

## **Auswirkungen des Klimawandels in Schutzgebieten im globalen und kontinentalen Kontext**

Carl Beierkuhnlein

### **Zusammenfassung**

Schutzgebiete sind ein zentrales Instrument im Naturschutz. Sie umfassen ein breites Spektrum von Schutzziele und -gütern und unterscheiden sich entsprechend in Ausstattung, Schutzstatus, Fläche und Alter. Durch den globalen Klimawandel verändern sich auch die lokalen klimatischen Bedingungen innerhalb bestehender Schutzgebiete. Hierbei zeigen sich im Vergleich verschiedener Biome (Großlebensräume, Ökozonen) deutliche Unterschiede im Grad der erwarteten negativen Einflüsse. Es sind nicht die besonders artenreichen Hotspots in den Tropen und Subtropen, die besonders gefährdet sind, sondern u. a. Schutzgebiete in der temperaten Zone, weil dort in vielen Industrienationen oft nur kleine Restflächen zur Ausweisung von Schutzgebieten zur Verfügung stehen.

Für Europa werden mildere Auswirkungen des Klimawandels in ozeanisch geprägten Gebieten erwartet, während kontinentale Regionen wahrscheinlich stärker betroffen sein werden. Allerdings wächst auch die Ungewissheit, gemessen über die Standardabweichung im Output verschiedener globaler Zirkulationsmodelle (Klimamodelle), mit der Kontinentalität.

Solche Gradienten unterschiedlicher Geschwindigkeit, Intensität und Ausprägung des Klimawandels werden auch für Deutschland erwartet, mit weniger gravierenden Einwirkungen im Nordwesten und extremeren Verhältnissen in kontinental geprägten Landschaften. Allerdings ist hierbei auch die Topografie zu beachten, und flache, wenig topografisch strukturierte Landschaften werden weniger Ausgleichs- und Anpassungsmöglichkeiten innerhalb der jeweiligen Schutzgebiete bieten.

Die Forderung nach einer deutlichen Vergrößerung der durch Schutzgebiete für den Naturschutz prioritär gesicherten Fläche ist eine Chance zur Anpassung an den Klimawandel. Doch müssen die dafür benötigten Flächen in stark fragmentierten Landschaften gefunden werden.

Darüber hinaus müssen hinreichende finanzielle Mittel und Personal für das Management und das Monitoring des Schutzgebietsnetzwerks bereitgestellt werden. Bezüglich der einzusetzenden Methoden empfiehlt es sich, standardisierte und von den Bearbeitenden unabhängige Feldmethoden mit den immensen Möglichkeiten der Fernerkundung und der Modellierung zu verknüpfen.

### **Summary**

Protected areas are a main instrument in nature conservation. They include a broad spectrum of targets and goods and the differ in their composition, structure, status, area, and age. Global climate change has consequences at the local scale of existing protected areas. Comparing biomes (ecozones), differences in the degree of impact emerge. It is not the protected areas in tropical and subtropical hotspots but i.e. protected areas in the temperate zone that are most affected. In many industrial nations of this zone, only small remnant natural sites have been designated as protected areas.

At the continental scale of Europe, the oceanic climate in the West is expected to alleviate the effects of climate change whereas continental regions are likely to be more affected. However,

uncertainty as measured by standard deviation between the Global Circulation Models (climate models) output also increases with continentality.

Such gradients of climate change velocity, intensity and performance of climate change are also expected within Germany with less severe impacts in the North-western regions and more extreme conditions towards continental landscapes. However, also the topography needs to be considered. Flat and less structured landscapes will offer less options for compensation and adaptation within the limits of a respective protected area.

The request of a substantial increase of protected area can be seen as a chance for nature conservation and for the adaptation to climate change. However, these spaces must be identified in highly fragmented landscapes.

Moreover, it is important to allocate adequate funding and staff to the management and monitoring of this network. In terms of methods, it is recommended that standardized and unbiased field assessments shall be combined with the immense options in remote sensing and modelling.

## **1 Einleitung**

Schutzgebiete sind ein zentrales Instrument zum Erhalt der Biodiversität und funktionierender Ökosysteme. Auf allen Kontinenten wurde im Verlauf des letzten Jahrhunderts eine Vielzahl, teils sehr großer Schutzgebiete ausgewiesen, welche neben anderen Dienstleistungen und der Erholungsfunktion inzwischen in vielen Fällen auch eine große Bedeutung für den Tourismus einnehmen. Der Erhalt der Schutzgüter und der Funktionalität von Schutzgebieten ist daher von gesellschaftlichem Interesse. Die Akzeptanz solcher Gebiete und der mit ihnen einhergehenden Einschränkungen für die jeweils ansässige Bevölkerung hängt allerdings mit dem Erhalt ihrer Qualität zusammen. Nur wenn der Schutzzweck nach wie vor erfüllt wird, kann es verständlich gemacht werden, dass erhebliche Flächen mit Auflagen und Einschränkungen versehen werden.

Die Qualität vieler Schutzgebiete erscheint angesichts des Klimawandels einerseits zunehmend gefährdet (Beierkuhnlein et al. 2023a), andererseits sind Schutzgebiete gerade im Verlauf der aktuellen Veränderungen sogar von erhöhter Bedeutung für den Erhalt der Biodiversität bzw. bekommt der Beitrag von Schutzgebieten zur Gewährleistung der Bereitstellung ökologischer Dienstleistungen der Natur sogar einen noch größeren Wert. Es stellen sich folglich die Fragen, welche Veränderungen zu erwarten sind und wie eine bestmögliche Entwicklung von Schutzgebieten erzielt werden kann.

Auf der Ebene der Vereinten Nationen wurden 2015 mit der Agenda 2030 die Nachhaltigkeitsziele (Sustainable Development Goal, SDG) formuliert, zu welchen auch SDG 15 „Leben an Land“ gehört. Der Erhalt von Biodiversität und natürlichen Lebensräumen wird dabei explizit herausgestellt und die Bereitstellung erhöhter finanzieller Ressourcen für diesen Erhalt gefordert. Offensichtlich sind verstärkte Bemühungen wie die Ausweisung neuer und größerer Schutzgebiete unabdingbar, um Biodiversität und Ökosysteme zu erhalten. Vor diesem Hintergrund forderte Edward O. Wilson im Jahr 2016, die Hälfte der Erde dem Naturschutz zu widmen (Wilson 2016). Auf politischer Ebene, beispielsweise in der EU-Biodiversitätsstrategie für 2030 und ebenso in der nationalen Biodiversitätsstrategie (Zinngrebe et al. 2021), verfolgt man die etwas pragmatischere, aber nichtsdestotrotz ambitionierte Strategie, bis zum Jahr 2030 30 % der Landfläche unter Schutz zu stellen, wobei allerdings der Terminus „Schutz“ einer klareren Definition bedarf. Sicherlich werden zum Erreichen der internationalen Vorga-

ben, die von der Bundespolitik mitgetragen werden, zusätzlich zu bestehenden, wertvollen Schutzgebieten (Abb. 1) neue Initiativen und eine Aufwertung existierender Flächen erforderlich sein.



