftrag gegebenen Studie „*Klimawandel und Naturschutz in Deutschland*“, dass der derzeitige Wissensstand nicht ausreicht, um naturschutzpolitische Handlungsempfehlungen abzuleiten. Als „prioritäre Maßnahmen im deutschen Naturschutz vor dem Hintergrund eines Klimawandels“ nennen die Autoren die Definition von Zielkriterien für ein Schutzgebietssystem (v.a. in Bezug auf räumliche und ökologische Schwerpunkte) sowie ein Monitoringsystem zur Beobachtung eintretender Folgewirkungen des Klimawandels. Diese Einschätzungen lassen sich angesichts der jüngsten internationalen Diskussion erheblich fortentwickeln. Die rasche Arealverlagerung einzelner Arten unterstreicht die Bedeutung einer Verbesserung der Konnektivität zwischen Teillebensräumen/-populationen – schon in der Vergangenheit ein wichtiges Element der kontinentalen Funktionalität von Ökosystemen (WALTER 2004). Von Bedeutung für naturschutzfachliche Zieldefinitionen ist dabei auch der Befund paläoökologischer Studien, dass sich Arten wesentlich individualistischer verhalten als lange Zeit angenommen und dass so in Zukunft mit einer raschen Rekombination von Arten zu neuen Lebensgemeinschaften zu rechnen ist (z.B. BUSH 1994, PELATT 2002, SOTO 2002). Die Eignung lokaler Ausprägungen von Lebensgemeinschaften als Schutzobjekte wäre dann in angemessener Frist neu zu bewerten.

Naturschutz muss angesichts des Klimawandels in erster Linie erreichen, dass es möglichst vielen Arten gelingt, ihre Areale den sich verändernden Umweltbedingungen anzupassen. Dies erfordert einen an makroökologischen Zusammenhängen orientierten Naturschutzansatz, welcher zusehends die systemischen Eigenschaften der Naturschutzobjekte und die Bedeutung der Funktionalität von Ökosystemen beachtet, wie von eini-

gen Autoren gerade angesichts des Klimawandels gefordert (MCNEELY 1994, NOSS 2001, Ibisch 2006). Ökoregionales Biodiversitätsmanagement ist eine wichtige Komponente von an die Wirkungen des Klimawandels angepassten Naturschutzstrategien (HANNAH et al. 2002). Zu den an makroökologischen Mustern und Prozessen orientierten Naturschutzansätzen gehören z.B. die bio- oder ökoregionalen Managementansätze und der im Rahmen des Übereinkommens über die Biologische Vielfalt (Convention on Biological Diversity – CBD) favorisierte und von den Vertragsstaaten umzusetzende Ökosystemansatz (MILLER et al. 1995, JOPE & DUNSTAN 1996, LISTER & MUNN 1998, OLSON & DINERSTEIN 1999, SCOTT et al. 1999; vgl. NOSS 1998, UNEP 2000, HARTJE et al. 2003).

Als vorbeugende Naturschutzansätze werden aktuell neben dem integrativen Ökosystemmanagement auch neuartige Vorschläge wie z.B. die Einrichtung von „sich bewegenden Schutzgebieten“ diskutiert (im marinen Kontext siehe SOTO 2002).

Seit längerem wird auch für die Schaffung von Korridoren und eines möglichst effektiven Habitatverbundes plädiert (vgl. z.B. SOULÉ & FRANKEL 1981, SOULÉ 1986, NOSS & COOPERRIDER 1994, NOSS & CSUTI 1994, HARRIS et al. 1996, BENNETT 1999, DOBSON et al. 1999, BRIERS 2002). Im Zusammenhang mit dem Klimawandel wird diese Forderung nunmehr verstärkt vorgetragen (SCBD 2003, DOYLE & RISTOW 2006, EU-KOM 2006, SSYMANK et al. 2006). In Deutschland besteht zudem die Verpflichtung, einen nationalen Biotopverbund auf 10 % der Landesfläche zu errichten (§ 3 BNatSchG; BMJ 2007). Entsprechende fachliche Kriterien wurden hierfür festgelegt (BURKHARDT et al. 2004). In diesem Zusammenhang ist zu betonen, dass effektive Korridore mehr sind bzw. sein müssen als schmale geschützte Habitatstreifen in einer lebensfeindlichen Matrix. Das Ziel ist vielmehr eine Matrix zwischen besser geschützten Gebieten, welche es möglichst vielen Organismen erlaubt, sie zumindest zeitweise zu durchqueren. Die Einrichtung eines europäischen Habitatverbundes ist ein wichtiges Ziel von Natura 2000, wobei die Dimension des Klimawandels bei der Errichtung des Schutzgebietsnetzes unbeachtet blieb. Nun geht es u.a. darum kritisch zu evaluieren, ob das geschaffene, an der Repräsentation derzeitig existierender Verbreitungsmuster von Arten und Habitaten orientierte Schutzgebietssystem vor dem Hintergrund des Klimawandels tatsächlich einen effektiven Habitatverbund darstellt bzw. welche Bedingungen zusätzlich erfüllt werden müssen, um den entsprechenden Verbund zu erhalten bzw. herzustellen. Die Klimawandel-Risikoabschätzung leistet einen wesentlichen Beitrag zur Beantwortung dieser Fragen.

