

# Schutzgebiete im Klimawandel

Volker Scherfose (Hrsg.)

BfN-Schriften

**675**

**2023**





Bundesamt für  
Naturschutz

# Schutzgebiete im Klimawandel

Dokumentation der Beiträge einer BfN-Tagung vom  
7.–9. November 2022 an der INA Vilm

Volker Scherfose (Hrsg.)

# Impressum

## Titelbild:

Trockenrisse im Seeboden des vollständig ausgetrockneten Lachmüwensees im NSG Zwillbrocker Venn  
(Foto: C. Rückriem)

## Adresse des Herausgebers:

Dr. Volker Scherfose      Bundesamt für Naturschutz  
Fachgebiet II 2.1 „Biotopschutz- und -management, Schutzgebiete“  
Konstantinstr. 110, 53179 Bonn  
E-Mail: Volker.scherfose@bfn.de

**Fachbetreuung im BfN:** s. o.

Diese Veröffentlichung wird aufgenommen in die Literaturdatenbank „DNL-online“ ([www.dnl-online.de](http://www.dnl-online.de)).

BfN-Schriften sind nicht im Buchhandel erhältlich. Eine pdf-Version dieser Ausgabe kann unter [www.bfn.de/publikationen](http://www.bfn.de/publikationen) heruntergeladen werden.

Institutioneller Herausgeber:      Bundesamt für Naturschutz  
Konstantinstr. 110  
53179 Bonn  
URL: [www.bfn.de](http://www.bfn.de)

Der institutionelle Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die in den Beiträgen geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des institutionellen Herausgebers übereinstimmen.



Diese Schriftenreihe wird unter den Bedingungen der Creative Commons Lizenz Namensnennung – keine Bearbeitung 4.0 International (CC BY - ND 4.0) zur Verfügung gestellt ([creativecommons.org/licenses](http://creativecommons.org/licenses)).

Druck: Druckerei des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV)

Gedruckt auf 100 % Altpapier

ISBN 978-3-89624-437-6

DOI 10.19217/skr675

Bonn 2023

## Inhaltsverzeichnis

### Vorwort

Sabine Riewenherm..... 5

### Einführung

Volker Scherfose ..... 7

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

Carl Beierkuhnlein ..... 11

### Natura 2000 – was ändert sich für das EU-weite Schutzgebietssystem durch den Klimawandel in Deutschland?

Axel Ssymank und Götz Ellwanger ..... 27

### Veränderungen der Artenvielfalt von Heuschrecken innerhalb und außerhalb von Schutzgebieten

Thomas Fartmann ..... 41

### Wattenmeer-Nationalparke unter dem Einfluss von Klimawandel und Nutzungsänderungen aus vegetationskundlicher Perspektive

Carsten Hobohm ..... 51

### Klimawandel konkret – neue Herausforderungen für die Gebietsbetreuung am Beispiel von Moor- und Wiesenvogel-Schutzgebieten in Westfalen

Christoph Rückriem ..... 65

### Auswirkungen des Klimawandels auf das Luchsee-Moor im Biosphärenreservat Spreewald

Eugen Nowak, Nico Heitepriem und Ayomide Akinfasoye..... 85

### Klimawandelinduzierte Veränderungen und daran anzupassendes Schutzgebietsmanagement im Biosphärenreservat Mittelelbe

Guido Puhmann .....101

### Grünland-Ökosysteme im Klimawandel

Andreas von Heßberg, Urte Bauer und Anke Jentsch.....121

### Klimawandel trifft Mittelgebirge: Veränderungen von Arten und Lebensräumen im UNESCO-Biosphärenreservat Rhön

Tobias Birkwald, Alana Steinbauer und Tina Bauer .....133

### Wassermanagement im Naturpark Südschwarzwald

Bernd Wippel, Roland Schöttle und Axel Weinreich .....149

### Neue Wege der Forschung im Nationalpark Berchtesgaden in Zeiten des Klimawandels

Roland Baier.....159

**Auswirkungen des Klimawandels auf deutsche Schutzgebiete und Schutzgebietsysteme – Möglichkeiten zukünftigen Managements**  
Volker Scherfose .....171

## Vorwort

Die letzten zehn Jahre waren die wärmsten seit Beginn kontinuierlicher Wetteraufzeichnungen. Seit 2018 gab es bereits drei große sommerliche Dürren in Deutschland, z. T. mit Temperaturen um 40 Grad Celsius. Der Wasserspiegel von Flüssen erreichte Tiefststände; Moore, Kleingewässer und Bäche trockneten aus; Grünland wurde „Gelbland“; Fichtenforste starben großflächig ab; und selbst Buchenwälder erlitten Trockenschäden. Die Deutschlandkarte in den Wetterberichten färbte sich vielerorts tiefrot, massiv gesunkene Grundwasserspiegel oder die Gefahr von Waldbränden signalisierend. Der Klimawandel beeinflusst damit alle Ökosysteme jetzt schon massiv und ist nunmehr auch endgültig im Bewusstsein der Deutschen angekommen.

Auch Schutzgebiete sind von diesen Wirkungen des Klimawandels betroffen. Dazu kommen andere großflächig wirkende menschliche Einflüsse und abiotische Faktoren wie flächendeckende hohe Stickstoffeinträge sowie Einträge von Pestiziden.

Die vorliegenden Beiträge sind das Ergebnis einer BfN-Tagung, die im Zeitraum vom 7. bis 9. November 2022 an der Internationalen Naturschutzakademie Insel Vilm (INA) stattfand. Ziel war es einerseits, beispielhaft die Auswirkungen des Klimawandels auf bundesweit repräsentative Schutzgebiete und deren Ökosysteme zu beleuchten, andererseits aber auch zu diskutieren, mit welchen Maßnahmen in den Schutzgebieten dessen Auswirkungen begrenzt werden können.

Letzteres geschah auch vor dem Hintergrund, dass vonseiten des Bundesumweltministeriums im Jahr 2022 das Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz (ANK) entwickelt (und im März 2023 verabschiedet) wurde, welches derzeit u. a. mit verschiedenen Förderprogrammen unterlegt wird. Damit stehen jetzt hohe Fördersummen zur Verfügung, um eine Fülle von Maßnahmen des natürlichen Klimaschutzes durchführen zu können, die Synergien zwischen Klimaschutz, Klimaanpassung und dem Erhalt der Biodiversität herstellen bzw. nutzen. Ein wichtiges Ziel ist es, Moore und Auen wiederzuvernässen und einen naturnahen Wasserhaushalt wiederherzustellen. Weitere Ziele des ANK bestehen u. a. darin, Wildnisgebiete einzurichten und Schutzgebiete für den natürlichen Klimaschutz zu stärken. Im Handlungsfeld der Wälder sollen u. a. Nadelholzforste in Mischwälder umgewandelt und naturnahe Buchenwälder erhalten werden. Auch im Agrarbereich wird gefördert. Wo es notwendig erscheint, sollen Ackerland in Grünland umgewandelt und Agrarlandschaften mit Gehölzen angereichert werden. Außerdem sollen Böden ihre Funktion als Kohlenstoffspeicher besser wahrnehmen können. Letztlich sollen eine urbane grüne Infrastruktur gefördert und ökologische Verbundachsen gestärkt werden.

Die hier vorgelegten Beiträge zeigen beispielhaft die bereits jetzt durch Klimawandel induzierten Veränderungen in Schutzgebieten. Sie mögen aber vor allem Anregungen liefern, mit welchen Maßnahmen man zukünftig den Auswirkungen in den Schutzgebieten entgegenzutreten kann.

Sabine Riewenherm

Präsidentin des Bundesamtes für Naturschutz



## Einführung

Volker Scherfose

Durch das BfN wurde seit der Jahrtausendwende, insbesondere nach 2010, eine Reihe von Forschungsvorhaben angestoßen, die Auswirkungen des Klimawandels auf unsere heimischen Arten und Lebensräume (vor allem auch die gefährdeten) herausarbeiten. Gleichsam sollten auch Prognosen erstellt werden, welche Arten durch den Klimawandel in Zukunft gefördert werden und bei welchen mit Bestandsrückgängen zu rechnen ist. Eine der Schwierigkeiten dieser Analysen besteht darin, herauszufiltern, ob es sich bei den festgestellten Veränderungen der Artengemeinschaften wirklich bzw. überwiegend um Folgen des Klimawandels handelt oder nicht auch andere Faktoren eine gewichtige Rolle dabei spielen.

In den letzten zehn Jahren wurden die Folgen des Klimawandels immer deutlicher spürbar, insbesondere in den Trockenjahren 2018–2022, und es scheint eine neue Stufe der Auswirkungen, durchaus zu vergleichen mit einem Kipppunkt, erreicht zu sein.

Gezielter Arten- und Biotopschutz spielt sich vorzugsweise in Schutzgebieten ab (segregativer Naturschutz). Die Gründe dafür sind vielfältig und sollen hier nicht reflektiert werden. In der Konsequenz bedeutet die Notwendigkeit für den Biodiversitätsschutz auch, einen besonderen Fokus auf die Auswirkungen des Klimawandels in Schutzgebieten zu legen.

Dabei gibt es eine Reihe von Fragestellungen, die sich stellen, u. a.:

- Reagieren die Arten und Lebensräume in den Schutzgebieten genauso wie in der Gesamtlandschaft auf den Klimawandel oder besitzen sie eine größere Resilienz?
- Was resultiert vor dem Hintergrund der Auswirkungen des Klimawandels für das bisher erfolgreich praktizierte Management von Arten und Biotopen? Können bisherige Managementpraktiken beibehalten werden bzw. in welcher Hinsicht müssen sie modifiziert werden?
- Was ist zu tun, wenn ganze Biotoptypen sich in kurzer Zeit komplett (ver-)wandeln (z. B. Austrocknung von Gewässern mit geringer Wasserführung)?
- Wie ist vorzugehen, um Arten und Lebensräume bei prognostizierter Wanderung nordwärts oder in höhere Lagen zu unterstützen, wenn kein Schutzgebietsverbund vorliegt?
- Welche Maßnahmen eignen sich, damit bestimmte Ökosysteme verstärkt Kohlenstoff binden, um den Klimawandel zu bremsen („nature based solutions“)?
- Was können ganze Landschaftsausschnitte bei der Anpassung an den Klimawandel beitragen (z. B. stärkerer Rückhalt von Wasser in der Landschaft), um dessen Auswirkungen zu minimieren?
- Und schließlich: Müssen ggfs. gänzlich neue Sichtweisen oder Verfahren mit Blick auf den Arten- und Biotopschutz entwickelt werden?

Die vom BfN im November 2022 durchgeführte Tagung an der Internationalen Naturschutzakademie Insel Vilm (INA) sollte v. a. anhand von Beispielen bewusst machen, dass viele Schutzgebiete schon jetzt akut vom Klimawandel betroffen sind. Diese Dynamik erscheint aktuell bereits so groß, dass man sich fragen muss, ob bekannte und bisher erfolgreiche Erhal-

tungs- und Entwicklungsmaßnahmen nicht wirkungslos sind im Hinblick darauf, die Klimawandelfolgen für die Ökosysteme einzudämmen.

Bei der Auswahl der Vorträge wurde versucht, unter bundesweitem Blickwinkel eine mehr oder weniger repräsentative Auswahl von Ökosystemen zu behandeln. Außerdem sollten die näher beleuchteten Gebiete sich in verschiedenen geografischen Regionen Deutschlands befinden.

Welches sind nun, neben vielen anderen, die wichtigsten Ergebnisse der hier versammelten Beiträge?

Nach Beierkuhnlein sind insbesondere Schutzgebiete der Industrieländer in der temperaten Zone vom Klimawandel betroffen, da für sie nur noch kleine, oft isolierte Restflächen zur Verfügung stehen. Für Europa wird seines Erachtens die kontinentale Zone stärker als die atlantische vom Klimawandel betroffen sein. Innerhalb der Schutzgebiete spielt die Topografie eine wichtige Rolle, wenn es darum geht, wohin Arten zunächst ausweichen bzw. wandern können, ohne gleich Schutzgebietsgrenzen überwinden zu müssen.