Abb. 1: Natürliche Landschaftsdynamik im Nationalpark Gran Paradiso. Dieser Teil der Alpen war schon Mitte des 19. Jahrhunderts als Jagdgebiet italienischer Adelsfamilien aus Savoyen und Piemont geschützt und wurde im Jahr 1922 als erster Nationalpark Italiens ausgewiesen. Foto: C. Beierkuhnlein

## 2 Klimawandelauswirkungen auf Schutzgebiete

Da die Klimabedingungen eines Schutzgebiets eine wesentliche Grundlage für die Existenz und den Erhalt von Arten und Lebensräumen darstellen, wird der zu erwartende Verlust ehemals anzutreffender abiotischer Bedingungen innerhalb von Schutzgebieten als wachsendes Problem herausgestellt (Thomas & Gillingham 2015, Hoffmann et al. 2019, Hoffmann & Beierkuhnlein 2020, Lai et al. 2022, Parks et al. 2022).

Durch den Klimawandel sind die Umweltbedingungen in Schutzgebieten bereits heute und in verstärktem Umfang in der nahen Zukunft teils erheblichen Veränderungen ausgesetzt (Nila et al. 2019) (Abb. 2). Diese können dazu führen, dass Populationen von Zielarten solche Flächen verlassen oder hinzuwandern. Ein statisches Flächenkonzept definierter Gebiete kann nur bedingt durch das Management innerhalb von Schutzgebieten an derartige Veränderungen angepasst werden. Eine Verlagerung von Schutzgebieten ist schon allein durch die teils intensive Nutzung in ihrer Umgebung nur sehr bedingt möglich.

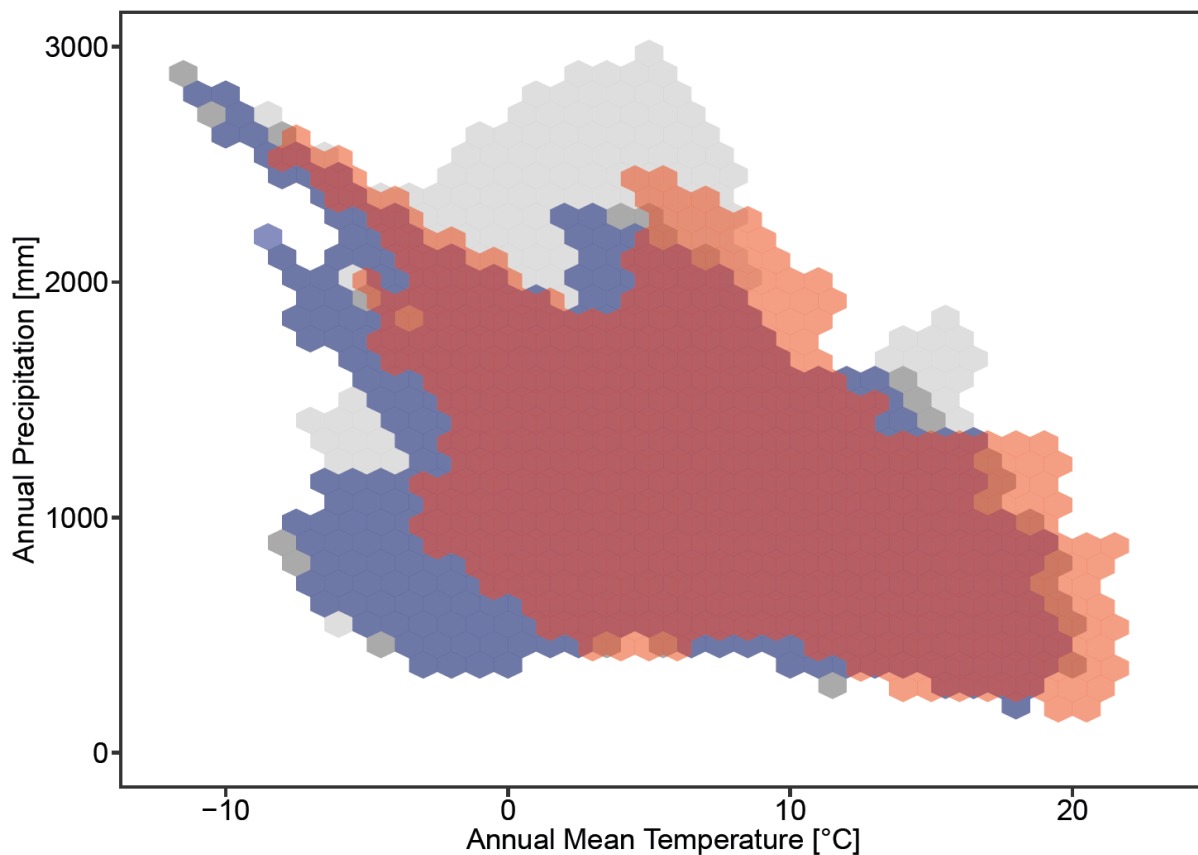


Abb. 2: Klima-Nische Europas, der EU sowie der aktuellen Natura-2000-Gebiete. Hell-graue Felder charakterisieren die aktuell in ganz Europa bestehenden Klimabedingungen, dunkelgraue Felder, die größtenteils farblich überlagert sind, die Bedingungen in der EU (inkl. UK). Die Farben Blau und Rot stehen für aktuelle und künftig erwartete Klimaverhältnisse in den Natura-2000-Gebieten. Als Emissionsszenario wurde RCP 6.0 für das Jahr 2070 (+/-10 Jahre) gewählt. Die Grafik verdeutlicht, dass nach der Mitte des 21. Jahrhunderts wesentliche kühle Bedingungen im Natura-2000-Netzwerk nicht mehr existieren werden (nur blau), dafür aber bisher in der europäischen Klima-Nische nicht abgedeckte hohe Temperaturen auftreten werden. Grafik: S. Hoffmann, Daten aus Worldklim BCC-CSM1-1, 30s Auflösung

Aus diesem Grund müssen die stattfindenden und künftig zu erwartenden Veränderungen frühzeitig erkannt und in ihrer Intensität eingeschätzt werden. Da sich der Klimawandel regional unterschiedlich darstellen wird, müssen räumlich differenzierte biogeografische Analysen durchgeführt werden, um Hotspots und Coldspots der klimatischen Veränderungen aufzuzeigen und mithin eine Priorisierung und Fokussierung von Naturschutzmaßnahmen zu ermöglichen, da Ressourcen und Personal auch künftig begrenzt sein werden (Lai et al. 2022).

Auch bei Erreichen des globalen 1,5-Grad-Ziels des Pariser Klimaabkommens wird es zu einer deutlich stärkeren Erwärmung auf den Kontinenten im Vergleich zu den Meeren kommen. Da die Nordhalbkugel erheblich mehr Landfläche aufweist als die Südhalbkugel, werden deshalb die terrestrischen Schutzgebiete auf der Nordhalbkugel im Mittel einer signifikant über 1,5 Grad liegenden Erwärmung ausgesetzt sein. Dazu kommt noch ein Ozeanitäts- bzw. Kontinentalitätsgradient mit einer milderen Erwärmung beispielsweise in atlantisch geprägtem Klima in Küstennähe und einer intensiveren Erwärmung in kontinentalem Klima (Abb. 3). Folglich ist für Schutzgebiete im Binnenland unter diesem optimistischen Szenario mit einer Erwärmung von teils über 3 Grad im langjährigen Mittel während der nächsten Jahrzehnte zu rechnen.