In vielen Fällen wird sich der Naturschutz zusammen mit anderen Sektoren darum bemühen müssen, die Widerstandsfähigkeit von Ökosystemen und Arten gegenüber dem Klimawandel und entsprechenden Folgen wie z.B. erhöhter Trockenheit zu verbessern.

### 1.3 Schutzgebiete im Klimawandel

Der Schutz von Arten und Lebensgemeinschaften wird ganz wesentlich in Schutzgebieten unterschiedlicher Kategorien gewährleistet. In Deutschland existieren mehrere Tausend Schutzgebiete diverser Kategorien. Insgesamt 14% der terrestrischen Landesfläche Deutschlands (Stand: Mai 2007) sind z.B. als Natura 2000-Gebiete an die EU gemeldet (BFN 2007). Diese Entwicklung des nationalen Schutzgebietssystems entspricht dem Beschluss VII/28 der 7. Vertragsstaatenkonferenz (COP 7) der CBD (Kuala Lumpur, Malaysia, 2004). Dieser verpflichtet die Vertragsstaaten im Rahmen des „Arbeitsprogramms Schutzgebiete“ zur Einrichtung und Konsolidierung eines Schutzgebietssystems, das umfassend, ökologisch repräsentativ und wirksam bewirtschaftet sein und so zur Erreichung der Ziele der CBD beitragen soll.

Schutzgebiete sollen wesentliche Ausprägungen der biologischen Vielfalt erhalten. Bei ihrer Ausweisung wurde naturgemäß von der jeweils aktuellen Situation der Kulturlandschaft ausgegangen, in der man Klima und Landnutzungsgeschichte integriert vorfand (KÜSTER 1999) und von der die Erwartung bestand, dass keine wesentlichen Änderungen des Klimas in der Zukunft auftreten. Klimabedingte Veränderungen dieses naturräumlichen Potenzials müssen nun aber für ganz Deutschland bereits während der kommenden Jahrzehnte erwartet werden. Eine entscheidende Ursache hierfür sind die allgemein ansteigenden Temperaturen. Aber die damit verbundenen Veränderungen des Wasserhaushaltes aufgrund sich ändernder Niederschläge spielen vielerorts eine noch größere Rolle. Die mit der Ausweisung von Schutzgebieten verbundenen Ziele des Arten- und Biotopschutzes können durch diese Veränderungen zum Teil erheblich beeinflusst werden, etwa durch Veränderungen des Grundwasserabstandes in Feuchtgebieten oder durch Änderungen der Temperatur und des Strahlungshaushaltes. Zusätzlich werden die ökologischen Bedingungen noch durch Erhöhung der atmosphärischen Deposition von Schad- und Nährstoffen und des CO<sub>2</sub>-Gehaltes der Atmosphäre verändert.

Die Vertragsstaaten der CBD sind gemäß dem „Arbeitsprogramm Schutzgebiete“ angehalten, die Notwendigkeit einer Anpassung an den Klimawandel im Rahmen der Schutzgebietsplanung, der Durchführung und Entwicklung von Managementstrategien und der Gestaltung des gesamten Schutzgebietssystems zu berücksichtigen (UNEP 2004). Eine exakte Vorhersage der zukünftig zu erwartenden Klimabedingungen für einzelne Schutzgebiete ist aber nicht möglich. Das entstehende Dilemma kann jedoch durch moderne Methoden der Szenarienentwicklung, des Downscalings und der Vulnerabilitätsabschätzung reduziert werden.