Ssymank & Ellwanger gehen davon aus, dass in absehbarer Zeit nur ca. ein Viertel aller Natura-2000-Lebensraumtypen (LRT) unverändert bleiben wird; bei der Hälfte der LRT sei mit negativen Trends zu rechnen. Wälder werden bezüglich der (Baum-)Artenkombination zunehmend ein mediterranes Gepräge bekommen. Zur Resilienzerhöhung gegenüber dem Klimawandel werden Schutzgebietsweiterungen bzw. die Einrichtung von Pufferzonen und die Stabilisierung des Wasserhaushaltes, kombiniert mit der Reduktion von Stoffeinträgen und Pestiziden, vorgeschlagen.

Nach Fartmann sind unter den Heuschrecken mobile thermophile Habitatgeneralisten weniger stark vom Klimawandel betroffen als boreomontane/hygrophile Habitatspezialisten. Zudem sind die Auswirkungen des Klimawandels auf Heuschreckenzönosen in Schutzgebieten weniger gravierend als außerhalb von Schutzgebieten.

Die Pflanzengesellschaften in den Wattenmeer-Nationalparks haben sich gemäß Hobohm insbesondere aufgrund von Nährstoffeinträgen, modifizierten Nutzungen oder Küstenschutzmaßnahmen verändert; hier ist der Einfluss des Klimawandels bisher weniger deutlich nachweisbar als in anderen Ökosystemen.

Die Trockenjahre 2018–2022 haben sich im Moor- und Wiesenvogel-Schutzgebiet Zwillbrocker Venn (Münsterland) massiv auf die dortigen Ökosysteme ausgewirkt, z. B. in Form von Verbuschung, Einwanderung von Neophyten und Austrocknung größerer Stillgewässer (Rückriem). Bei pflegeabhängigen Ökosystemen wie dem Grünland sind Maßnahmen zur Minimierung der Auswirkungen des Klimawandels entsprechend mit den Landnutzern zu entwickeln, was ein ähnliches Verständnis der Problemlage voraussetzt.

Rapide sinkende Wasserstände der letzten Jahre haben zur Austrocknung des Luchsees im Luchseemoor des Biosphärenreservats Spreewald geführt (Nowak et al.). Dabei wird dem Klimawandel eine bedeutende Rolle zugeschrieben. Da das Gebiet in einer Kernzone des Biosphärenreservates liegt, die bewusst der natürlichen Dynamik unterliegen soll, sind die Handlungsmöglichkeiten zur Regeneration zusätzlich erschwert.

Selbst in den noch recht naturnahen Auen-Ökosystemen des Biosphärenreservats Elbe sind nach Puhmann die Auswirkungen des Klimawandels infolge der Trockenheit der letzten Jahre mit deutlich reduzierter Wasserführung zu spüren (u. a. Absterben von Eichen, Verlandung auentypischer Kleingewässer mit massiven Rückgängen in der Reproduktion von Amphibien,

Austrocknung von Feuchtgrünland). Renaturierungsmaßnahmen bei diesem Großökosystem sind hier besonders komplex und aufwendig, da u. a. nicht nur Wasserstände stabilisiert, sondern auch die Sohlerosion reduziert werden müsste.

Von Hessberg et al. stellen anhand von gezielt durchgeführten Freilandexperimenten dar, dass mittlerweile selbst in den Grünland-Ökosystemen Mitteleuropas aufgrund immer trockener werdender Vegetationsperioden Resilienzprobleme resultieren, erkennbar z. B. anhand geringerer Biomasseproduktion und unerwarteter Artenverschiebungen. Aus ihrer Sicht kann dabei eine große Artenvielfalt die Resilienz gegenüber Störungen generell erhöhen.

Mit zunehmendem Klimawandel wird erwartet, dass südliche bzw. wärmeliebende Arten nach Norden vordringen bzw. Tieflandarten in höhere Regionen wandern. So wurde im Biosphärenreservat Rhön bereits ein Höherwandern bei der Blauen Federlibelle und dem Südlichen Blaupfeil festgestellt. Aus südlicheren Regionen zugewandert sind z. B. die Blauschwarze Holzbiene und der Trauer-Rosenkäfer sowie eine Reihe von Nachtfalterarten (Birkwald et al.).

Zukünftig wird es mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit erforderlich sein, den Wasserhaushalt ganzer Landschaften zu stabilisieren. Wippel et al. zeigen am Beispiel des Naturparkes Südschwarzwald, welche Maßnahmen sich hier anbieten.

In Schutzgebieten sind wissenschaftliche Fragestellungen zunehmend an Aspekte des Klimawandels und dessen Auswirkungen gebunden. Dies erfordert eine starke Verzahnung zwischen der universitären Forschung und den Fragestellungen der Schutzgebietsverwaltungen bzw. -verantwortlichen. Gemäß dem Beitrag von Baier ist dies durch die Kooperation des Nationalparks Berchtesgaden mit der TU München besonders gut gelungen, sodass man hier von einem Best-practice-Beispiel sprechen kann.

Im letzten Beitrag (Scherfose) wird der Frage nachgegangen, welche Möglichkeiten des zukünftigen Managements mit Blick auf deutsche Schutzgebiete in Zeiten des Klimawandels bestehen. Dabei geht es sowohl um in der Literatur genannte Maßnahmen der Klimawandelanpassung als auch um Vorschläge zu „nature based solutions“. Beleuchtet werden Maßnahmen in den Küstenbiotopen, den Mooren, Flüssen und Auen, kleineren Fließgewässern, Stillgewässern, dem (Feucht-)Grünland, den (Feucht-)Wäldern, den Agrarbiotopen sowie größeren Landschaftseinheiten wie Großschutzgebieten und Schutzgebietsnetzwerken. Insbesondere Maßnahmen zur Wiedervernässung von Mooren, Auen, Feuchtgrünland und Feuchtwäldern können die Treibhausgasbilanzen der Ökosysteme verbessern und selbst zum Klimaschutz beitragen. Damit werden gleichzeitig auch Vorschläge für Maßnahmen im Rahmen des BMUV-Aktionsprogramms Natürlicher Klimaschutz (ANK) unterbreitet.



## **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.

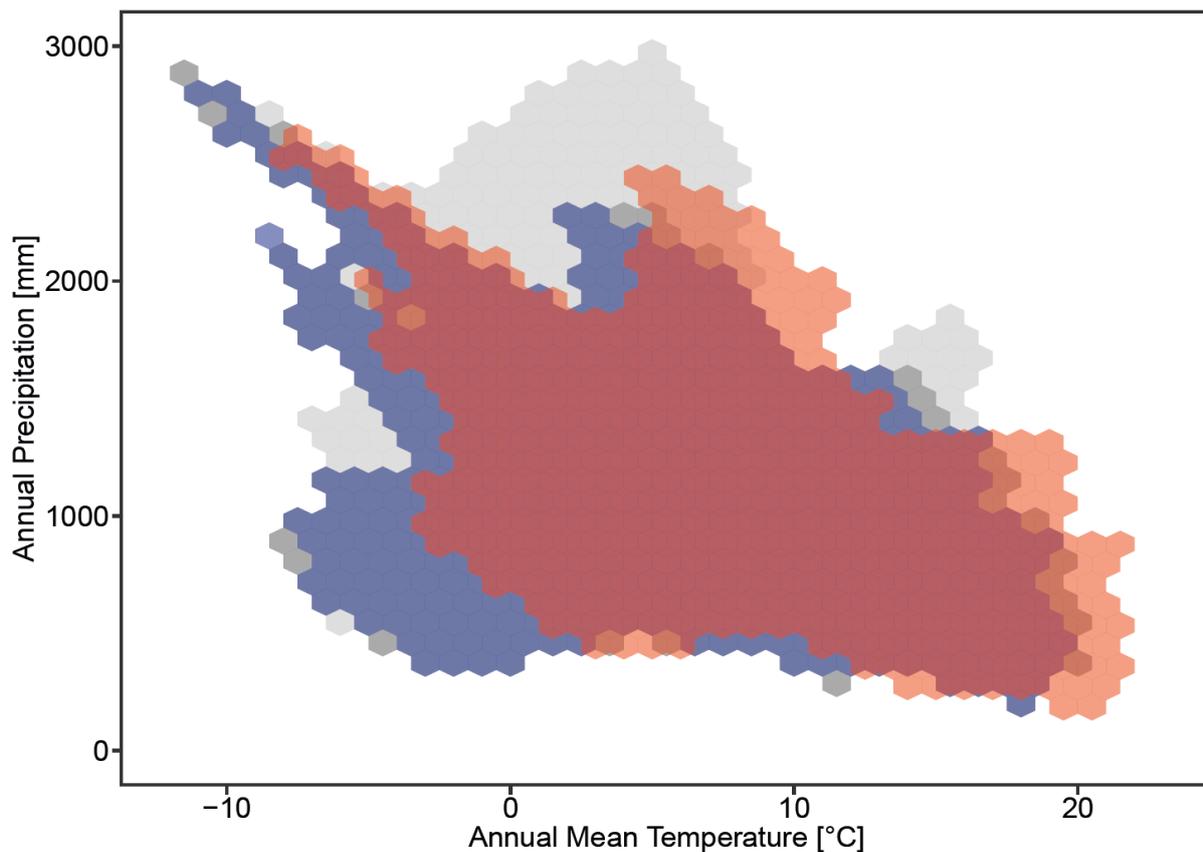


Abb. 2: Klima-Nische Europas, der EU sowie der aktuellen Natura-2000-Gebiete. Hell-graue Felder charakterisieren die aktuell in ganz Europa bestehenden Klimabedingungen, dunkelgraue Felder, die größtenteils farblich überlagert sind, die Bedingungen in der EU (inkl. UK). Die Farben Blau und Rot stehen 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.

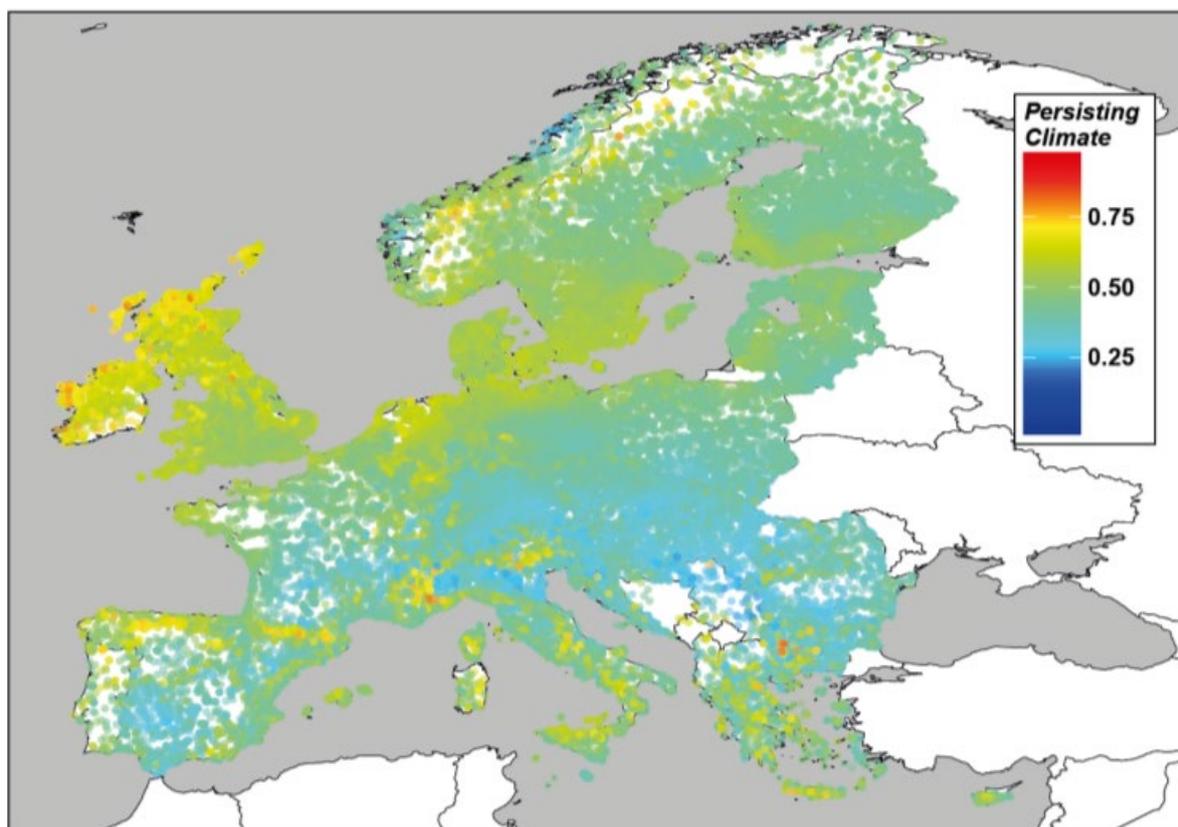


Abb. 3: Anteile von Schutzgebieten mit einem weitgehenden Erhalt aktueller Klimabedingungen (Persisting Climate) auf der Basis von 10 Klimamodellen für ein pessimales Szenario (RCP 8.5) und für die Jahre um 2070 (+/-10 Jahre). Jeder dargestellte Punkt steht für das Zentroid eines Schutzgebiets. Die Farbskala 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.