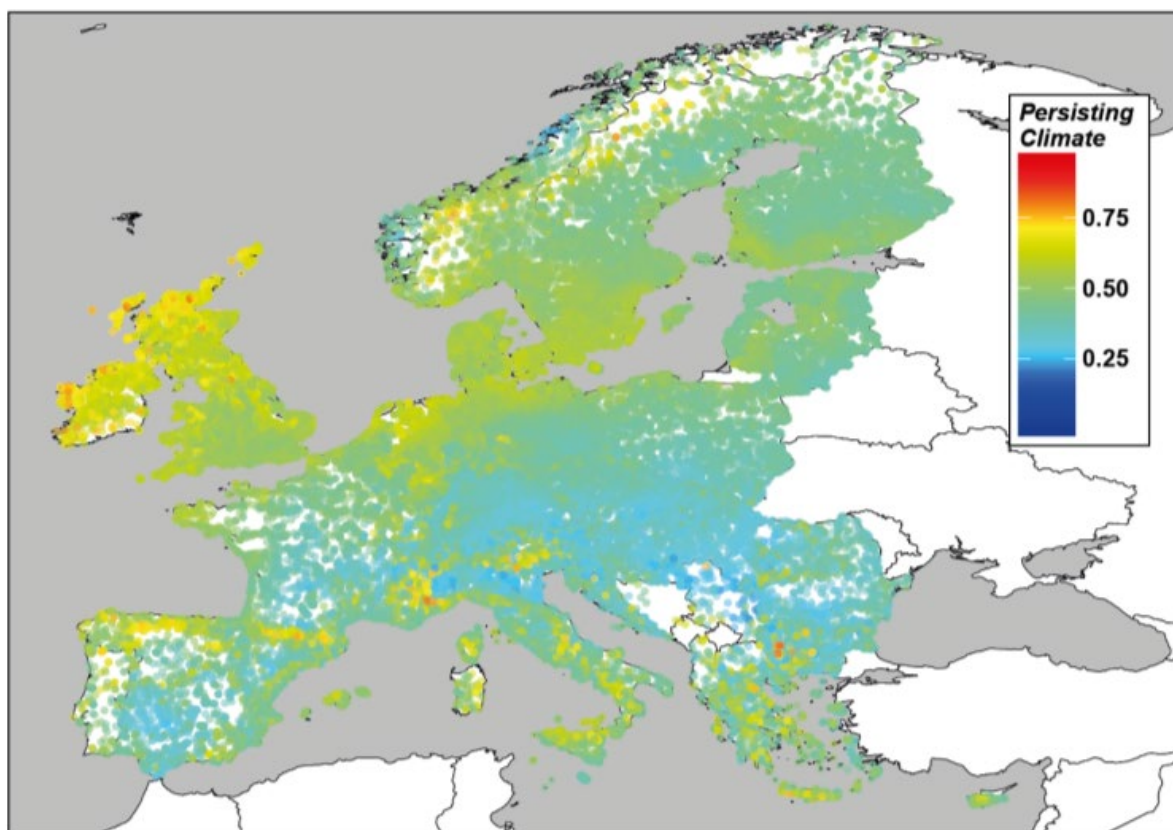


Abb. 3: Anteile von Schutzgebieten mit einem weitgehenden Erhalt aktueller Klimabedingungen (Persisting Climate) auf der Basis von 10 Klimamodellen für ein pessimales Szenario (RCP 8.5) und für die Jahre um 2070 (+/-10 Jahre). Jeder dargestellte Punkt steht für das Zentroid eines Schutzgebiets. Die Farbskala zeigt die Verhältnisse innerhalb der jeweiligen Schutzgebiete. Es zeigt sich, dass ozeanisch getönte Schutzgebiete auch bei einer negativen Entwicklung noch auf einem größeren Teil ihrer Fläche Klimabedingungen erwarten lassen, die innerhalb dieser Schutzgebiete heute vorkommen. Andererseits entspricht künftig für kontinentalere Schutzgebiete nur ein geringer Teil ihrer Fläche den heutigen Bedingungen. Grafik: S. Hoffmann, Daten aus Worldklim BCC-CSM1-1

Es sind jedoch nicht langjährige Mittelwerte (30-jähriges Mittel), sondern die mit dem Klimawandel verbundene zunehmende Wahrscheinlichkeit des Auftretens bisher selten oder gar nicht dokumentierter und deshalb als „extrem“ bezeichneter Wetterereignisse wie mehrwöchiger Dürren, Hitzeperioden, Starkregenereignisse und starker Stürme, welche sich ökologisch auswirken. Eine sprachliche Herausforderung ist in diesem Zusammenhang, dass eine Häufung solcher Ereignisse zwar zu verstärkten Effekten in der Natur führt, aber nicht mehr als „extrem“ bezeichnet werden kann, da extreme Klimabedingungen und Extremwetterlagen durch ihre Seltenheit definiert sind (Hegerl et al. 2010).

### 3 Konsequenzen für den Flächenschutz

Aus den großräumigen globalen, kontinentalen und nationalen biogeografischen Analysen zu den Auswirkungen des Klimawandels auf bestehende Schutzgebiete ergeben sich konkrete Konsequenzen für die zukünftige Entwicklung einzelner Schutzgebiete und für das gesamte Schutzgebietsnetzwerk. Grundsätzlich gibt es drei Optionen: 1. Veränderte Bewertung bzw. Einstufung eines Schutzgebiets in einen neuen Schutzstatus, 2. Vergrößerung der Schutzge-

bietskulisse einzelner oder vieler Schutzgebiete und 3. Ausweisung zusätzlicher neuer Schutzgebiete zur verstärkten Vernetzung zwischen bestehenden Schutzgebieten.

Bezüglich der ersten Option ist beides denkbar: a) Aufwertung, weil sich ein geschützter Lebensraum sehr wahrscheinlich positiv entwickeln wird und Arten, welche vorher dort (noch) nicht vorkommen konnten, ein Habitat bilden; b) Abwertung, weil die ursprünglich intendierten Schutzgüter nicht (mehr) in diesem Schutzgebiet erhalten bleiben können. Die administrativen und juristischen Implikationen können hier nicht diskutiert werden, doch empfiehlt es sich, zeitnah über diese beiden Optionen nachzudenken und entsprechende Verwaltungsabläufe zu konzipieren. Fakt ist, dass wissenschaftsbasierter Flächenschutz für bereits ausgewiesene Flächen nicht nur eine negative Perspektive bedeuten muss.

Im Hinblick auf die Erweiterung des Schutzgebietsnetzwerks zum Biodiversitätserhalt muss die für den Erhalt von Populationen erforderliche Fläche teils deutlich erhöht werden, sodass innerhalb dann künftig vergrößerter Schutzgebietsflächen eine Verlagerung von Populationen ermöglicht wird. Gerade bei den geringen Flächengrößen vieler deutscher Natura-2000-Gebiete (im Vergleich mit Ländern wie Spanien, Frankreich, Schweden oder Polen) ist zu erwarten, dass sich der Klimawandel negativ auswirken wird, indem schützenswerte Arten künftig innerhalb der gegebenen Grenzen von Schutzgebieten nur eingeschränkt oder kaum noch überleben können (Hoffmann et al. 2019).