Die Bedingungen des Klimawandels, ausgedrückt durch die ökologische Risikoabschätzung, erfordern die Überprüfung der Erfolgsaussichten und Ziele bisheriger Strategien,

Konzepte und Instrumente zur Erhaltung der biologischen Vielfalt. Das zentrale Ziel in dieser Hinsicht ist die Erhaltung und Entwicklung der biologischen Vielfalt im Sinne der CBD und der europäischen Nachhaltigkeitsstrategie mit dem „Göteborger Ziel“, bis 2010 den Biodiversitätsverlust zu stoppen (vgl. EU-KOM 2006), sowie des Bundesnaturschutzgesetzes. Abzusehen ist bereits heute, dass die Berücksichtigung des Klimawandels eine Dynamisierung der Naturschutzstrategien erforderlich macht. Gegebenenfalls bedürfen aber auch die gesetzlichen Rahmenbedingungen einer Anpassung (national und international).

## **2 Ziele des Vorhabens**

Das erste Ziel der hier vorgestellten Studie ist es, für eine möglichst umfassende und repräsentative Liste der Schutzgebiete Deutschlands zu untersuchen, inwieweit der Klimawandel für diese Risiken im Sinne des Schutzzweckes für das einundzwanzigste Jahrhundert erwarten lässt.

Die hierbei einzusetzende Methode analysiert zunächst die primären Schutzzwecke für jedes Schutzgebiet und stellt dann mit Hilfe von Ökosystemmodellen die Empfindlichkeit der Ziel-Organismen und zu schützenden Lebensgemeinschaften gegenüber den Klimaelementen fest. Anschließend wird mit Hilfe eines Multiszenarien-Ansatzes geprüft, ob für die heutige Form der Schutzgebiete durch den zu erwartenden Klimawandel mit großer Wahrscheinlichkeit Risiken in Bezug auf den Schutzzweck eintreten könnten.

Darauf aufbauend sollen Vorschläge für Handlungsoptionen und erforderliche Anpassungen in angemessenen Zeiträumen zumindest auf nationaler Ebene erarbeitet werden. Zur Erreichung dieses Ziels ist es vorgesehen, wo dies möglich ist im Dialog mit Akteuren des öffentlichen und privaten Naturschutzes, aus wissenschaftlicher Sicht erforderliche sowie sozioökonomisch und politisch machbare Handlungsoptionen zu entwickeln. Das Projekt will so dazu beitragen, im Sinne des Vorsorgeprinzips bereits jetzt Voraussetzungen für die Reaktion auf absehbare Klimaveränderungen zu schaffen und Naturschutzstrategien und -verfahren anzupassen, bevor es zu zusätzlichen, vermeidbaren Verlusten in der Biodiversität kommt.

Es erfolgt eine enge Kooperationen mit dem BfN-Projekt „Modellierung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Flora“ (UFZ 2007), und den EU-Projekten ALARM (ALARM 2007) und MACIS (MACIS 2007). Die Projektlaufzeit erstreckt sich vom 21.08.2006 bis zum 20.08.2009.

## **3 Arbeitsschwerpunkte**

### **3.1 Szenariendefinition**

Unter Verwendung aktueller Emissionsszenarien und Klimamodelle werden Klimaszenarien entwickelt, die einerseits rasterbasiert das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland abdecken und zur Identifikation besonders sensibler Großräume dienen und die andererseits eine regionalisierte Abschätzung des Klimawandels für die jeweiligen Lokalitäten der Schutzgebiete erlauben. Diese Zuordnung ist nicht direkt aus dem Grobraster heraus möglich, weil auch topographische Bedingungen berücksichtigt werden müssen, z.B. in Mittelgebirgen und in den Alpen. Unter den Klimaszenarien wird eine größere Breite untersucht als in früheren Projekten – beispielsweise wird auch ein Szenario der Auswirkungen eines starken Rückganges der thermohalinen Zirkulation im Nordatlantik (Abkühlungsszenario) einbezogen. Die Klimaszenarien werden ergänzt durch Szenarien der Landnutzungsänderungen und der Landschaftsfragmentierung.

### **3.2 Risikoabschätzung Areale und Klima**

Lokalinformationen aus den Schutzgebieten einschließlich aktueller Klimadaten dienen der Analyse des Zusammenhanges zwischen als wichtig erkannten Arten, Artengruppen und Lebensraumtypen einerseits und den aktuellen Klimabedingungen andererseits.

Auf der Basis dieser Informationen wird schrittweise eine Risikoabschätzung der möglichen Veränderungen der Habitateignung unter verschiedenen Szenarien durchgeführt. Die Schaffung von Rückzugsräumen, Verbundkorridoren und anderen Ausweichmöglichkeiten können das Risiko für die betroffenen Arten und Habitate erheblich mindern. Die Analyse des naturräumlichen Potenzials und seiner Einschränkung durch Landnutzungsänderungen und Landschaftsfragmentierung liefert die notwendigen zusätzlichen Informationen zur Risikoabschätzung und Erarbeitung von Handlungsoptionen zur Risikominderung.