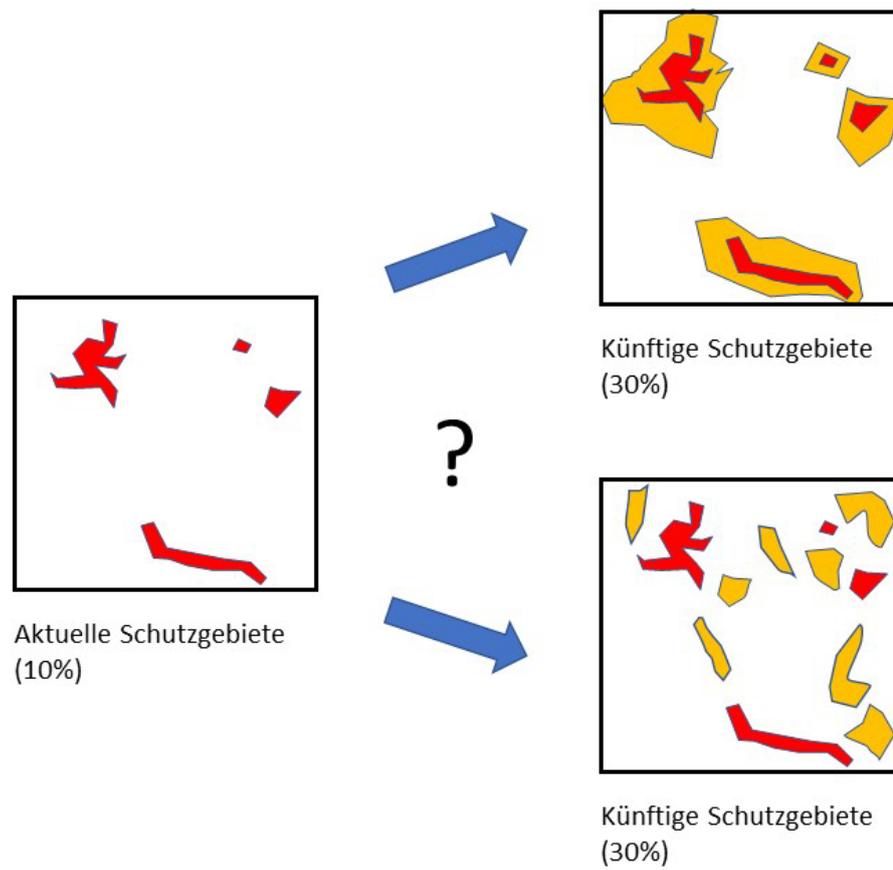


Abb. 4: Zwei alternative Konzepte zur Erweiterung des aktuellen Schutzgebietsnetzwerks (rot): Vergrößerung bestehender Flächen oder Vernetzung bisheriger Flächen durch zusätzliche Ausweisung von Schutzgebieten in den Zwischenräumen. Quelle: nach Beierkuhnlein et al. 2023b

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 Areals 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).

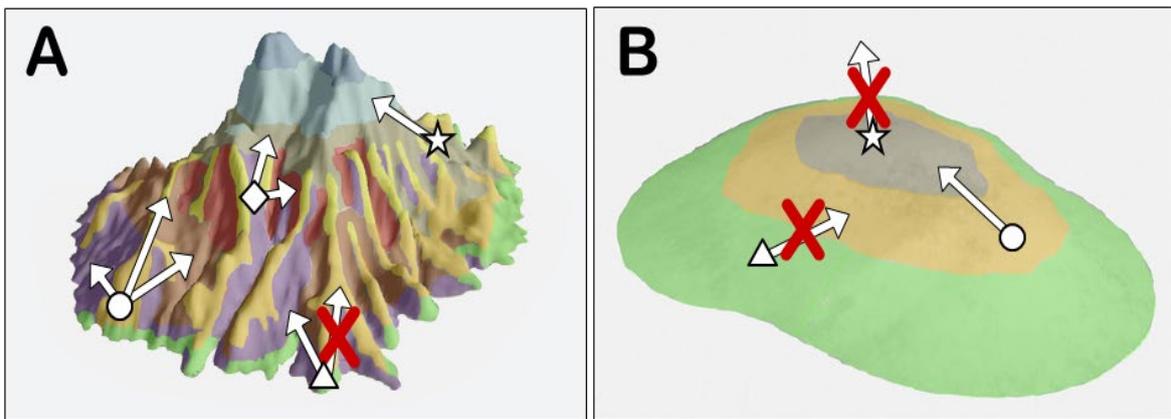


Abb. 5: In heterogenen, reliefierten Schutzgebieten (A) haben Arten vielfache Möglichkeiten, durch Ortsverlagerung geeignete Standorte zu finden. In homogenen, wenig strukturierten Schutzgebieten (B) ist ein erhöhtes lokales Aussterberisiko für Artpopulationen gegeben, da keine Ersatzstandorte gefunden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

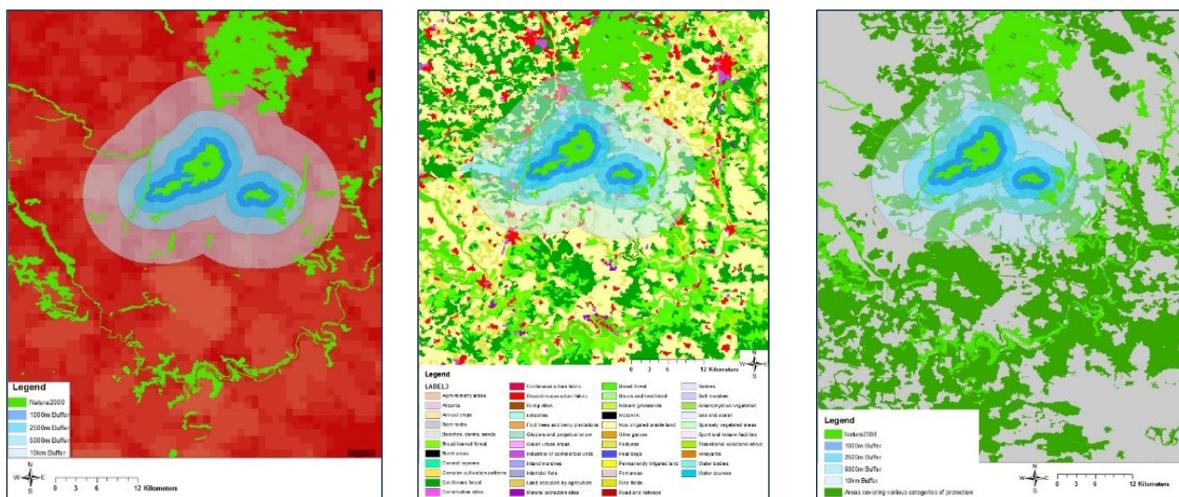


Abb. 7: Räumliche Matrix von Natura-2000-Gebieten in der Südlichen Frankenalb in der Nähe des Altmühltals: a) Fragmentierung und erforderliche Pufferzonen (EEA), b) Landnutzung – Corine Landcover Classification (CLC 2012), c) benachbarte Schutzgebiete anderer Kategorien, z. B. Landschaftsschutzgebiete.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



## Natura 2000 – was ändert sich für das EU-weite Schutzgebietssystem durch den Klimawandel in Deutschland?

Axel Ssymank und Götz Ellwanger

(PowerPoint-Folien zum gehaltenen Vortrag)



### Natura 2000 – was ändert sich für das EU-weite Schutzgebietssystem durch den Klimawandel in Deutschland?

Dr. Axel Ssymank & Götz Ellwanger (FG II 2.2, FFH-Richtlinie/Natura 2000)

Schutzgebiete im Klimawandel, Vilm, 07–09. Nov. 2022



Alle Aufnahmen: Ssymank

## Übersicht/Gliederung



- Änderungen von FFH-, Vogelarten und LRT – was ist zu erwarten?
- Restoration und Erhaltungszustand in Zeiten des Klimawandels
- Fitness erhöhen und Belastungen der Schutzgebiete reduzieren
- EU-Naturschutzrichtlinien – fit für den Klimawandel?
- Konsequenzen für Natura 2000
- Was bedeutet das für Standarddatenbögen, Monitoring und Berichte?
- Adaptives Management
- Ausblick: Pledges-Prozess und EU-Biodiversitätsstrategie

Vilm, 07-09. Nov. 2022, Schutzgebiete im Klimawandel, A. Ssymank & G. Ellwanger

---

## Auswirkungen des Klimawandels auf Arten und Lebensraumtypen/Ökosysteme



- Zahlreiche Veränderungen in der Phänologie, bei Flugzeiten und Lebenszyklen (Anzahl Generationen, Überwinterungsstadien, Wanderverhalten u. a.)
- Verschiebungen im Verbreitungsgebiet und in der Höhenverbreitung werden beobachtet oder vorhergesagt – Konsequenz: Verlagerung des Vorkommens über biogeografische Regionen und mögliche Veränderung in der Schutzverantwortung der Mitgliedstaaten
- Mögliche negative Effekte durch invasive Neobiota
- Probleme: Interaktionen zwischen Arten sind schlecht bekannt und kaum vorhersagbar – mit möglichen regionalen Unterschieden
- Veränderungen dynamischer Prozesse (z. B. Klimaextreme, trockene Sommer, Überflutungen) etc. sind kaum in ihrer Wirkung vorhersagbar

Vilm, 07-09. Nov. 2022, Schutzgebiete im Klimawandel, A. Ssymank & G. Ellwanger

---

## Auswirkungen des Klimawandels auf Arten und Lebensraumtypen/Ökosysteme



- Die Plastizität/ökologische Variabilität von Arten (genetische Adaptation, Ökotypen) ist kaum untersucht, wird aber eine wichtige Rolle bei Veränderungen der Verbreitung und der Struktur von LRT spielen (z. B. *Fagus sylvatica*)
- Klimawandel wirkt sich artspezifisch unterschiedlich aus – dies kann zum Zerfall bestehender und zur Bildung ganz neuer Artengemeinschaften führen
- Die Geschwindigkeit verschiedener Anpassungs- und Veränderungsvorgänge kann unterschiedlich sein und erlaubt nur begrenzt Vorhersagen

Es gibt jedoch einen allgemeinen Überblick über die Empfindlichkeit von Anhang-I-LRT und Arten gegenüber Klimawandel (z. B. Neuauflage des FFH-Handbuchs).