Diese Abwägungen sind im Zusammenhang mit der klassischen SLOSS-Debatte (Single Large or Several Small) für die Ausweisung von Schutzgebieten zu sehen. Aufbauend auf der Inseltheorie von Robert MacArthur und Edward O. Wilson (1967) sowie auf dem klassischen Artikel von Olof Arrhenius (1921) zur theoretischen Beziehung zwischen Artenvielfalt und Flächengröße schlug Jared Diamond (1975) vor, auf biogeografischer Grundlage zwischen der Ausweisung einzelner großer oder vieler kleiner Einzelflächen abzuwägen. Diese Gedanken bezogen sich jedoch primär auf die Neuausweisung einer definierten Fläche für den Erhalt der Artenvielfalt.

Die Vorteile vieler einzelner kleiner Schutzgebiete gegenüber wenigen großen werden in der Reduzierung von Risiken gesehen und gelten unter der Annahme eines intensiven Austausches beziehungsweise einer hohen funktionellen Konnektivität. Auch kann theoretisch angenommen werden, dass viele kleine Schutzgebiete ein breiteres Spektrum von Umweltbedingungen abdecken als wenige große und damit eine größere Beta-Diversität aufweisen (Fahrig et al. 2022). Allerdings gelten diese Annahmen nicht für den Fall, dass der Austausch und die Ausbreitung zwischen geschützten Lebensräumen gering sind, wie es in den meisten mitteleuropäischen Kulturlandschaften der Fall ist. Wenige große Gebiete wirken sich positiv aus, wenn eine markante Artenzahl-Flächen-Beziehung vorliegt und unterschiedliche Populationsgrößen von Arten (Tjørve 2010). Es gibt folglich keine allgemeingültige Richtschnur, ob wenige große Gebiete tatsächlich ein größeres Spektrum von Biodiversität abdecken oder erhalten als viele kleine (Simberloff & Abele 1976, 1982, Ovaskainen 2002).

Nun geht es jedoch um die Erweiterung eines bestehenden Schutzgebietsnetzwerks, und dabei muss neben den bestehenden geschützten Strukturen auch deren Lage zueinander bedacht werden (Abb. 4). Wird die Qualität eines kleinen Schutzgebietes durch den Klimawandel gefährdet, muss die (prognostizierte) zeitliche Entwicklung von Populationen und Ökosystemen in die Konzeption von Schutzgebietserweiterungen einbezogen werden.

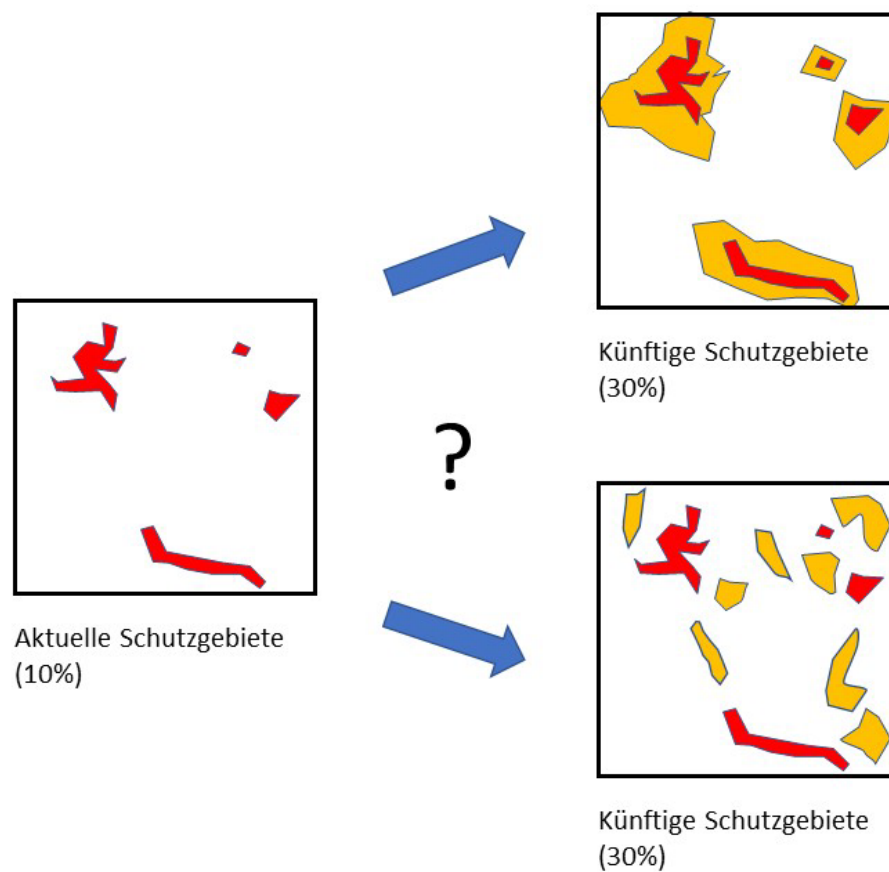


Abb. 4: Zwei alternative Konzepte zur Erweiterung des aktuellen Schutzgebietsnetzwerks (rot): Vergrößerung bestehender Flächen oder Vernetzung bisheriger Flächen durch zusätzliche Ausweisung von Schutzgebieten in den Zwischenräumen. Quelle: nach Beierkuhnlein et al. 2023b

Vor dem Hintergrund des Klimawandels geht es jetzt vor allem um das gesamte Netzwerk von Schutzgebieten, um Metapopulationen von Arten (Hanski 1999) und deren Beeinflussung durch zunehmende Fragmentierung und anthropogene Zerschneidungselemente sowie um die damit verbundenen Optionen und Einschränkungen der natürlichen Anpassungs- und Migrationsmechanismen innerhalb und zwischen den Schutzgebieten.

Deshalb muss verstärkt darüber nachgedacht werden, wie Ausbreitung und Migration über bestehende Schutzgebietsgrenzen hinweg gefördert werden können, denn die zur Anpassung an den Klimawandel zu überwindenden Distanzen sind teils erheblich. Dabei sollte nicht der naive Fehler begangen werden, die gesamte Klima-Nische einer Art als Kriterium zu wählen, denn innerartlich bestehen deutliche Unterschiede in den Reaktionen von Zielartenpopulationen auf klimatische Extremereignisse. Es müssen sich innerhalb des Arels einer Art deren Populationen verlagern können, was heute oft kaum noch möglich erscheint.

#### 4 Relief und Fragmentierung

Die Heterogenität von Landschaften wird durch ihre Landnutzung und entsprechende Vegetationsstrukturen und Ökosysteme bestimmt, und diese wiederum durch Relief und Böden beziehungsweise durch deren Ausgangsgestein. Klimatische Gegebenheiten unterscheiden sich teils sehr grundlegend zwischen Standorten, je nach Höhenlage, Exposition, Steilheit,

Oberflächenrauigkeit. Temperaturen, Niederschlag, Windstärke und andere klimatische Komponenten werden zudem durch Landschaftsstrukturen beeinflusst und damit auch die Lebensbedingungen von Arten und die Ausbildung von Ökosystemen.