### **3.3 Risikoabschätzung für Arten**

Das Risiko für Arten lässt sich durch unterschiedliche Formen der prozessbasierten bzw. empirischen Modellierung der Einflüsse von Klimaelementen auf das Artvorkommen ermitteln (unter Berücksichtigung weiterer Artansprüche z.B. hinsichtlich spezifischer Lebensräume und geologischer Substrate). In einem weiteren Schritt wird auf Grundlage der Szenarien untersucht, wie hoch die Überlebenswahrscheinlichkeit der Fokusarten in den jetzigen Schutzgebieten ist. Gegebenenfalls sollte sich eine Analyse anschließen, inwieweit das Netz der Schutzgebiete die zu erwartende Verbreitung der Arten widerspiegelt bzw. auf Grundlage der Szenarien sollen Vorschläge für Räume erarbeitet



werden, die in Zukunft im Fokus von Naturschutzmaßnahmen liegen könnten/sollten (ARAÚJO et al.2004).

Wesentlich ist auch die Abschätzung nicht modellierbarer Risiken, da eine Reihe von bekannten oder vermuteten Risikofaktoren für Arten (und Habitate) sich dem effektiven methodischen Zugriff durch Modellierung entzieht. Zu nennen sind auf der Art-Ebene so unterschiedliche Fitnesskomponenten wie das artspezifische Ausbreitungsvermögen, biologische Interaktionen, so z.B. Verschiebungen im Konkurrenz- oder im trophischen Gefüge einer Lebensgemeinschaft oder Konkurrenz durch invasive Arten, aber auch zwischenartliche synergistische Abhängigkeiten (Bestäubung, zoochore Ausbreitung; besonders wichtig hier die Rolle von Schlüsselarten). Hierzu bietet sich eine indexbasierte semiquantitative Sensitivitätsanalyse (z.B. BERTZKY 2003, GARTHE & HÜPPOP 2004) des oben umrissenen Sets von biologisch-ökologischen Charakteristika an, welche letztlich die Fitness einer Art (oder die Integrität eines Lebensraumes) bestimmen.

### **3.4 Risikoabschätzung für Habitate/Lebensräume**

Ähnlich wie zwischen Arten und Klimaelementen gibt es auch zwischen Habitaten und Klimaelementen enge Zusammenhänge. Dies beruht insbesondere darauf, dass eine Vielzahl z.B. von Habitaten für Tiere durch die Vegetationsstruktur vorgegeben wird. Ändern sich die Bedingungen für die strukturbildenden Pflanzenarten, kommt es auch zur Überformung der für Tiere relevanten Eigenschaften. Bei der Risikoabschätzung für Habitate sollen zwei Wege beschritten werden: Zum einen wird angenommen, dass die Habitate als solche unverändert entsprechend ihres Klimaraumes an neuen Lokalitäten aufzufinden sind – die Modellierung erfolgt dann nach analog zu den für Arten verwendeten Methoden. Zum anderen werden strukturbildende Arten (-gruppen) modelliert und die sich neu ergebenden Kombinationen von Arten (-gruppen) zur Ableitung von Habitaten und ihrer Verbreitung genutzt.

### **3.5 Analyse naturräumlicher Potenziale zur lokalen Risikominderung**

Bei der Analyse des Potentials zur Risikominderung ist es wichtig, ob die Schutzgebiete auch in Zukunft, also unter den Wirkungen des Klimawandels, eine relevante Stichprobe aus dem Arteninventar widerspiegeln. Natürlich sollten Schutzgebiete einen großen Teil der seltenen und gefährdeten Arten umfassen. Dementsprechend muss sichergestellt werden, dass auch in Zukunft jede ökologische Raumeinheit im Schutzgebietssystem repräsentiert wird.

### 3.6 Vorschläge für Handlungsoptionen

Die Formulierung von Handlungsoptionen soll präventiv eine bestmögliche Anpassung des Naturschutzes an die Wirkungen des Klimawandels erlauben. Für eine umfassende und repräsentative Auswahl deutscher Schutzgebiete werden Informationen über Lokalität, Schutzstatus, Schutzziele und andere schutzgebietsrelevante Aspekte zusammengestellt. Das Natura 2000-Schutzgebietsnetz findet hierbei besondere Berücksichtigung.

In der bewertenden Betrachtung werden die Ziele der einzelnen Schutzgebiete auf ihren konzeptionellen Hintergrund hin diskutiert (Artenschutz, Habitatschutz, Konnektivität, Aspekte von adaptiven, dynamisierten Naturschutzansätzen, Berücksichtigung von Funktionalitätsaspekten etc.).