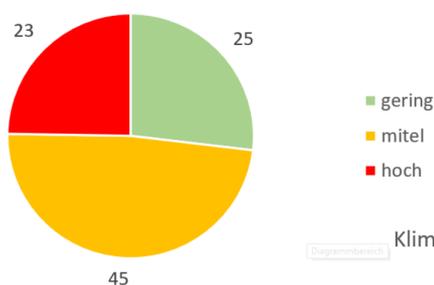
Vilm, 07-09. Nov. 2022, Schutzgebiete im Klimawandel, A. Ssymank & G. Ellwanger

## Klimawandel – Was ist zu erwarten ? Beispiel FFH-LRT (aktuell vorkommende LRT in DE)



### Übersicht alle 93 FFH-LRT

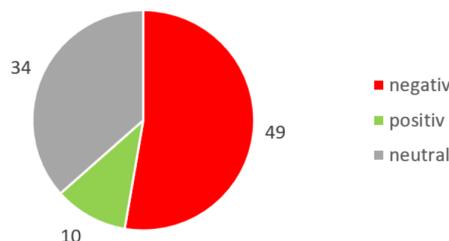
Klimawandel-Sensitivität der FFH-LRT



- Nur ca. ¼ aller LRT wird (ganz) unverändert bleiben
- Veränderungen in der Artenausstattung
- Veränderungen in der Verbreitung
- Andere Subtypen
- Verluste, aber auch neue LRT

- Ca. ½ aller LRT wird negative Trends in einem oder mehreren Parametern aufweisen
- Nur ein kleiner Teil der LRT wird zunehmen
- Etwa 1/3 der LRT wird weitgehend neutral reagieren oder regional unterschiedliche Reaktionen zeigen

Klimawandel erwartete Reaktion der FFH-LRT



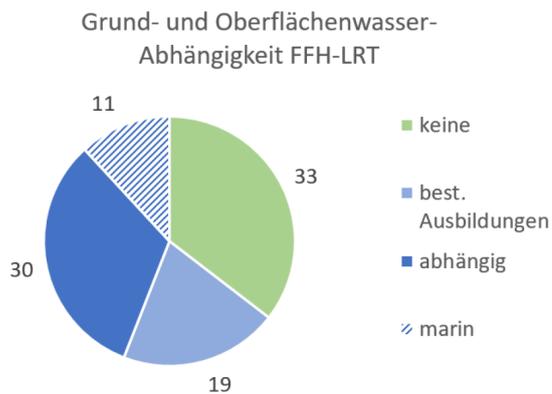
Daten aus BfN-Handbuch, Ssymank et al. 2021, 2022

Vilm, 07-09. Nov. 2022, Schutzgebiete im Klimawandel, A. Ssymank & G. Ellwanger

## Klimawandel – Was ist zu erwarten ? Beispiel FFH-LRT (aktuell vorkommende LRT in DE)



- Wasser als kritischer Faktor – bis zum letzten Tropfen?



- Wassermangel als kritischer Faktor
- Wasserverluste durch Grund- und Oberflächenwasserentnahme verstärken Klimawandelfolgen
- Bisher keine Überwachung und Einhaltung des Verschlechterungsverbots in den meisten FFH-Gebieten, die hiervon betroffen sind
- Entnahmemengen nicht einmal bekannt/dokumentiert (Landwirtschaft, Industrie)

Vilm, 07-09. Nov. 2022, Schutzgebiete im Klimawandel, A. Ssymank & G. Ellwanger

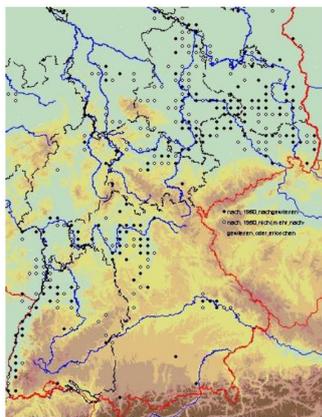
## Neue LRT – ante portas versus mögliche Verluste



- **Als mögliche neue LRT** im Zuge des Klimawandels kommen z. B. die LRT 1420, **3170**, 6190, 8130, **91H0** in Betracht, später vielleicht auch 2250, 3250, 6220, 9260, 92A0
- Mediterrane, subkontinentale und pannonische Typen z. B. aus dem Südwesten (Rheintal, FR/CH Jura, Mosel), Südosten (Donautal) oder aus dem Osten (CZ, PL)
- **Mögliche Verluste** sind bei Moor-LRT, einzelnen wasserabhängigen LRT sowie alpinen, auf Hochlagen beschränkten LRT, wie z. B. Gletschern oder bestimmten Ausbildungen von alpinem Grünland 6150, 6170 (Schneetälchen), zu erwarten

Vilm, 07-09. Nov. 2022, Schutzgebiete im Klimawandel, A. Ssymank & G. Ellwanger

## Beispiel: LRT 3170 – Temporäre mediterrane Gewässer



Floraweb: *Lythrum hyssopifolia*

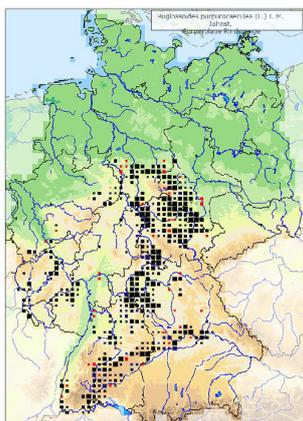
- Kleine Tümpel auf Felsuntergrund, die im Sommer austrocknen, in der mediterranen Region weitverbreitet
- Einige charakteristische Arten sind bereits in Deutschland heimisch, wie z. B. *Lythrum hyssopifolia* in warmen Flusstälern



A. Ssymank

Vilm, 07-09. Nov. 2022, Schutzgebiete im Klimawandel, A. Ssymank & G. Ellwanger

## Beispiel: LRT \*91H0 – Pannonische Wälder mit *Quercus pubescens*



Floraweb: *Buglossoides purpureo-caeruleum*

- Flaumeichenwälder (*Quercus pubescens* und *Qu. petraea x pubescens*) mit ähnlicher Artenzusammensetzung sind in Enklaven in Süddeutschland bereits vorhanden
  - Ausbreitung möglich v.a. im Süden und Westen z. B. zulasten von trockenen Eichen-Hainbuchenwäldern und thermophilen Buchenwäldern
- Einige charakteristische Arten sind bereits in Deutschland heimisch, wie z. B. Steinsame (*Buglossoides purpureo-caeruleum*), oder kommen bereits auch in thermophilen Buchenwäldern vor (*Melittis melissophyllum*)

Vilm, 07-09. Nov. 2022, Schutzgebiete im Klimawandel, A. Ssymank & G. Ellwanger

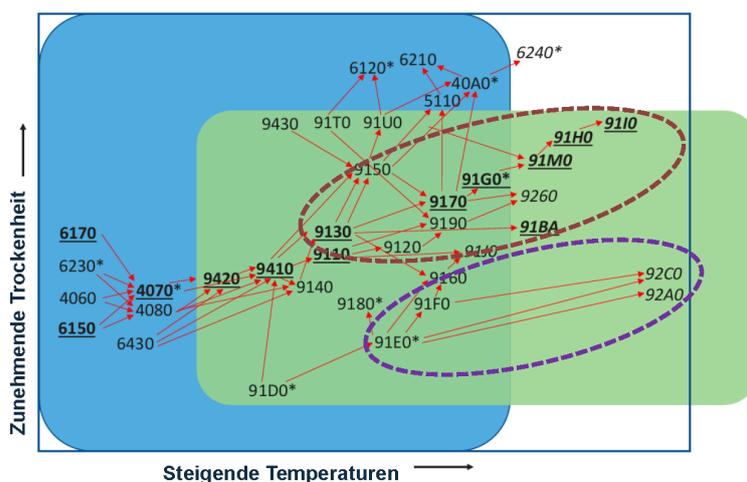
## Deutliche Veränderungen in den letzten Trockenjahren



- Absterben ganzer Waldbestände in größerem Ausmaß in Nadelwäldern (meist *Pinus* und *Picea*) überwiegend außerhalb von Anhang-I-LRT (Fichten- und Kiefernforsten außerhalb des natürlichen Verbreitungsgebiets der Baumarten), aber auch in Beständen des Wald-LRT 9410 in natürlichen Fichtenwäldern im Nationalpark Harz (Klimawandel in Kombination mit Borkenkäfern)
- Lokales und regionales Absterben in Buchenwäldern (LRT 9110, 9130), besonders in trockeneren, eher subkontinentalen Lokalklimaten und im Übergangsbereich zu thermophilen Eichen- und Eichen-Hainbuchenwäldern, z. B. Hangkanten des Moseltals
- In bestimmten Fällen kann eine Wiederaufforstung mit angepassten Ökotypen erfolgreich sein, aber bei fortschreitendem Klimawandel werden auch Bereiche betroffen sein, in denen sich die bisherigen Baumarten nicht mehr (vollständig) etablieren lassen
- Veränderungen in kleinen Still- und Fließgewässern bis hin zum sommerlichen Austrocknen (Entstehung temporärer Still- und Fließgewässertypen) mit Konsequenzen für Amphibien, Libellen und die Fischfauna

Vilm, 07-09. Nov. 2022, Schutzgebiete im Klimawandel, A. Ssymank & G. Ellwanger

## Zu erwartende Änderungen bei Wald-LRT infolge des Klimawandels



Ewald et al., Natur u. Landschaft 97(2022): 340–345

2 Beispiele:

- Auwälder (91E0, 91F0) werden sich allmählich in mediterrane Auwaldtypen verändern (92A0, 92C0)
- Eichen-Hainbuchen- und Eichenwälder und Teile der thermophilen Buchenwälder (9170, 9130 pp, 9150) werden sich in Richtung pannonisch-balkanische oder mediterrane Eichenwälder verändern (z.B. 91H0, 91M0) und Kastanienwälder (91BA)

**Wald-LRT:** 91BA Moosische Tannenwälder; 91H0 Pannonische Wälder mit *Quercus pubescens*; 91M0 Euro-sibirische Steppenwälder mit *Quercus* spp.; 91U0 *Taxus baccata*-Wälder der Britischen Inseln; 91M0 Pannonisch-balkanische Zerreichen- und Traubeneichenwälder; 9260 *Castanea sativa*-Wälder; 92A0 *Salix alba*- und *Populus alba*-Galeriewälder; 92C0 *Platanus orientalis*- und *Liquidambar orientalis*-Wälder (*Platanion orientalis*)

Vilm, 07-09. Nov. 2022, Schutzgebiete im Klimawandel, A. Ssymank & G. Ellwanger

## Situation bei den Arten – Schlaglichter



- Viele Anhangsarten werden in Parametern Population, Habitat und/oder Verbreitungsgebiet teilweise vom Klimawandel betroffen sein



- Von 157 Tierarten der FFH-Richtlinie weisen 62,4 % eine überdurchschnittliche zusätzliche klimawandelbedingte Gefährdungsdiskposition auf (Schlumprecht et al. 2011, F+E-Projekt)

- Charakteristische Arten der FFH-LRT: Verluste und neue Arten, neue bisher kaum vorhersagbare Artenkombinationen, mögliche Herausbildung neuer Subtypen
- Viele Arten brauchen „Wandermöglichkeiten“ (mikroklimatisch und kleinräumig), aber auch Trittsteine über ein kohärentes Netz

Vilm, 07-09. Nov. 2022, Schutzgebiete im Klimawandel, A. Ssymank & G. Ellwanger

## Potenzielle Verlierer



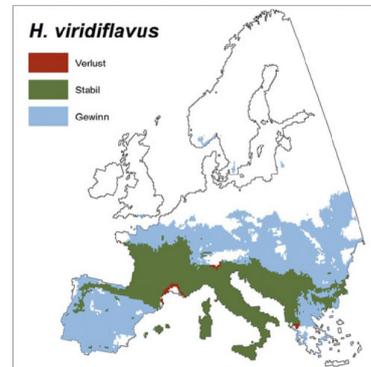
- Arten mit engen ökologischen Ansprüchen
- Arten mit von Natur aus kleinen Populationen
- Arten seltener oder isolierter Lebensräume (z. B. *Lycaena helle*)
- auf die Hochlagen der Mittelgebirge und der Alpen beschränkte Arten
- Vertreter besonderer Verbreitungstypen, z. B. arktisch-alpiner oder borealer Verbreitung („Eiszeitrelikte“ in Deutschland)
- Arten mit geringem Ausbreitungspotenzial
- Arten mit langen Reproduktionszeiträumen bzw. geringer Vermehrungsrate (z. B. viele Fledermausarten)
- Arten, deren Vorkommen wegen einer engen Spezialisierung in Nahrungswahl, Fortpflanzung oder Verbreitungsmechanismus von anderen Arten abhängt (z. B. Flussperlmuschel, Grüne Mosaikjungfer)