Bei den stattfindenden und erwarteten klimatischen Veränderungen wird es auch zu einer Beeinflussung lokaler Standorteigenschaften innerhalb von Schutzgebieten kommen. Sind dann innerhalb des Gebietes nur sehr einheitliche klimatische Verhältnisse gegeben, dann ist eher zu erwarten, dass Schutzgüter beeinträchtigt werden oder verloren gehen (Lawrence et al. 2021a). In strukturierten Landschaften, beispielsweise in Gebirgen, können hingegen eher ausgleichende Populationsverschiebungen in Refugialräume erfolgen (Abb. 5).

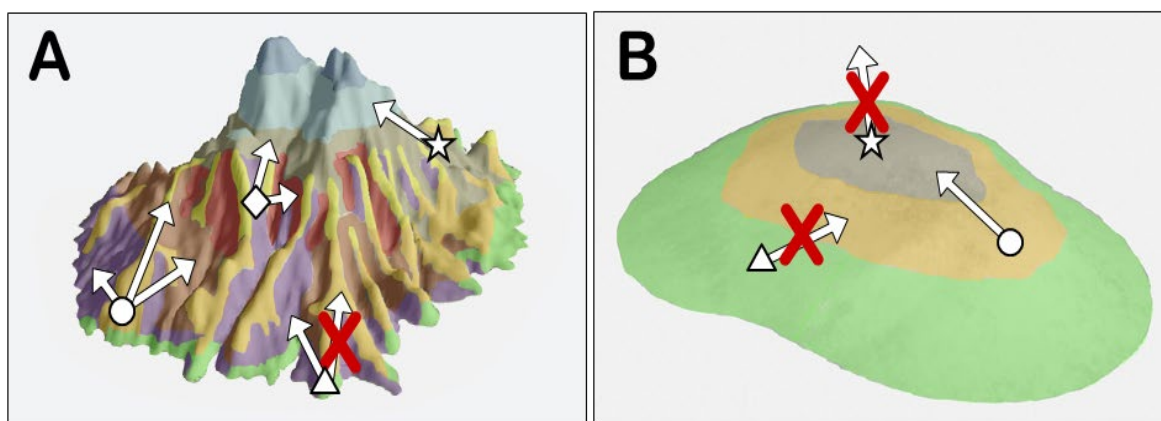


Abb. 5: In heterogenen, reliefierten Schutzgebieten (A) haben Arten vielfache Möglichkeiten, durch Ortsverlagerung geeignete Standorte zu finden. In homogenen, wenig strukturierten Schutzgebieten (B) ist ein erhöhtes lokales Aussterberisiko für Artpopulationen gegeben, da keine Ersatzstandorte gefunden werden können. Quelle: Harter et al. 2015

Europäische Kulturlandschaften weisen durch ihre Siedlungs- und Nutzungsgeschichte einen hohen Grad von fragmentierten Lebensräumen auf, die größtenteils sowohl historisch als auch aktuell menschlich beeinflusst sind. Hinzu kommt die Zerschneidung durch lineare Elemente (Straßen, Bahnlinien, Stromtrassen, Kanäle etc.) und durch Siedlungsstrukturen. Solche Elemente wirken teils als Barrieren im Hinblick auf die Konnektivität natürlicher Lebensräume und deren Arten, teils aber auch als Korridore für die Ausbreitung invasiver Arten (Lawrence et al. 2021b). Die Anpassung von Schutzgütern an den Klimawandel ist hierdurch stark behindert und die Gefährdung durch gebietsfremde Arten erhöht (Abb. 6).





Abb. 6: Starke Zerschneidung von Landschaften in der Nähe von Frankfurt a. M. Foto: C. Beierkuhnlein

Allerdings können durch Methoden der Geoinformatik und Fernerkundung die Fragmentierung und Heterogenität von Landschaftsmosaiken exakt dokumentiert und entsprechend analysiert werden. Auf der Grundlage einer solchen Raumanalyse können dann auch die Ausstattung an Lebensräumen und die Anbindung an bestehende oder neu auszuweisende Schutzgebiete berücksichtigt und strategische Erweiterungen von Schutzgebieten konzipiert werden (Abb. 7).

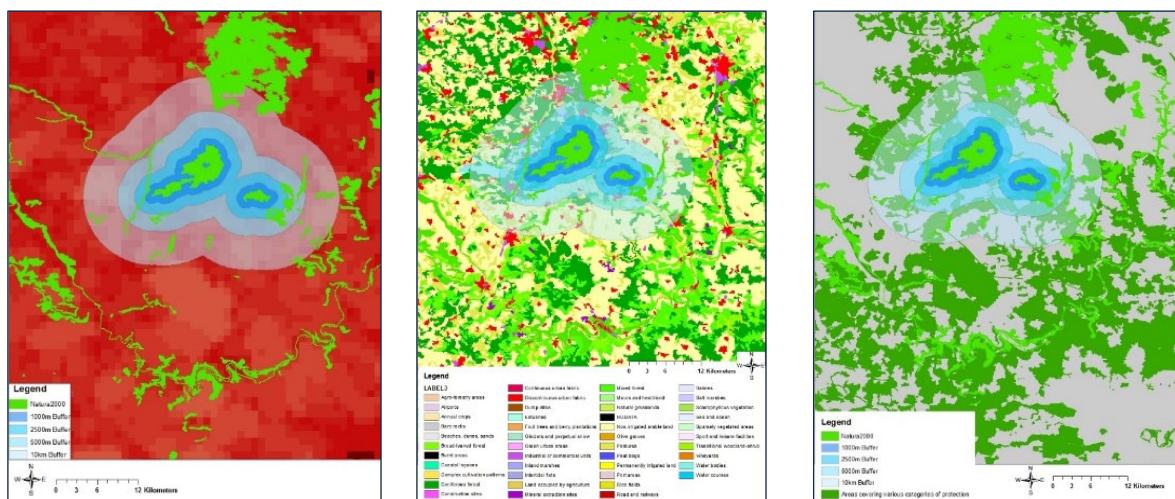


Abb. 7: Räumliche Matrix von Natura-2000-Gebieten in der Südlichen Frankenalb in der Nähe des Altmühltals: a) Fragmentierung und erforderliche Pufferzonen (EEA), b) Landnutzung – Corine Landcover Classification (CLC 2012), c) benachbarte Schutzgebiete anderer Kategorien, z. B. Landschaftsschutzgebiete. Quelle: World Database on Protected Areas (WDPA)

## 5 Schutzgebiet ist nicht gleich Schutzgebiet

Auch wenn „Naturschutz auf der ganzen Fläche“ immer wieder gefordert wird, so ist und bleibt der Flächenschutz, also die Ausweisung konkreter Schutzgebiete verbunden mit entsprechenden Einschränkungen und Auflagen, auf internationaler und nationaler Ebene doch ein zentrales Instrument des Naturschutzes (Visconti et al. 2019, Maxwell et al. 2020, Zeng et al. 2022). Da die aktuelle geforderte Erweiterung der Schutzgebietskulisse zum Ziel hat, die Biodiversität zu erhalten und zu fördern, muss diese auch im Kern der Planungen gesehen werden (Venter et al. 2014).