Über die konkreten Schutzgebiete hinaus wird die breite Palette vorhandener naturschutzfachlicher Ansätze eines dynamisierten Naturschutzes in und zwischen Schutzgebieten sowie mögliche weitere Lösungsansätze erfasst (z.B. integrativer Naturschutz auf der gesamten Fläche).

Die Schutzziele sind daraufhin zu bewerten, inwieweit ihre Erreichung durch Wirkungen des Klimawandels gefährdet ist.

Insgesamt müssen die Handlungsoptionen unter Einschätzung des naturwissenschaftlich begründbaren Handlungsbedarfs sowie der rechtlichen, politischen und operativen Umsetzbarkeit formuliert werden:

- Anpassung und Erweiterung der Schutzstrategien (operative/politische Dimension), Handlungsoptionen, Instrumentarien;
- Entwicklung von Umsetzungsstrategien und -konzepten (Politiken, Umsetzungshindernisse und Konflikte; Eingriffsregelungen, Kompensations-/Anpassungsstrategien, Managementoptionen);
- Umsetzung der Ergebnisse in raumbezogene Information, z.B. Raumordnung und Landschaftsplanung.

Die Reflexion des Selbstverständnisses und die Anpassung und Erweiterung von Zielen und Strategien des Naturschutzes bilden die Schnittstelle des Projekts zur Umsetzung der Projektergebnisse in die Praxis des Naturschutzes. Hierzu dienen die Zusammenarbeit mit Akteuren aus der Naturschutzverwaltung und ein Austausch mit Vertretern des privaten Naturschutzes. Die Naturschutzverbände sowie weitere relevante Stakeholder sollten in nachfolgenden Diskussionsforen möglichst bald auch formell eingebunden werden.

Die oben genannten Anpassungen von Selbstverständnis, Zielen und Strategien stellen eine nicht zu unterschätzende Herausforderung für die staatlichen und gesellschaftlichen Naturschutzakteure dar. Der vorsorgende Ansatz des Projekts eröffnet den zeitlichen Spielraum für die notwendigen Neuorientierungs- und Veränderungsprozesse in der Praxis. Dies betrifft zunächst interne Prozesse innerhalb der Verwaltungen und Verbände und im nächsten Schritt multilaterale Kooperationen und die Entwicklung geeigneter Kommunikations- und Umsetzungsstrategien in den verschiedenen Kontexten des Naturschutzes.

## **Zusammenfassung**

Schutzgebiete in Deutschland werden in den kommenden Jahrzehnten durch den Klimawandel erheblichen Veränderungen ihres naturräumlichen Potenzials unterworfen sein. Dieses Problem stellt die nationale Naturschutzstrategie, einschließlich der Einhaltung internationaler Abkommen, vor neue Herausforderungen. In dem Forschungs- und Entwicklungsvorhaben „Schutzgebiete Deutschlands im Klimawandel“ wird eine umfassende und repräsentative Auswahl deutscher Schutzgebiete einer Risikoabschätzung, u.a. mit neuesten Methoden der statistischen und prozessbasierten Simulation von Klimawirkungen unterzogen. Damit wird geprüft, welchen Risiken die Erreichung der Schutzziele ausgesetzt ist. Aus der ökologischen Risikoabschätzung sollen, wo dies möglich ist, im Dialog mit Akteuren des öffentlichen und privaten Naturschutzes, Handlungserfordernisse und -optionen für eine adaptive, dynamisierte Naturschutzpolitik abgeleitet werden.

Das vom Bundesamt für Naturschutz finanzierte Vorhaben begann im August 2006 und hat eine Laufzeit von drei Jahren. Die projektbegleitende Arbeitsgruppe setzt sich aus Vertretern der Fachbehörden des Bundes und der Länder zusammen.

## **Summary**

In the next decades, protected areas in Germany and their biodiversity will be impacted by climate change. This poses new challenges for national conservation strategies, and for compliance with international conventions. The research & development project “Germany’s protected areas and climate change” is designed to assess the corresponding risks for a comprehensive as well as representative selection of protected areas in Germany, making use of advanced methods of statistical and process-based simulations of climate effects, among others. The methods applied will allow to assess the risks certain conservation goals are exposed to in the near future. This ecological risk assessment serves as a basis for deriving more adaptive and dynamic conservation

policy and management options, wherever possible in close dialogue with public and private conservation actors.

The project is funded by the German Federal Agency of Nature Conservation (BfN). It runs from August 2006 to August 2009. The steering group consists of members of federal and state agencies.