Vilm, 07-09. Nov. 2022, Schutzgebiete im Klimawandel, A. Ssymank & G. Ellwanger

## Potenzielle Gewinner



- Arten mit gegenteiligen Eigenschaften wie die potenziellen Verlierer
- Nach Modellierung von Jaeschke et al. (2014, *NaBiV 137*) z. B.
  - Gelbgrüne Zornnatter (*Hierophis viridiflavus*)
  - Westliche Smaragdeidechse
  - Großer Feuerfalter
  - Springfrosch



- Potenzielle zukünftige Veränderung der Verbreitung der Gelbgrünen Zornnatter in Europa (Ensemble-Modellierung mit Klimamodell HadCM3 und Szenario A2 für 2051–2080)

- Modellierungsergebnisse (potenzielle klimatische Eignung) sind jedoch limitiert (zusätzliche Analyse notwendig unter Berücksichtigung von u. a. Ausbreitungsmöglichkeiten, Interaktionen, Landnutzung, Habitataignung, Etablierungspotenzial)

Vilm, 07-09. Nov. 2022, Schutzgebiete im Klimawandel, A. Ssymank & G. Ellwanger

## Restoration und Erhaltungszustand im Klimawandel



- Hoher Bedarf an Maßnahmen zur Verbesserung des Erhaltungszustandes – ohne Wiederherstellung eines guten Zustandes und Wiederansiedlung bei Verlusten in der Vergangenheit geht es nicht
- Wiederherstellungsmaßnahmen sollten primär dort stattfinden, wo in Anbetracht des Klimawandels auch künftig eine dauerhafte Perspektive besteht
- Natura 2000 ist selbst ein wichtiger Faktor in der Minderung der Folgen des Klimawandels (CO<sub>2</sub>-Speicherung intakter Wälder, Moore und Feuchtgrünland, Wasserregime etc.), Erhalt der Biodiversität und Resilienz

Vilm, 07-09. Nov. 2022, Schutzgebiete im Klimawandel, A. Ssymank & G. Ellwanger

## FFH- und Vogelschutzrichtlinie – fit für den Klimawandel?



- EU-Richtlinien – d. h. Verschiebungen von Verbreitungsgebieten werden aufgefangen (bei sich verändernden relativen Verantwortungen der Mitgliedstaaten)
- Viele LRT sind breit definiert, z. B. die Buchenwälder vom Apennin bis nach Südschweden -> Veränderungen von Artzusammensetzung oder andere Subtypen sind abgedeckt
- Verschlechterungsverbot verlangt zwar aktive Maßnahmen, nicht jedoch für Faktoren wie Klimawandel
- Bislang überwiegen bei Weitem Gefährdungen durch Landnutzung(swandel)
- Natura-2000-Gebiete verlieren nicht ihre Bedeutung – meist multipurpose Bedeutung als Trittsteine und geeignete Gebiete für „Neuankömmlinge“

Vilm, 07-09. Nov. 2022, Schutzgebiete im Klimawandel, A. Ssymank & G. Ellwanger

## Neue Schutzgüter und Umgang in der Umsetzung der Richtlinien in Deutschland



- Viele Schutzgebiete zu klein und zu stark (vor-)belastet – Pufferzonen fehlen, große Randeffekte
- Umsetzung rechtlich und in der Praxis sehr eng und zu statisch, z. B. tatsächliche Vorkommen in den Gebieten stimmen mit Schutzverordnungen nicht vollständig überein
- Verordnungen sollten direkt auf den SDB verweisen, damit neu auftretende Schutzgüter direkt in den Schutz integriert sind
- SDB und Managementpläne regelmäßiger aktualisieren
- Aufbau eines wirklich kohärenten transeuropäischen Natur-(Schutzgebiets-)Netzwerkes, welches ökologische Korridore integriert

Vilm, 07-09. Nov. 2022, Schutzgebiete im Klimawandel, A. Ssymank & G. Ellwanger

## Konsequenzen für die Natura-2000-Gebiete



- Veränderung von Populationsgrößen (z. B. lokale Rückgänge oder Aussterbeprozesse) in einem Teil der Gebiete
- Veränderungen in der Qualität von LRT und Arthabitaten
- Möglicher Verlust besonders empfindlicher Arten und LRT in einzelnen Gebieten

### Dies kann bedeuten:

- Neu eingewanderte Arten der Anhänge II, IV und V **unterliegen sofort den Bestimmungen** der FFH-/Vogelschutzrichtlinie (Management, FFH-VP, Schutz)
- Neue Arten des Anhangs II und LRT des Anhangs I ziehen **ggf. eine Nachmeldeverpflichtung** von Gebieten nach sich (Sufficiency-Frage der geeigneten Gebiete) und faktische Vogelschutzgebiete

Es ist ein flexiblerer Umgang mit rechtlicher Sicherung, Schutzziele und der Anpassung des Managements erforderlich.

Vilm, 07-09. Nov. 2022, Schutzgebiete im Klimawandel, A. Ssymank & G. Ellwanger

## Konsequenzen für FFH-Berichte (Art. 17), FFH-Monitoring und Vogelschutzberichte (Art. 12)



- Referenzlisten der Arten und LRT werden bei jedem Bericht neu überprüft und angepasst
- Beeinträchtigungen und Gefährdungen beinhalten bereits seit Langem detaillierte Angaben zum Klimawandel – diese Angaben werden im Bericht 2025 vermutlich deutlich zunehmen
- Schwierig zu bewerten: Echte Veränderungen des Verbreitungsgebiets versus Effekte einzelner Extremjahre – mögliche Auswirkungen auf günstige Referenzwerte (Verbreitungsgebiet und Fläche bzw. Populationsgröße)
- FFH-Monitoring findet auf fest ausgewählten Flächen statt – es muss sichergestellt werden, dass Veränderungen in der Verbreitung oder Auftreten neuer Arten/LRT integriert werden

Vilm, 07-09. Nov. 2022, Schutzgebiete im Klimawandel, A. Ssymank & G. Ellwanger

## Mögliche Lösungen & Konsequenzen, adaptives Management?



### Oberste Priorität:

- Starke Reduktion und Vermeidung aller bestehenden negativen Einflüsse aus der Umgebung und innerhalb der Gebiete, um die Fitness/Resilienz zu erhöhen

### Schlüsselfaktoren:

- Pestizidbelastungen und Pufferzonen
- Wasserhaushalt, Wasserentnahmen, Grundwasserabsenkungen
- Stickstoffbelastung (inkl. NO<sub>x</sub> und NH<sub>3</sub> atmosphärischer Eintrag)
- Gezielt CO<sub>2</sub>-Speicherung fördern, z. B. durch Erhöhung des Artenreichtums im Grünland, Wiedervernässung von Mooren und Feuchtgrünland, Erhöhung von Umtriebszeiten im Wald oder Wildnis etc.
- Gebietserweiterungen (ggf. Pufferzonen) prüfen, um die standörtliche oder altitudinale Variabilität zu erhöhen

Vilm, 07-09. Nov. 2022, Schutzgebiete im Klimawandel, A. Ssymank & G. Ellwanger

## Adaptives Management?



**Problemlos:** Anpassungen des Artenspektrums innerhalb des LRT (z. B. Einbringen eines Anteils heimischer Eichenarten in Tiefland-Buchenwälder)

### Zu klärende Fragen in der Umsetzung ... z. B.

- Erlauben eines gewissen Shifts von einem LRT zu einem anderen LRT, der besser angepasst ist
- SDB: Unterschiede zwischen „not present“ und auf Klimawandel angepasste Zielzustände?
- Umfang & Bedingungen eines proaktiven Managements? Wann ist „assisted migration“ sinnvoll und möglich? (Trittsteine und Kohärenz für wandernde Arten versus möglicher LRT-Verlust, Auslegung des aktiven Verschlechterungsverbots des Art. 6 Abs. 2 FFH-RL)
- Veränderungen zu einem neuen LRT (ggf. gezielt), z. B. 9150 (Orchideenbuchenwälder) zu 91H0 (Flaumeichenwälder) durch Nachpflanzen bei Absterben von Buchen?

Vilm, 07-09. Nov. 2022, Schutzgebiete im Klimawandel, A. Ssymank & G. Ellwanger

## Pledges-Prozess und die EU-Biodiversitätsstrategie unter Aspekten des Klimawandels?



- EU-Biodiversitätsstrategie 2030 und Vision eines durchweg guten Erhaltungszustandes bis 2050
- Sogenannter „Pledges“-Prozess (2022/2023, für Zielerreichung bis 2030) (Mitgliedstaatenverpflichtung)
- **Schutzgebietspledges** (30 % terr./marin, 10 % streng geschützt) – Natura 2000 als wichtige Teilkomponente
- **Pledges-Erhaltungszustandsziele** mit den Teilzielen:
  - Mind. 30 % aller Schutzgüter verbessert (Trend bzw. Zustand, FFH-LRT, Arten und Vögel)
  - Alle übrigen ohne negative Trends (mind. stabil)
  - Keine unbekanntenen Bewertungen mehr
- Aber klare Erkenntnis: Ausnahmen sind Schutzgüter, die durch aktive Erhaltungsmaßnahmen im Mitgliedstaat nicht verbessert werden können (u. a. Klimawandel-Verlierer, bei denen es unmöglich wird, das Ziel zu erreichen) – detaillierte Begründungen erforderlich

Vilm, 07-09. Nov. 2022, Schutzgebiete im Klimawandel, A. Ssymank & G. Ellwanger

## Weitere Hinweise zum Thema, Literatur



- Natur und Landschaft Schwerpunktheft 7/ 2022: **Wälder der Zukunft**
- Neue erweiterte Auflage **Broschüre Natura 2000** in Deutschland
- Kohärenz & Biotopverbund bei Natura 2000: Fachtagung und Link zur EU-Guideline:  
<https://www.bfn.de/kohaerenz-biotopverbund#anchor-3421>

### Klimawandel-Workshops und Fachtagungen zu Natura 2000

- NaBiV 46 (2007): Natura 2000 und Klimaveränderungen
- NaBiV 118 (2012): Natura 2000 and Climate Change – a challenge
- NaBiV 137 (2014): Auswirkungen des Klimawandels auf Fauna, Flora und Lebensräume sowie Anpassungsstrategien des Naturschutzes
- NaBiV 139 (2014): Anpassungskapazität naturschutzfachlich wichtiger Tierarten an den Klimawandel