Es ist eine offensichtliche Tatsache, dass Schutzgebiete unterschiedliche Ziele verfolgen und verschiedenen Kategorien zugeordnet sind. Der Erhalt der Biodiversität ist beispielsweise in Landschaftsschutzgebieten oder Naturparks nicht prioritär, auch sind dort nur geringe Auflagen und Einschränkungen in den entsprechenden Verordnungen festgelegt. Sie können deshalb nicht mit Naturschutzgebieten oder Nationalparks in einen Topf geworfen werden, wenn es um die perspektivische Anpassung der Schutzgebietslandschaft und die Ausweisung und Berichterstattung eines höheren Schutzgebietsanteils geht. Schutzgebiet ist nicht gleich Schutzgebiet.

Da im Rahmen der Aichi-Ziele von den Vertragsstaaten eine Schutzgebietsfläche von 30 % bis 2030 gefordert ist (30 × 30 bzw. 30 by 30), müssen deshalb erhebliche Anstrengungen unternommen werden, dies zu erreichen. Es geht dabei schließlich nicht um eine pauschale Ausweisung von Flächenanteilen, sondern um einen positiven Beitrag zum Erhalt der Biodiversität. Nur solche Schutzgebiete, welche dies auch zum expliziten Schutzziel haben, können folglich einen Beitrag zur angestrebten Fläche leisten. Allerdings könnten auch Schutzgebiete, die bisher einer weniger strikten Kategorie von Schutz zugeordnet waren, durch Aufwertung (z. B. Renaturierung) und Neuformulierung von Schutzgütern und -zielen künftig hierzu beitragen.

Wenn eine Erweiterung des Schutzgebietsnetzwerkes angesichts des Klimawandels effizient sein soll, dann ist es angesichts der kurzen zur Verfügung stehenden Zeit unabdingbar, klare Prioritäten zu entwickeln (Belote et al. 2021). Kriterien für prioritäre Räume, Lebensräume und Arten müssen transparent vermittelt werden. Ein großer Vorteil ist, dass wir über eine umfassende Datengrundlage verfügen und mit der Modellierung und der Fernerkundung leistungsfähige Methoden besitzen, um optimierte Entscheidungsgrundlagen bereitzustellen.

Auch wenn die aktuellen Datengrundlagen sehr umfassend sind, so gibt es doch erhebliche Lücken in unserem Kenntnisstand, beispielsweise bei Artengruppen, die sich unserem Zugang eher entziehen. Sie werden durch Schutzgebiete verständlicherweise kaum abgedeckt, weil sie bisher auch kaum erfasst werden (Delso et al. 2021). Dies ist auch ein Grund dafür, einen bestimmten Flächenanteil einfach aus jeglicher Nutzung zu nehmen, selbst dann, wenn die aktuellen Gegebenheiten keine besonderen Schutzgüter (Arten, Lebensräume) aufzuweisen haben. „Natur Natur sein lassen“ kann zwar nicht großflächig umgesetzt werden, aber solche Flächen sollten eine allgemeine Komponente eines neuen Schutzgebietsnetzwerkes werden.

Auf der Grundlage von berichtspflichtigen Arten gegenüber der EU oder von Verantwortungsarten sowie der Artenausstattung kann der Grad von Besonderheit oder biologischer Einzigartigkeit („uniqueness“) von Schutzgebieten ermittelt werden (Hoffmann et al. 2018). Eine solche Metrik kann als ein nachvollziehbares Kriterium zur Priorisierung von Maßnahmen und zur Lenkung von Erweiterungen der Schutzgebietskulisse eingesetzt werden.

## 6 Fazit: Naturschutz als „Moving Target“

Schutzgebiete und Schutzgüter des Naturschutzes sind ständigen Veränderungen unterworfen. Dies traf schon in der Vergangenheit zu, doch haben sich die Dynamiken in der jüngeren Vergangenheit deutlich beschleunigt. Sowohl im nationalen Kontext als auch vor dem Hintergrund kontinentaler und globaler Veränderungen können die damit einhergehenden Veränderungen nicht ignoriert werden. Allerdings steht dies in einem gewissen Kontrast zu vielen (nicht allen) traditionellen Ansätzen im Naturschutz. Mit dem übergeordneten Ziel, Qualitäten der „Natur“ (Arten, Lebensräume, Ökosysteme) zu erhalten, also schützen zu wollen, geht einher, dass der Naturschutz traditionell als im besten Sinne konservativ zu betrachten ist. Er will etwas verteidigen und im Falle von Schutzgebieten etwas Wertvolles abgrenzen, sicherstellen sowie vor negativen Einflüssen bewahren.

Diese Sichtweise war so lange tragfähig und hatte gute Argumente für sich, wie sich die diffus auf die Natur wirkenden Umweltbedingungen nicht veränderten. Selbst wenn es eine vereinfachende Sicht war, so war das Narrativ eines natürlichen Gleichgewichts, welches sich (ohne menschliches Zutun) einstellen würde, ein überzeugendes und erfolgreiches. Aber es hat ein solches Gleichgewicht im eigentlichen Sinn nie gegeben. Nacheiszeitliche Ausbreitungsprozesse von Arten sind bis heute nicht abgeschlossen. Und der Mensch hat gerade in Europa maßgeblich zur Entwicklung von Lebensräumen und zur Ausbreitung von Arten beigetragen, die wir als wesentliche Komponenten der „Natur“ ansehen.

Dennoch waren in Mitteleuropa die äußeren Rahmenbedingungen bis in die zweite Hälfte des 20. Jahrhunderts hinein relativ stabil. Nach dem Ende der „Kleinen Eiszeit“ im 19. Jahrhundert hatten sich parallel zur Entwicklung biologischer Wissenschaften Lebensgemeinschaften etabliert, die erfasst, kartiert und katalogisiert wurden.

Der implizite und hypothetische Ausschluss menschlicher Einflussnahme und die Adaption einer ebenfalls als Narrativ überzeugenden einfachen Sukzessions- und Klimaxtheorie nach Clements (1916) legten die Grundlage zur Definition einer „potenziell natürlichen Vegetation“ (pnV) und damit zu einem auf Expertenwissen basierenden Referenzsystem für „Natürlichkeit“. Tüxen (1956) entwickelte diesen hypothetischen Ansatz der Vegetation als Mittel zur Charakterisierung von Standorten durch die abiotischen und biotischen Rahmenbedingungen ohne Einwirken des Menschen. Klimatische Veränderungen sind darin explizit ausgeschlossen. Auch stellt sich die pnV nicht über vom jetzigen Zeitpunkt an ablaufende Sukzessionsfolgen irgendwann in der Zukunft ein, sondern – als hypothetisches Konstrukt – sofort, also unter den heutigen Verhältnissen (Westhoff & van der Maarel 1973). Wenn folglich in 30 Jahren an einem Standort andere Klimabedingungen herrschen würden oder vor 30 Jahren geherrscht haben, müsste man dort auch eine andere pnV ausweisen und frühere Kartierungen und daraus abgeleitete Zielvorgaben der Vergangenheit folglich kritisch hinterfragen.