## Literatur

- ARAÚJO, M.B. et al. (2004): Would climate change drive species out of reserves? An assessment of existing reserve-selection methods. – *Global Change Biology* 10: 1618-1626.
- ALARM (2007): Assessing LArge-scale environmental Risks with tested Methods. <[www.alarmproject.net/alarm/](http://www.alarmproject.net/alarm/)>, 24.08.2007.
- BAKKENES, M. et al. (2002): Assessing effects of forecasted climate change on the diversity and distribution of European higher plants for 2050. – *Global Change Biology* 8: 390-407.
- BENNETT, A.F. (1999): Linkages in the landscape. The role of corridors and connectivity in wildlife conservation. – Gland and Cambridge (IUCN): 254 S.
- BERRY, P.M. et al. (2003): The sensitivity and vulnerability of terrestrial habitats and species in Britain and Ireland to climate change. – *Journal for Nature Conservation* 11: 15-23.
- BERTZKY, M. (2003): Entwicklung eines unterstützenden Modells zur Einschätzung des Erhaltungszustands phylogenetischer Ressourcen am Beispiel ausgewählter Arten Boliviens. – Universität Bonn (Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät) Diplomarbeit: 209 S.
- BfN (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ) (2007): Zum Stand der Umsetzung von Natura 2000 in Deutschland. <[www.bfn.de/0316\\_gebiete.html](http://www.bfn.de/0316_gebiete.html)>, 01.08.2007.
- BIESMEIJER, J.C. et al. (2006): Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. – *Science* 313: 351-354.
- BRIERS, R.A. (2002): Incorporating connectivity into reserve selection procedures. – *Biological Conservation* 103: 77-83.
- BURKHARDT, R. et al. (2004): Empfehlungen zur Umsetzung des §3 BNatSchG "Biotopverbund". Ergebnisse des Arbeitskreises "Länderübergreifender Biotopverbund" der Länderfachbehörden mit dem BfN. – *Naturschutz und biologische Vielfalt* 2: 84 S.
- BMJ (BUNDESMINISTERIUM FÜR JUSTIZ) (2007): Bundesnaturschutzgesetz vom 25. März 2002 (BGBl. I S. 1193), zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 10. Mai 2007 (BGBl. I S. 666). <[http://bundesrecht.juris.de/bnatschg\\_2002/index.html](http://bundesrecht.juris.de/bnatschg_2002/index.html)> 02.08.2007.

- BUSH, M.B. (1994): Amazonian speciation: a necessarily complex model. – *Journal of Biogeography* 21: 5-17.
- DOBSON, A. et al. (1999): Connectivity: maintaining flows in fragmented landscapes. - In: SOULÉ, M.E. & TERBORGH, J. (Eds.): *Continental conservation. Scientific foundations of regional reserve networks.* – Washington D.C.: 129-170.
- DOYLE, U. & RISTOW, M. (2006): Biodiversitäts- und Naturschutz vor dem Hintergrund des Klimawandels. Für einen dynamischen integrativen Schutz der biologischen Vielfalt. – *Naturschutz und Landschaftsplanung* 38: 101-107.
- EEA (EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY) (2004): *Impacts of Europe's changing climate: an indicator-based assessment.* – Luxemburg (Office for Official Publications of the European Communities): 100 S.
- ERASMUS, B.F.N. et al. (2002): Vulnerability of South African animal taxa to climate change. – *Global Change Biology* 8: 679-693.
- EU-KOM (KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN) (2006): Mitteilung der Kommission. Eindämmung des Verlusts der biologischen Vielfalt bis zum Jahr 2010 – und darüber hinaus. Erhalt der Ökosystemleistungen zum Wohl der Menschen. – Brüssel (EU-KOM): 19 S.
- FRANKEL, O.H. & SOULÉ, M.E. (1981): *Conservation and evolution.* – Cambridge: 327 S.
- GARTHE, S. & HÜPPOP, O. (2004): Scaling possible adverse effects of marine wind farms on seabirds: developing and applying a vulnerability index. – *Journal of Applied Ecology* 41: 724-734.
- GITAY, H. et al. (2001): Ecosystems and their goods and services. – In: MCCARTHY, J.J., CANZIANI, O.F., LEARY, N.A., DOKKEN, D.J. & WHITE, K.S. (Eds.): *Climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* – Cambridge: 235-342.
- HANNAH, L. et al. (2002): Conservation of biodiversity in a changing climate. – *Conservation Biology* 16: 264-268.
- HANNAH, L. et al. (2005): The view from the cape. Extinction risk, protected areas, and climate change. – *Bioscience* 55: 231-242.
- HANSEN, L., BIRINGER, J. & HOFFMANN, J. (2003): *Buying time: a user's manual for building resistance and resilience to climate change in natural systems.* – Gland (WWF International): 244 S.
- HARRIS, L.D. et al. (1996): The role of networks and corridors in enhancing the value and protection of parks and equivalent areas. – In: WRIGHT, R.G. (Ed.): *National parks and protected areas. Their role in environmental protection.* – Cambridge: 173-198.
- HARTJE, V., KLAPHAKE, A. & SCHLIEP, R. (2003): The international debate on the ecosystem approach. – *BfN-Skripten* 80: 50 S.