Vilm, 07-09. Nov. 2022, Schutzgebiete im Klimawandel, A. Ssymank & G. Ellwanger

## Weitere Hinweise zum Thema, Literatur II



- **FFH-Handbuch-Neuaufgabe:**
- Ssymank, A., Ellwanger, G., Ersfeld, M., Ferner, J., Lehrke, G., Müller, C., Raths, U., Röhling, M. & Vischer-Leopold, M. unter Mitarbeit von Balzer, S., Bernhardt, N., Fuchs, D., Sachteleben, J., Schubert, E. & Tschiche, J. (2021): Das europäische Schutzgebietssystem Natura 2000. BfN-Handbuch zur Umsetzung der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (92/43/EWG) und der Vogelschutzrichtlinie (2009/147/EG). Bd. 2.1: Lebensraumtypen der Meere und Küsten, der Binnengewässer sowie der Heiden und Gebüsche. – 2. Aufl., Naturschutz und Biologische Vielfalt 172: 1–795.
- Ssymank, A., Ellwanger, G., Ersfeld, M., Ferner, J., Idilbi, I., Lehrke, S., Müller, C., Raths, U., Röhling, M. & Vischer-Leopold, M. unter Mitarbeit von Balzer, S., Bernhardt, N., Buschmann, A., Fuchs, D., Sachteleben, J., Schubert, E. & Tschiche, J. (2023): Das europäische Schutzgebietssystem Natura 2000. BfN Handbuch zur Umsetzung der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (92/43/EWG) und der Vogelschutzrichtlinie (2009/147/EG). Bd. 2.2: Lebensraumtypen des Grünlandes, der Moore, Sümpfe und Quellen, der Felsen und Schutthalden, der Gletscher sowie der Wälder. – Naturschutz und Biologische Vielfalt 172, Bonn – Bad Godesberg.
- **Klimawandel und Wald:**
- Ewald, J., Ssymank, A., Röhling, M., Walentowski, H. & Hohnwald, S. (2022): Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie und klimainduzierte Waldveränderung – ein Widerspruch? – Natur und Landschaft 97(7): 340–345.
- Ssymank, A., Röhling, M., Ellwanger, G. & S. Scheele (Hrsg.) (2023): Natura 2000 Waldlebensraumtypen im Klimawandel – Forschungsdefizite und Möglichkeiten für Anpassungsstrategien, Management und Maßnahmen. BfN-Schriften (im Druck)



## Veränderungen der Artenvielfalt von Heuschrecken innerhalb und außerhalb von Schutzgebieten

Thomas Fartmann

### Zusammenfassung

Änderungen der Landnutzung haben zu einem großflächigen Verlust artenreicher Lebensräume geführt. Im Tiefland war insbesondere die Intensivierung der Bewirtschaftung hierfür verantwortlich. In den Mittelgebirgen waren dagegen lange Zeit vor allem die Nutzungsaufgabe und Aufforstungen Treiber des Rückgangs. Seit Ende der 1980er-Jahre spielt zudem der Klimawandel eine immer größere Rolle für die Abnahme der Artenvielfalt in ganz Deutschland.

Die negativen Auswirkungen des Landnutzungs- und Klimawandels auf die Biodiversität betreffen nicht nur Flächen außerhalb, sondern auch innerhalb von Schutzgebieten. Im vorliegenden Beitrag werden anhand von Fallbeispielen aus Mittelgebirgen und dem Tiefland die Reaktionen von Heuschrecken auf die veränderten Umweltbedingungen vergleichend in Naturschutzgebieten und außerhalb davon betrachtet. Bei den vorgestellten Studien handelt es sich um Wiederholungsuntersuchungen (*re-survey studies*).

Keine Art kann aufgrund der starken Habitatfragmentierung in unserer Landschaft aktuell mit der Geschwindigkeit des Klimawandels Schritt halten. Zu den Arten, die vom Temperaturanstieg profitieren, zählen thermophile und gleichzeitig mobile Habitatgeneralisten. In Landschaften, die noch durch eine hohe Habitatkonnektivität gekennzeichnet sind, gibt es inzwischen aber auch Beispiele für weniger mobile Arten, die sich ausbreiten. Zu den Verlierern des globalen Wandels zählen insbesondere boreomontane/hygrophile Arten und Habitatspezialisten. Die letzten Dürrejahre haben gezeigt, dass inzwischen aber auch immer mehr weitverbreitete Arten frischer oder sogar trockener Habitate unter dem Klimawandel leiden.

Naturschutzgebiete stellen einen wirksamen Flächenschutz dar und sind von starken Veränderungen der Landnutzung weniger stark betroffen. Zudem sind sie in gewissen Grenzen resistenter und resilienter gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels als Flächen außerhalb davon. Demgegenüber wirken Luftstickstoffeinträge gleichermaßen stark innerhalb und außerhalb der Schutzgebiete. Ohne gezielte Maßnahmen wird sich, selbst bei unveränderten Bedingungen, der Biodiversitätsrückgang auch in Naturschutzgebieten fortsetzen. Zukünftig werden insbesondere die Habitatverfügbarkeit und der Klimawandel die Verbreitung der Arten in unserer Landschaft bestimmen.

### Summary

Changes in land use have resulted in large-scale loss of species-rich habitats. In the lowlands, this was especially caused by an intensification of agricultural management. By contrast, in the uplands, the main drivers of the decline were abandonment of land use and afforestation. Since the late 1980s climate change has become a further threat to biodiversity across Germany.

The negative effects of global change on biodiversity are visible in both protected and unprotected areas. In this paper, re-survey studies from uplands and lowlands that compared the effects of land-use and climate change on grasshopper species within and outside nature reserves are considered.

Due to strong habitat fragmentation in our landscapes, currently no species is able to keep pace with climate change. Winners of the temperature increase are especially thermophilous and also mobile habitat generalists. In landscapes that still exhibit a high habitat connectivity, there are also some less mobile species that expand their ranges. Among the losers are particularly boreomontane/hygrophilous species and habitat specialists. Recent drought years have shown that now even widespread species occurring in fresh or even dry habitats suffer from climate change.

Overall, nature reserves are well protected against strong changes in land use. Moreover, they are more resistant and resilient against the effects of climate change. However, atmospheric nitrogen deposition affects ecosystems within and outside nature reserves. Without targeted measures, the loss of biodiversity will continue, even in nature reserves and without further changes in environmental conditions, since many species already suffer from an extinction debt. In future, habitat availability and climate change will determine the distribution of species in our landscapes.

## 1 Einleitung

Die aktuelle Biodiversitätskrise stellt eines der gravierendsten Probleme unserer Zeit dar (Rockström et al. 2009, Butchart et al. 2010, Naeem et al. 2012). Gegenwärtig ist die Aussterberate von Arten um den Faktor 10 bis 100 höher, als dies im Mittel der letzten zehn Millionen Jahre der Fall war (Díaz et al. 2019). Für Landlebensräume gilt der Landnutzungswandel als der Haupttreiber des Artenrückgangs (Newbold et al. 2015, Díaz et al. 2019, Cardoso et al. 2020, Fartmann et al. 2021a). Änderungen der Landnutzung haben zu einem großflächigen Verlust artenreicher Lebensräume geführt. Als Schlüsselfaktoren, die das Überleben von Arten in unseren fragmentierten Landschaften bestimmen, gelten die Qualität, Größe und Konnektivität der Habitate (Poniatowski et al. 2018a).

Im Tiefland war insbesondere die Intensivierung der Landnutzung verantwortlich für Lebensraumverluste (Fartmann et al. 2021a). In den Mittelgebirgen führten dagegen lange Zeit vor allem die Nutzungsaufgabe und Aufforstungen zu Rückgängen von artenreichen Habitaten (Löffler et al. 2019, Fumy et al. 2021). In den letzten Jahrzehnten hat aber auch hier eine intensivere Landwirtschaft Einzug gehalten.

Seit Ende der 1980er-Jahre spielt zudem der Klimawandel eine immer größere Rolle für Veränderungen der Biodiversität (Díaz et al. 2019, Cardoso et al. 2020, Fartmann et al. 2021a). Der Klimawandel wirkt insbesondere durch einen Temperaturanstieg und eine Zunahme von Wetterextremen (z. B. Dürreperioden) auf die Artengemeinschaften (Streitberger et al. 2016).

Die negativen Auswirkungen des globalen Wandels auf die Artenvielfalt betreffen nicht nur Flächen außerhalb, sondern auch innerhalb von Schutzgebieten (Rada et al. 2019, Cooke et al. 2023). Im vorliegenden Beitrag werden anhand von Fallbeispielen aus Mittelgebirgen und dem Tiefland die Reaktionen von Heuschreckenarten auf den Landnutzungs- und Klimawandel vergleichend in Naturschutzgebieten und außerhalb davon betrachtet. Bei den vorgestellten Studien handelt es sich überwiegend um Wiederholungsuntersuchungen (*re-survey studies*) auf denselben Flächen unter Verwendung derselben Untersuchungsmethoden.

## 2 Auswirkungen des Landnutzungs- und Klimawandels auf Heuschrecken in fragmentierten Landschaften

### 2.1 Mittelgebirge – innerhalb von Naturschutzgebieten

In den westdeutschen Mittelgebirgen Eifel (Löffler et al. 2019) und Schwarzwald (Fumy et al. 2020) konnten gleich gerichtete Veränderungen der Landnutzung, des Klimas und der Heuschreckengemeinschaften des Grünlandes von Mitte der 1990er-Jahre bis heute festgestellt werden. Das Gros der untersuchten Flächen befand sich in Naturschutzgebieten. Dennoch unterschied sich die Nutzung deutlich: Das Feuchtgrünland lag überwiegend brach, während das Grünland mittlerer und insbesondere trockener Standorte (Kalk- bzw. Silikatmagerrasen) kontinuierlich extensiv genutzt wurde. Alle Mitte der 1990er-Jahre untersuchten Grünlandparzellen waren auch Mitte der 2010er-Jahre noch vorhanden. Im überwiegend brachliegenden Feuchtgrünland veränderten sich die mittleren Artenzahlen in diesem Zeitraum nicht (Abb. 1). Demgegenüber nahm die durchschnittliche Artenvielfalt in den anderen, weiterhin extensiv genutzten Grünlandhabitaten um 19–45 % zu. Verantwortlich für den Anstieg der Artenvielfalt war der klimawandelbedingte Temperaturanstieg, der insbesondere die Ausbreitung thermophiler Generalisten mit hoher Mobilität begünstigte (z. B. Große Goldschrecke (*Chrysochraon dispar*) oder Roesels Beißschrecke (*Roeseliana roeselii*)).

### 2.2 Tiefland – innerhalb und außerhalb von Naturschutzgebieten

Das nördliche Münsterland (Westfälische Bucht) ist durch eine kleinteilige, aber dennoch sehr intensive landwirtschaftliche Nutzung geprägt. Aufgrund der kleinen Parzellen wird der Landschaftsausschnitt als Münsterländer Parklandschaft bezeichnet und weist eine hohe Dichte an Säumen auf. Im Jahr 1995 wurde in diesem Untersuchungsgebiet eine repräsentative Auswahl an Säumen mit Grünlandvegetation ( $n = 118$ ) und flächigen Grünlandparzellen ( $n = 63$ , davon  $n = 14$  [22 %] in Naturschutzgebieten) untersucht (Fartmann et al. 2021b, 2022a). Von 1995 bis zum Jahr 2012 ist die Sommertemperatur um 1,1 °C gestiegen und 17 (27 %) der flächigen Grünlandparzellen waren inzwischen anderweitig genutzt. Fast 90 % dieser Parzellen waren in Maisäckern umgewandelt worden; der Mais diente überwiegend der Biogaserzeugung. Die Flächenverluste erfolgten ausnahmslos außerhalb von Naturschutzgebieten. Nahezu alle Säume waren 2012 weiterhin vorhanden. Die bereits in den Mittelgebirgen festgestellte Zunahme der durchschnittlichen Artenvielfalt und eine Ausbreitung thermophiler Generalisten mit hoher Mobilität bedingt durch den Klimawandel konnten auch in den noch vorhandenen Flächen in diesem Untersuchungsgebiet beobachtet werden. Allerdings konnten sich hier aufgrund der hohen Konnektivität der Grünlandparzellen innerhalb der meist großflächigen Naturschutzgebiete auch Arten mit geringer Mobilität, z. B. die Kurzflügelige Schwertschrecke (*Conocephalus dorsalis*), stärker ausbreiten (Abb. 2). In Grünlandparzellen außerhalb der Schutzgebiete und den Säumen war dies nicht der Fall: Hier nahm der Community-Farmland-Index ab und der Community-Temperature-Index zu (Abb. 3, Textbox 1). In den Artengemeinschaften dominierten inzwischen also stärker generalistische und wärmeliebende Arten. Im Gegensatz dazu änderten sich die Werte der beiden Indizes in Grünlandparzellen innerhalb von Naturschutzgebieten nicht. Die Naturschutzgebiete erwiesen sich also als deutlich resistenter bzw. resilienter als Grünlandparzellen außerhalb der Schutzgebiete und Säume. Verantwortlich hierfür dürften eine kontinuierliche extensive Grünlandnutzung und eine weniger starke Dränierung der Flächen und damit – trotz Klimawandel – ein stabilerer Wasserhaushalt sein. Die Art mit den stärksten Rückgängen war der Bunte Grashüpfer (*Omocestus viridulus*) (Abb. 4). In Grünlandparzellen außerhalb der Naturschutzgebiete nahm die Stetigkeit um 53 % und in den Sä-

men um 65 % ab; im Grünland innerhalb der Schutzgebiete gab es hingegen keine Veränderungen. Der Bunte Grashüpfer reagiert gleichermaßen empfindlich auf eine Intensivierung der Grünlandnutzung, das dauerhafte Brachfallen und zunehmende Dürre.