Das Konzept der pnV geht aus der Pflanzensoziologie hervor und beschreibt die pnV deshalb mit Syntaxa wie Assoziationen (Dierschke 1994). Diese werden innerhalb der nebeneinanderstehenden Klassen generell aus der An- und Abwesenheit diagnostischer Arten (Charakter-, Differentialarten) in realen Lebensgemeinschaften abgeleitet. Nur wenige besonders aussagekräftige Arten bestimmen also neben dominanten Arten die Zuordnung zu einem Syntaxon (z. B. Luzulo-Fagetum). Auch dieser ganzheitlich orientierte und eher statische Ansatz war in der Feldökologie und Naturschutzpraxis lange Zeit sehr attraktiv, da mit einem einzigen Begriff eine komplexe Pflanzengemeinschaft inklusive ihrer Standortbedingungen charakterisiert werden konnte, wenn man mit der – nicht ganz einfachen – Methodik vertraut und sozusagen

eingeweiht war. Hier kommt allerdings noch erschwerend hinzu, dass die Väter der Pflanzensoziologie, Josias Braun-Blanquet und Reinhold Tüxen, es vermieden, das methodische Vorgehen exakt zu dokumentieren. Die Komplexität der Natur verlangte in ihren Augen, und zu Recht, das Erlangen von Erfahrung durch möglichst langjährige Tätigkeit im Gelände. Auch dieser Ansatz, so anspruchsvoll er auch ist, kommt in einer sich rasch verändernden Welt an seine Grenzen.

Im 20. Jahrhundert war die Pflanzensoziologie die Grundlage zur vegetationskundlichen Kartierung der meisten Schutzgebiete. Wiederholungskartierungen können deshalb nur bedingt Veränderungen und Wertverlust dokumentieren, da schon beim Ausfall einzelner, eventuell immer schon selten gewesener Charakterarten eine Zuordnung zu ehemaligen Assoziationen nicht mehr möglich ist, also eventuell ranglose Gesellschaften ausgewiesen werden müssen, auch wenn sich sonst nur wenig verändert hat. Andererseits können die ehemals kartierten Assoziationen nahezu unverändert erscheinen, wenn die diagnostischen Arten noch vorkommen, sich aber ihre Begleitartenzusammensetzung und deren Dominanzverhältnisse erheblich verändert haben.

Es ist in diesem Zusammenhang eine große Herausforderung für die Praxis, dass die EU-Lebensraumtypen stark durch die Pflanzensoziologie geprägt sind und in vielen Fällen keinesfalls „Habitate“ einzelner Arten repräsentieren, wie es der Begriff „Habitat Directive“ assoziiert, sondern nach phytosoziologischen Einheiten benannte Pflanzengesellschaften.

Zwar wurde die Pflanzensoziologie als Disziplin insgesamt und insbesondere das Konzept der pnV schon frühzeitig kritisiert (z. B. Kowarik 1987), jedoch stellt sich erst in der jüngeren Vergangenheit die Wahrnehmung ein, dass angesichts der vielfältigen abiotischen (Klimawandel, Stickstoffdepositionen, saurer Regen etc.) und biotischen (invasive Arten, Populationszusammenbruch etc.) Veränderungen in unserer Umwelt ein derart statisches Konzept keine sinnvolle Orientierung mehr liefern kann (Chiarucci et al. 2010).

Nun sind derartige Veränderungen in der Zusammensetzung von Lebensgemeinschaften nicht zwingend negativ zu bewerten. Das sind sie nur, wenn man glaubt, einen vorher als natürlich bzw. naturnah betrachteten Zustand unbedingt erhalten zu müssen. Wenn dies aber schlicht nicht möglich und auch unwissenschaftlich ist, weil sich die Umweltbedingungen verändert haben und weiter verändern werden, muss man Paradigmen hinterfragen und neue Leitbilder entwickeln (Beierkuhnlein 2007).

Eine solche Neuorientierung kann durchaus zum Vorteil des Naturschutzes sein und der Naturschutz und die nach seinen Kriterien ausgewiesenen Schutzgebiete zum Vorteil der Gesellschaft. Schutzgebiete erfüllen schon heute vielerlei Funktionen und stellen jenseits des eigentlichen Arten- und Biotopschutzes wichtige Ökosystemdienstleistungen bereit. Sie können darüber hinaus gerade angesichts des Klimawandels noch deutlich an Bedeutung gewinnen, beispielsweise mit ihrem Beitrag zur Grundwasserneubildung, Kohlenstoffspeicherung oder zum Hochwasserschutz. Die gezielte Entwicklung naturbasierter Lösungen („nature-based solutions“) unter den sich abzeichnenden Herausforderungen und Problemen ist nicht nur effizienter als technische Lösungen, sondern auch deutlich kostengünstiger (Beierkuhnlein 2021). So betrachtet sind neu auszuweisende Flächen für Schutzgebiete eine lohnende Investition.

Die reine Bereitstellung von Flächen reicht aber nicht aus, wenn die entsprechenden Mittel und das Personal für Management, Gestaltung, Pflege und Monitoring verfügbar gemacht werden. Dies ist angesichts des demografischen Wandels und des sich schon heute abzeich-

nenden Fachkräftemangels vielleicht sogar eine noch größere Herausforderung als die Identifikation geeigneter Flächen zur Erweiterung des Schutzgebietsnetzwerkes.