- IBISCH, P.L. (2006): Klimawandel und Klimaschutz: Chancen, Gefahren und Handlungsoptionen für den Naturschutz im Wald. – In: HÖLTERMANN, A. & HIERMER, J.D. (Hrsg.): Wald, Naturschutz und Klimawandel. Ein Workshop zur Zukunft des Naturschutzes im Wald vor dem Hintergrund des globalen Klimawandels. – BfN-Skripten 185: 71-81.
- IPCC (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE) (2007): Summary for policymakers. – In: SOLOMON, S. et al. (Eds.): Climate Change 2007: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. – Cambridge and New York: 1-18.
- JOPE, K.L. & DUNSTAN, J.C. (1996): Ecosystem-based management: natural processes and systems theory. – In: WRIGHT, R.G. (Ed.): National parks and protected areas. Their role in environmental protection. – Cambridge: 45-62.
- KÜSTER, H. (1999): Geschichte der Landschaft in Mitteleuropa. Von der Eiszeit bis zur Gegenwart. – München: 424 S.
- LEUSCHNER, C. & SCHIPKA, F. (2004): Vorstudie Klimawandel und Naturschutz in Deutschland. – BfN-Skripten 115: 40 S.
- LISTER, N.M.E. & MUNN, R.E. (1998): A systems approach to biodiversity conservation planning. – Environmental Monitoring and Assessment 49: 123-155.
- MACIS (2007): Minimisation of and adaptation to climate change impacts on biodiversity. <[www.macis-project.net/index.html](http://www.macis-project.net/index.html)>, 24.08.2007.
- MCNEELY, J.A. (1994): Lessons from the past: forests and biodiversity. – Biodiversity and Conservation 3: 3-20.
- MILLER, K. et al. (1995): Measures for conservation of biodiversity and sustainable use of its components. – In: UNEP (Ed.): Global biodiversity assessment. – Cambridge: 915-1061.
- NEWTON, A.C., WILSON, K. & ECHEVERRÍA, C.M. (2004): Assessing the vulnerability of forest to environmental change. – In: SMITHERS, R. (Ed.): Landscape ecology of trees and forests. IALE UK & Woodland Trust. – Proceedings of the Twelfth Annual IALE Conference, Cirencester, 21-24 June 2004: 176-186.
- NOSS, R.F. (1998): Advances in ecoregional conservation. – Electronic Green Journal December 1998 Special Issue 9. <<http://egj.lib.uidaho.edu/egj09/noss1.html>>, 23.10.2006.
- NOSS, R.F. (2001): Beyond Kyoto: forest management in a time of rapid climate change. – Conservation Biology 15: 578-590.
- NOSS, R.F. & COOPERRIDER, A. (1994): Saving nature's legacy: protecting and restoring biodiversity. – Washington, D.C.: 417 S.
- NOSS, R.F. & CSUTI, B. (1994): Habitat fragmentation. – In: MEFFE, G.K. & CARROLL, R.C. (Eds.): Principles of conservation biology. – Sunderland: 237-264.