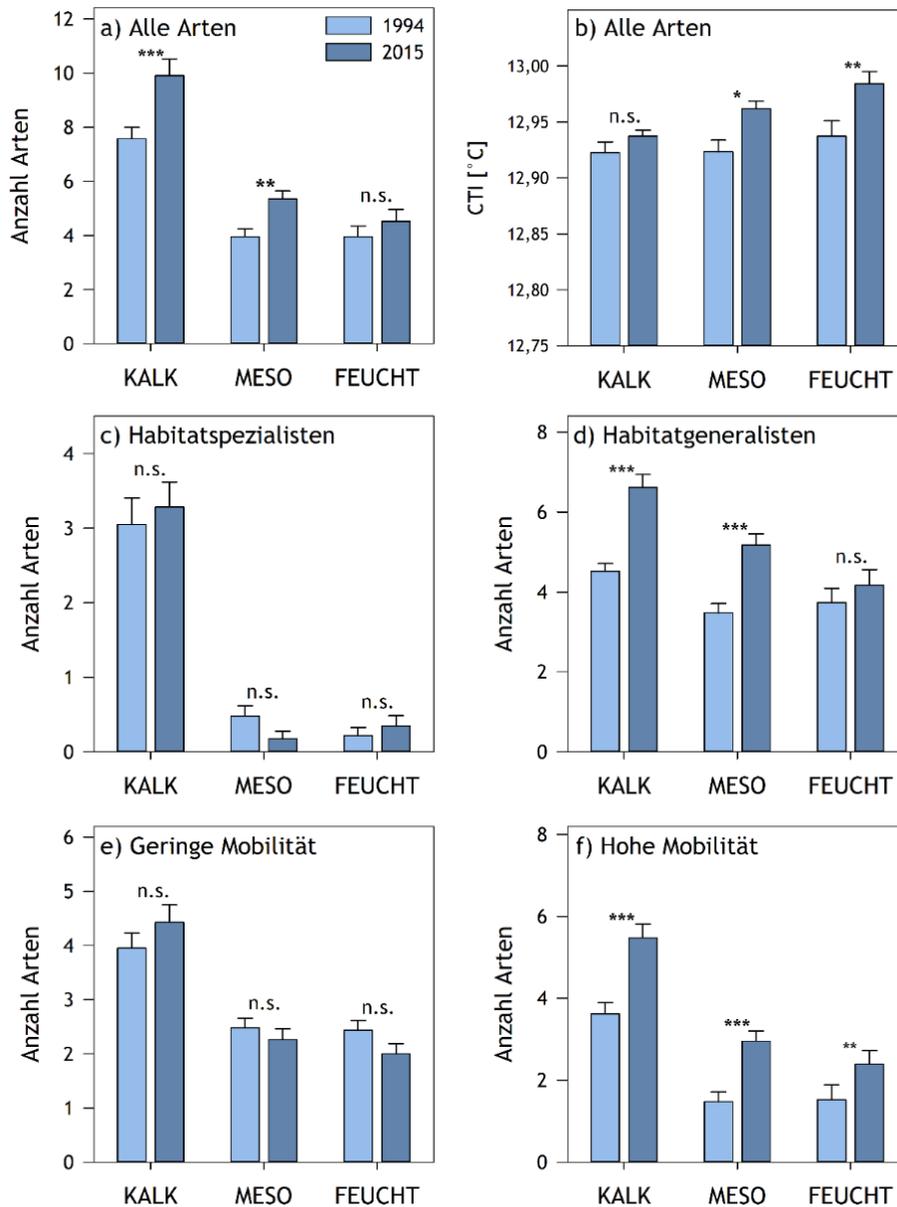


Abb. 1: Mittlere Artenzahl und mittlerer Community-Temperature-Index (CTI) (jeweils  $\pm$  Standardfehler) für alle Heuschreckenarten (a und b), Habitatspezialisten (c), Habitatgeneralisten (d), Arten mit geringer Mobilität (e) und Arten mit hoher Mobilität (f) in Kalkmagerrasen (KALK), im mesophilen Magergrünland (MESO) und im Feuchtgrünland (FEUCHT) der Eifel. n.s. = nicht signifikant, \*\*\*  $P < 0,001$ , \*\*  $P < 0,01$ , \*  $P < 0,05$ . Quelle: Löffler et al. (2019)

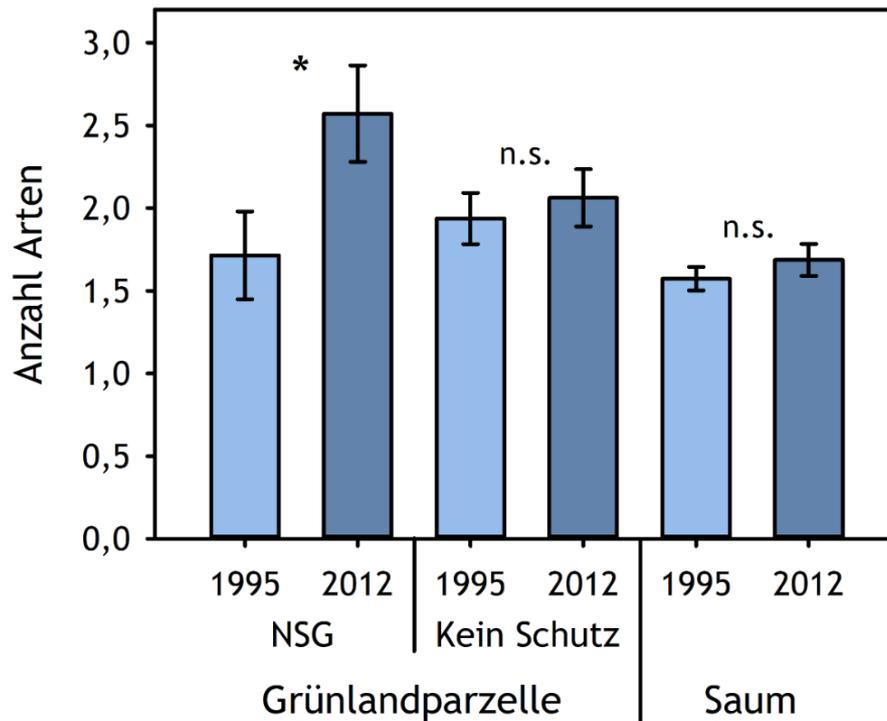


Abb. 2: Mittlere Anzahl ( $\pm$  Standardfehler) an Heuschreckenarten mit geringer Mobilität in flächigen Grünlandparzellen innerhalb und außerhalb von Naturschutzgebieten sowie in Säumen in den Jahren 1995 und 2012 im Münsterland. n.s. = nicht signifikant, \*  $P < 0,05$ . Quelle: Fartmann et al. (2021b), (2022a)

### Textbox 1: Exkurs: Community-Farmland-Index und Community-Temperature-Index.

Die Berechnung der beiden Indizes basiert auf der aktuellen Messtischblatt-Verbreitung der Heuschrecken in Deutschland (Poniatowski et al. 2020). Für jede Heuschreckenart wurden zunächst der Species-Farmland-Index (SFI) und der Species-Temperature-Index (STI) berechnet. Der SFI spiegelt den Anteil an High-Nature-Value-Farmland (HNV-Farmland) am Offenland innerhalb des Verbreitungsgebietes der jeweiligen Art in Deutschland wider (Fumy et al. 2020, Poniatowski et al. 2020). HNV-Farmland umfasst insbesondere artenreiche Lebensräume der Agrarlandschaft (z. B. Magergrünland) und lineare Strukturen innerhalb der Agrarlandschaft (z. B. Säume). Der STI ist definiert als die mittlere Sommertemperatur (April–September) im Verbreitungsgebiet der jeweiligen Art (Löffler et al. 2019, Fumy et al. 2020, Poniatowski et al. 2020). Der Community-Farmland-Index (CFI) bzw. Community-Temperature-Index (CTI) ist der Mittelwert der SFI- bzw. STI-Werte aller Arten in einer Lebensgemeinschaft. Je höher der CFI, desto mehr Arten mit starker Bindung an HNV-Farmland kommen in einer Lebensgemeinschaft vor. Je höher der CTI, desto mehr wärmeliebende Arten beinhaltet die Zönose.

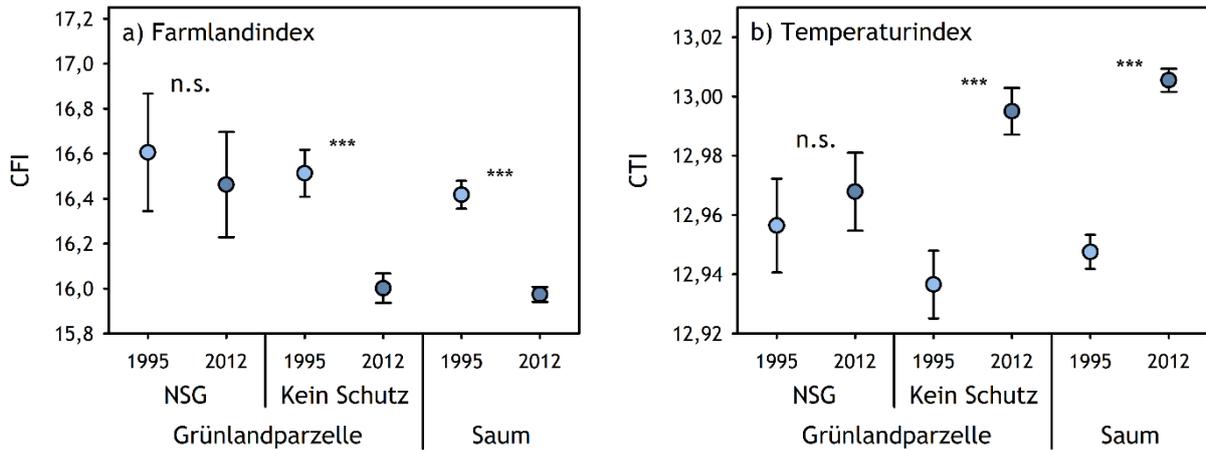


Abb. 3: Mittlerer Community-Farmland- und Temperature-Index (CFI, CTI; jeweils  $\pm$  Standardfehler) der Heuschrecken-Gemeinschaften in flächigen Grünlandparzellen innerhalb und außerhalb von Naturschutzgebieten sowie in Säumen in den Jahren 1995 und 2012 im Münsterland. n.s. = nicht signifikant, \*\*\*  $P < 0,001$ . Quelle: Fartmann et al. (2021b), (2022a)



Abb. 4: Der Bunte Grashüpfer (*Omocestus viridulus*) zählt zu den stärksten Verlierern des Landnutzungs- und Klimawandels im Grünland unter den deutschen Heuschreckenarten. Foto: Gregor Stuhldreher

### 3 Synthese

Keine Heuschreckenart kann aufgrund der starken Habitatfragmentierung in unserer Landschaft mit der Geschwindigkeit des Klimawandels Schritt halten (Fartmann et al. 2021a). Zu den Arten, die vom Temperaturanstieg profitieren, zählen thermophile und gleichzeitig mobile Habitatgeneralisten. Aktuell sind für 26 (32 %) der 81 heimischen Heuschreckenarten Are-

alerweiterungen aufgrund des Klimawandels nachgewiesen (Poniatowski et al. 2018b). In Landschaften, die noch durch eine hohe Habitatkonnektivität gekennzeichnet sind, gibt es inzwischen aber auch Beispiele für weniger mobile Arten, die sich ausbreiten. Zu den Verlierern des globalen Wandels zählen insbesondere boreomontane/hygrophile Arten und Habitatspezialisten (Poniatowski et al. 2018b, Fartmann et al. 2021a). Bisher konnten für insgesamt 6 (7 %) der heimischen Arten Rückgänge aufgrund des Klimawandels dokumentiert werden (Poniatowski et al. 2018b). Die letzten Dürrejahre haben gezeigt, dass inzwischen aber auch immer mehr weit verbreitete Arten frischer oder trockener Standorte unter dem Klimawandel leiden (Fartmann et al. 2022b).