## 7 Literaturverzeichnis

- Arrhenius, O. (1921): Species and area. – *Journal of Ecology* 9(1): 95–99.
- Beierkuhnlein, C. (2007): Biogeographie – Die räumliche Organisation des Lebens in einer sich verändernden Welt. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.
- Beierkuhnlein, C. (2021): Nature-based solutions must be realized – not just proclaimed – in face of climatic extremes. – *Erdkunde* 75(3): 225–244.
- Beierkuhnlein, C., Lai, Q., Bradshaw, C.J.A., Deslippe, J., El Serafy, G., Field, R., Jentsch, A., Nogales, M., Ma, K., Newsome, T., Pillar, V., Provenzale, A., Rivero, A., Strasberg, D., Triantis, K., Uddin, B., Wana, D., Wigley-Coetsee, C., Wolf, C., Ripple, W. & Chiarucci, A. (2023a): World scientists' warning on terrestrial protected areas. *BioScience* (in Vorbereitung).
- Beierkuhnlein, C., Stahlmann, R. & Geist, J. (2023b): Kriterien und Prioritäten zur Erfüllung der Ziele im Flächennaturschutz bis zum Jahr 2030. – *Naturschutz u. Landschaftsplanung* (eingereicht).
- Belote, R.T., Barnett, K., Dietz, M.S., Burkle, L., Jenkins, C.N., Dreiss, L., Aycrigg, J.L. & Aplet, G.H. (2021): Options for prioritizing sites for biodiversity conservation with implications for „30 by 30“. – *Biological Conservation* 264, 109378.
- CBD (2018): Protected areas and other effective area-based conservation measures. CBD/SBSTTA/REC/22/5. CBD, Sharm El-Sheikh.
- Chiarucci, A., Araujo, M.B., Decocq, G., Beierkuhnlein, C. & Fernandez-Palacios, J.M. (2010): The concept of potential natural vegetation: an epitaph? – *Journal of Vegetation Science* 21(6): 1172–1178.
- Clements, F.E. (1916): *Plant Succession – An Analysis of the Development of Vegetation*. Carnegie Institution, Washington.
- Delso, Á., Fajardo, J. & Muñoz, J. (2021): Protected area networks do not represent unseen biodiversity. – *Scientific Reports* 11, 12275.
- Diamond, J.M. (1975): The island dilemma: Lessons of modern biogeographic studies for the design of natural reserves. – *Biological Conservation* 7(2): 129–146.
- Dierschke, H. (1994): *Pflanzensoziologie. Grundlagen und Methoden*. – Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.
- Fahrig, L., Watling, J.I., Arnillas, C.A., Arroyo-Rodríguez, V., Jörger-Hickfang, T., Müller, J., Pereira, H.M., Riva, F., Rösch, V., Seibold, S., Tschardt, T. & May, F. (2022): Resolving the SLOSS dilemma for biodiversity conservation: a research agenda. – *Biological Reviews* 97: 99–114.
- Hanski, I. (1999): *Metapopulation Ecology*. – Oxford University Press, Oxford [u. a.]
- Harter, D., Irl, S., Seo, B., Steinbauer, M., Gillespie, R.G., Triantis, K.A., Fernandez-Palacios, J.M. & Beierkuhnlein, C. (2015): Impacts of global climate change on the floras of oceanic islands – Projections, implications and current knowledge. – *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 17: 160–183.
- Hegerl, G., Hanlon, H. & Beierkuhnlein, C. (2011): Elusive extremes. – *Nature Geoscience* 4(3): 142–143.
- Hoffmann, S., Beierkuhnlein, C., Field, R., Provenzale, A. & Chiarucci, A. (2018): Uniqueness of protected areas for conservation strategies in the European Union. – *Scientific Reports* 8, 6445.
- Hoffmann, S., Irl, S.D. H. & Beierkuhnlein, C. (2019): Predicted climate shifts within terrestrial protected areas worldwide. – *Nature Communications* 10, 4787.

- Hoffmann, S. & Beierkuhnlein, C. (2020): Climate change exposure and vulnerability of the global protected area estate from an international perspective. – *Diversity and Distributions* 26: 1496–1509.
- Kowarik, I. (1987): Kritische Anmerkungen zum theoretischen Konzept der potenziellen natürlichen Vegetation mit Anregungen zu einer zeitgemäßen Modifikation. – *Tuexenia* 7: 53–68.
- Lai, Q., Hoffmann, S., Jaeschke, A. & Beierkuhnlein, C. (2022): Emerging spatial prioritization for biodiversity conservation indicated by climate change velocity. – *Ecological Indicators* 138, 108829.
- Lawrence, A., Hoffmann, S. & Beierkuhnlein, C. (2021a): Topographic diversity as an indicator for resilience of terrestrial protected areas against climate change. – *Global Ecology and Conservation* 25, e01445.
- Lawrence, A., Friedrich, F. & Beierkuhnlein, C. (2021b): Landscape fragmentation of the Natura 2000 network and its surrounding areas. – *PLOS One* 16(10), e0258615
- MacArthur, R.H. & Wilson, E.O. (1967): *The Theory of Island Biogeography*. – Princeton University Press, Princeton, NJ.
- Maxwell, S.L., Cazalis, V., Dudley, N., Hoffmann, M., Rodrigues, A.S.L., Stolton, S., Visconti, P., Woodley, S., Kingston, N., Lewis, E., Maron, M., Strassburg, B.B.N., Wenger, A., Jonas, H.D., Venter, O. & Watson, J.E.M. (2020): Area-based conservation in the twenty-first century. – *Nature* 586(7828): 217–227.
- Nila, M.U.S., Beierkuhnlein, C., Jaeschke, A., Hoffmann, S. & Hossain, M.L. (2019): Predicting the effectiveness of protected areas of Natura 2000 under climate change. – *Ecological Processes* 8, 13.
- Ovaskainen, O. (2002): Long-term persistence of species and the SLOSS problem. – *Journal of Theoretical Biology* 218: 419–433.
- Parks, S.A., Holsinger, L.M., Littlefield, C.E., Dobrowski, S.Z., Zeller, K.A., Abatzoglou, J.T., Besancon, C., Nordgren, B.L. & Lawler, J.J. (2022): Efficacy of the global protected area network is threatened by disappearing climates and potential transboundary range shifts. – *Environ. Res. Lett.* 17, 054016.
- Simberloff, D.S. & Abele, L.G. (1976): Island biogeography theory and conservation practice. – *Science* 191: 285–286.
- Simberloff, D.S. & Abele, L.G. (1982): Refuge design and island biogeographic theory – effects of fragmentation. – *American Naturalist* 120: 41–56.
- Thomas, C.D. & Gillingham, P.K. (2015): The performance of protected areas for biodiversity under climate change. – *Biological Journal of the Linnean Society* 115(3): 718–730.
- Tjørve, E. (2010): How to resolve the SLOSS debate: Lessons from species-diversity models. – *Journal of Theoretical Biology* 264(2): 604–612.
- Tüxen, R. (1956): Die heutige potentielle natürliche Vegetation als Gegenstand der Vegetationskartierung. – *Angew. Pflanzensoziologie* 13: 5–42.
- Venter, O., Fuller, R.A., Segan, D.B., Carwardine, J., Brooks, T., Butchart, S.H.M., Di Marco, M., Iwamura, T., Joseph, L., O’Grady, D., Possingham, H.P., Rondinini, C., Smith, R.J., Venter, M. & Watson, J.E.M. (2014): Targeting global protected area expansion for imperiled biodiversity. – *PLOS Biology* 12(6): e1001891.
- Visconti, P., Butchart, S.H.M., Brooks, T.M., Langhammer, P.F., Marnewick, D., Vergara, S., Yanosky, A. & Watson, J.E.M. (2019): Protected area targets post-2020. – *Science* 364: 239–241.
- Westhoff, V. & van der Maarel, E. (1973): The Braun-Blanquet approach. In: Whittaker, R.H. (Hrsg.): *Ordination and classification of communities*. – *Handbook of Vegetation Science*. Vol. 5. Junk, The Hague, NL: 617–726.
- Wilson, E.O. (2016): *Half Earth: Our Planet’s Fight for Life*. – Liveright Publishing, New York.

Zeng, Y., Koh, L.P. & Wilcove, D.S. (2022): Gains in biodiversity conservation and ecosystem services from the expansion of the planet's protected areas. – Science Advances 8, eabl9885.

Zinngrebe, Y., Pröbstl, F., Büttner, N., Marquard, E., Nöske, N., Timpte, M., Zedda, L. & Paulsch, A. (2021): Strukturelle und inhaltliche Analyse der Nationalen Biodiversitätsstrategie. – BfN-Skripten 619, Bonn.

**Adresse des Autors:**

Prof. Dr. Carl Beierkuhnlein

Universitätsstr. 30

95440 Bayreuth

E-Mail: [carl.beierkuhnlein@uni-bayreuth.de](mailto:carl.beierkuhnlein@uni-bayreuth.de)