- OLSON, D. & DINERSTEIN, E. (1999): The Global 200 Initiative: a representation approach to conserving the earth's distinctive ecoregions. – In: STOLTON, S. & DUDLEY, N. (Eds.): Partnerships for protection. New strategies for planning and management for protected areas. – London: 59-68.
- PARMESAN, C. (2006): Ecological and evolutionary responses to recent climate change. – *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 37: 637-669.
- PARMESAN, C. & YOHE, G. (2003): A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. – *Nature* 421: 37-42.
- PELATT, M.G. (2002): The role of paleoecology in understanding ecological integrity: an example from highly fragmented landscape in the strait of Georgia lowlands. – In: BONDRUP-NIELSEN, S. et al. (Eds.): Managing protected areas in a changing world (Proceedings of the Third International Conference on Science and Management of Protected Areas). – Wolfville (Science and Management of Protected Areas Association): 384-397.
- ROOT, T.L. et al. (2003): Fingerprints of global warming on wild animals and plants. – *Nature* 421: 57-60.
- SCOTT, J.M. et al. (1999): The issues of scale in selecting and designing biological reserves. – In: SOULÉ, M.E. & TERBORGH, J. (Eds.): Continental conservation. Scientific foundations of regional reserve networks. – Washington D.C.: 19-38.
- SCBD (SECRETARIAT OF THE CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY) (2003): Interlinkages between biological diversity and climate change. Advice on the integration of biodiversity considerations into the implementation of the United Nations Framework Convention on Climate Change and its Kyoto protocol. – CBD Technical Series 10: 154 S.
- SETTELE, J. et al. (2005): ALARM: Assessing Large-scale environmental Risks for biodiversity with tested Methods. – *Gaia* 14: 69-72.
- SOTO, C. (2002): The potential impacts of global climate change on marine protected areas. – *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 11: 181-195.
- SOULÉ, M.E. (1986): Conservation biology and the “real world.” – In: SOULÉ, M.E. (Ed.): Conservation biology: The science of scarcity and diversity. – Sunderland: 1-12.
- SSYMANK, A., BALZER, S. & ULLRICH, K. (2006): Biotopverbund und Kohärenz nach Artikel 10 der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie. Ergebnisse eines internationalen Workshops auf der Insel Vilm. – *Naturschutz und Landschaftsplanung* 38: 45-49.
- STENSETH, N.C. et al. (2002): Ecological effects of climate fluctuations. – *Science* 297: 1292.
- THOMAS, C.D. et al. (2004): Extinction risk from climate change. – *Nature* 427: 145-148.
- THULLER, W. (2004): Patterns and uncertainties of species' range shifts under climate change. – *Global Change Biology* 10: 2020-2027.

- THUILLER, W., LAVOREL, S., ARAÚJO, M.B., SYKES, M.T., & PRENTICE, I.C. (2005): Climate change threats to plant diversity in Europe. – Proc. Nat. Acad. Sc. USA 102: 8245-8250.
- UFZ (HELMHOLTZZENTRUM FÜR UMWELTFORSCHUNG – UFZ) (2007): Modellierung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Flora. <[www.ufz.de/index.php?de=6370](http://www.ufz.de/index.php?de=6370)>, 24.08.2007.
- UNEP (2000): Decisions of the COP5 of the Convention on Biological Diversity. V/6: Ecosystem approach. <[www.biodiv.org/decisions/default.asp?lg=0&m=cop-05&d=06](http://www.biodiv.org/decisions/default.asp?lg=0&m=cop-05&d=06)>, 15.05.2005.
- UNEP (2004): Decisions of the COP7 of the Convention on Biological Diversity. VII/28: Protected areas. <[www.cbd.int/decisions/default.shtml?dec=VII/28](http://www.cbd.int/decisions/default.shtml?dec=VII/28)>, 1.08.2007.
- WALTER, H.S. (2004): The mismeasure of islands: implications for biogeographical theory and the conservation of nature. – Journal of Biogeography 31: 177-197.

### **Anschrift der Autoren:**

Dr. Franz-W. Badeck, Prof. Dr. Wolfgang Cramer, Dr. Katrin Vohland  
Potsdam Institut für Klimafolgenforschung e.V.  
Postfach 60 12 03  
14412 Potsdam  
badeck@pik-potsdam.de  
wolfgang.cramer@pik-potsdam.de  
katrin.vohland@pik-potsdam.de

Prof. Dr. Katrin Böhning-Gaese  
Johannes Gutenberg-Universität Mainz  
Institut für Zoologie, Abt. Ökologie  
Becherweg 13  
55099 Mainz  
boehning@uni-mainz.de

Prof. Dr. Pierre L. Ibisch, Stefan Kreft  
Fachhochschule Eberswalde  
Fachbereich für Wald und Umwelt  
Alfred-Möller-Str. 1  
16225 Eberswalde  
pibisch@fh-eberswalde.de  
skreft@fh-eberswalde.de



Dr. Stefan Klotz, Dr. Ingolf Kühn  
Helmholtzzentrum für Umweltforschung – UFZ  
Dept. Biozönoseforschung  
Theodor-Lieser-Str. 4  
06120 Halle  
stefan.klotz@ufz.de  
ingolf.kuehn@ufz.de

Ute Zander  
Lernprozesse für Nachhaltige Entwicklung  
Emilienstraße 40  
42287 Wuppertal  
zander@lernprozesse.com