Wie die Arbeiten von Fartmann et al. (2021b, 2022a) belegen, stellen Naturschutzgebiete einen wirksamen Flächenschutz dar und sind von Veränderungen der Landnutzung weniger stark betroffen. Zudem sind sie in gewissen Grenzen resistenter und resilienter gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels. Demgegenüber wirken Luftstickstoffeinträge aber gleichermaßen stark innerhalb und außerhalb der Schutzgebiete (Fartmann et al. 2021a). Insbesondere in Regionen mit intensiver Tierhaltung (NW-Deutschland) haben atmosphärische Stickstoffeinträge stark negative indirekte und direkte Auswirkungen auf die Lebensgemeinschaften (Kurze et al. 2018, Fartmann et al. 2021a).

Ohne gezielte Maßnahmen (z. B. Wiederaufnahme extensiver Beweidung in brachliegendem Grünland) wird sich das Artensterben selbst bei unveränderten Umweltbedingungen fortsetzen (Löffler et al. 2020, Fartmann et al. 2021a). Dies trifft auch auf viele Arten in Naturschutzgebieten zu. Zukünftig werden insbesondere die Habitatverfügbarkeit und der Klimawandel die Verbreitung der Arten in unserer Landschaft bestimmen (Fartmann et al. 2021b). Unter Habitatverfügbarkeit wird hierbei das Angebot sowohl an geeigneten Lebensräumen als auch an Wanderkorridoren bzw. Trittsteinen verstanden.

#### 4 Literaturverzeichnis

- Butchart, S.H., Walpole, M., Collen, B., Van Strien, A., Scharlemann, J.P., Almond, R.E., Baillie, J.E., Bomhard, B., Brown, C. & Bruno, J. (2010): Global biodiversity: indicators of recent declines. – *Science* 328(5982): 1164–1168.
- Cardoso, P., Barton, P.S., Birkhofer, K., Chichorro, F., Deacon, C., Fartmann, T., Fukushima, C.S., Gaigher, R., Habel, J., Hallmann, C.A., Hill, M., Hochkirch, A., Kwak, M.L., Mammola, S., Noriega, J.A., Orfinger, A.B., Pedraza, F., Pryke, J.S., Roque, F.O., Settele, J., Simaika, J.P., Stork, N.E., Suhling, F., Vorster, C. & Samways, M.J. (2020): Scientists' warning to humanity on insect extinctions. – *Biological Conservation* 242, 108426.
- Cooke, R., Mancini, F., Boyd, R.J., Evans, K.L., Shaw, A., Webb, T.J. & Isaac, N.J.B. (2023): Protected areas support more species than unprotected areas in Great Britain, but lose them equally rapidly. – *Biological Conservation* 278, 109884.
- Díaz, S., Settele, J., Brondízio, E., Ngo, H.T., Guèze, M., Agard, J., Arneth, A., Balvanera, P., Brauman, K.A., Butchart, S.H.M., Chan, K.M.A., Garibaldi, L.A., Ichii, K., Lui, J., Subramanian, S.M., Midgley, G.F., Miloslavich, P., Molnár, Z., Obura, D., Pfaff, A., Polasky, S., Purvis, A., Razzaque, J., Reyers, B., Roy Showdhury, R., Shin, Y.J., Visseren-Hamakers, I.J., Willis, K.J. & Zayas, C.N. (2019): Summary for Policymakers of the Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. – IPBES Secretariat, Bonn.
- Fartmann, T., Jedicke, E., Streitberger, M. & Stuhldreher, G. (2021a): Insektensterben in Mitteleuropa: Ursachen und Gegenmaßnahmen. – Eugen Ulmer, Stuttgart.

- Fartmann, T., Poniowski, D. & Holtmann, L. (2021b): Habitat availability and climate warming drive changes in the distribution of grassland grasshoppers. – *Agriculture, Ecosystems & Environment* 320, 107565.
- Fartmann, T., Poniowski, D. & Holtmann, L. (2022a): Effects of land-use and climate change on grasshopper assemblages differ between protected and unprotected grasslands. – *Basic and Applied Ecology* 63: 83–92.
- Fartmann, T., Brüggeshemke, J., Poniowski, D. & Löffler, F. (2022b): Summer drought affects abundance of grassland grasshoppers differentially along an elevation gradient. – *Ecological Entomology* 47: 778–790.
- Fumy, F., Kämpfer, S. & Fartmann, T. (2021): Land-use intensity determines grassland Orthoptera assemblage composition across a moisture gradient. – *Agriculture, Ecosystems and Environment* 315, 107424.
- Fumy, F., Löffler, F., Samways, M.J. & Fartmann, T. (2020): Response of Orthoptera assemblages to environmental change in a low-mountain range differs among grassland types. – *Journal of Environmental Management* 256, 109919.
- Kurze, S., Heinken, T. & Fartmann, T. (2018): Nitrogen enrichment in host plants increases the mortality of common Lepidoptera species. – *Oecologia* 188: 1227–1237.
- Löffler, F., Poniowski, D. & Fartmann, T. (2019): Orthoptera community shifts in response to land-use and climate change – Lessons from a long-term study across different grassland habitats. – *Biological Conservation* 236: 315–323.
- Löffler, F., Poniowski, D. & Fartmann, T. (2020): Extinction debt across three taxa in well-connected calcareous grasslands. – *Biological Conservation* 246, 108588.
- Naeem, S., Duffy, J.E. & Zavaleta, E. (2012): The functions of biological diversity in an age of extinction. – *Science* 336 (6087): 1401–1406.
- Newbold, T., Hudson, L.N., Hill, S.L., Contu, S., Lysenko, I., Senior, R.A., Börger, L., Bennett, D.J., Choimes, A. & Collen, B. (2015): Global effects of land use on local terrestrial biodiversity. – *Nature* 520(7545): 45–50.
- Poniowski, D., Beckmann, C., Löffler, F., Münsch, T., Helbing, F., Samways, M.J. & Fartmann, T. (2020): Relative impacts of land-use and climate change on grasshopper range shifts have changed over time. – *Global Ecology and Biogeography* 29: 2190–2202.
- Poniowski, D., Stuhldreher, G., Löffler, F. & Fartmann, T. (2018a): Patch occupancy of grassland specialists: Habitat quality matters more than habitat connectivity. – *Biological Conservation* 225: 237–244.
- Poniowski, D., Münsch, T., Helbing, F. & Fartmann, T. (2018b): Arealveränderungen mitteleuropäischer Heuschrecken als Folge des Klimawandels. – *Natur und Landschaft* 93(12): 553–561.
- Rada, S., Schweiger, O., Harpke, A., Kühn, E., Kuras, T., Settele, J. & Musche, M. (2019): Protected areas do not mitigate biodiversity declines: a case study on butterflies. – *Diversity and Distributions* 25(2): 217–224.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F.S., Lambin, E.F., Lenton, T.M., Scheffer, M., Folke, C. & Schellnhuber, H.J. (2009): A safe operating space for humanity. – *Nature* 461(7263): 472–475.
- Streitberger, M., Ackermann, W., Fartmann, T., Kriegel, G., Ruff, A., Balzer, S. & Nehring, S. (2016): Artenschutz unter Klimawandel: Perspektiven für ein zukunftsfähiges Handlungskonzept. – *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 147: 1–367.

**Adresse des Autors:**

Prof. Dr. Thomas Fartmann

Abteilung für Biodiversität und Landschaftsökologie

Universität Osnabrück

Barbarastraße 11

49076 Osnabrück

E-Mail: [t.fartmann@uos.de](mailto:t.fartmann@uos.de)



## **Wattenmeer-Nationalparke unter dem Einfluss von Klimawandel und Nutzungsänderungen aus vegetationskundlicher Perspektive**

Carsten Hobohm

### **Zusammenfassung**

Aufgrund der exponierten Lage und der oft linienartigen, uferparallelen Strukturen üben Klimawandel, Extremwetterereignisse und die veränderte Nutzung einen vergleichsweise starken Einfluss auf die Existenz der Lebensgemeinschaften an der Küste aus.

Veränderte physikochemische Bedingungen, die artifizielle Einschränkung der natürlichen Dynamik insbesondere in den höhergelegenen Zonen der Salzwiesen und im Bereich der Strände und Platen sowie der Nutzungsdruck an den Stränden haben teilweise zu deutlich veränderten Artzusammensetzungen und Flächenverteilungen von Lebensgemeinschaften geführt. Insofern sind Maßnahmen im Sinne des Küstenschutzes vor dem Hintergrund der Bedeutung einer natürlichen Dynamik für Nationalparke an der Küste und ihre Lebensgemeinschaften immer wieder neu aufeinander abzustimmen.

Dabei stellt sich auch die Frage nach der Notwendigkeit der Festlegung von Salzwiesen und Dünen in Bereichen positiver Sedimentbilanz, der Notwendigkeit der Wegführung und Befestigung von Wegen, aber auch die der Beweidung ausgewählter Salzwiesen- und Dünenbereiche.

Der Einsatz von Pestiziden und Düngemitteln in der Landwirtschaft, aber auch Baggerarbeiten in den Unterläufen von Flüssen haben maßgeblichen Einfluss auf die Umweltbedingungen in den Wattenmeer-Nationalparken, selbst wenn die Tätigkeiten fern der Küste durchgeführt werden. Eine deutliche Reduktion der Fracht von Nähr- und Trübstoffen im Flachwasser der südlichen Nordsee bleibt ein wichtiges Ziel des Naturschutzes innerhalb und außerhalb der Wattenmeer-Nationalparke.

### **Summary**

Due to the exposed location and structures often parallel to the coastline, climate change, extreme weather events and land use change have a relatively strong influence on the existence of coastal communities. The effects of climate change over the past decades on the distribution of ecosystems, plant communities and their composition of species are difficult to detect, except changes in the range of individual species. Storm surges have not increased significantly and the thesis of the drowning landscape in the course of sea level rise cannot adequately explain the area distribution of coastal ecosystems. On the other hand, quantitative and qualitative changes in the living environment can largely be traced back to historical and current environmental conditions under the influence of land use. Changed physicochemical conditions, the artificial limitation of the natural dynamics, especially in the higher zones of the salt marshes and in the beaches and sand planes, as well as the pressure of use on the beaches, had a significant influence on species compositions and area distributions of communities. This also raises the question of the need to fasten salt marshes and dunes in areas with a positive sediment balance, but also the need of grazing in selected salt marsh and dune areas. The use of pesticides and fertilizers in agriculture, but also dredging in the lower reaches of rivers have a significant impact on the environmental conditions in the Wadden Sea National Parks, even if the activities are carried out far from the coast. A significant reduction of

anthropogenic turbidity in the shallow waters of the southern North Sea remains an important goal of nature conservation inside and outside the Wadden Sea National Parks. In order to be able to better assess the combined effects, it would make sense to intensify and standardize the monitoring of the abiotic environment and the monitoring of land use and land cover.

## 1 Einleitung

In keiner anderen Ökozone der Erde sind ökonomische Interessen – Welthandel, Bautätigkeiten, Fischerei, Tourismus etc. – räumlich so eng mit Belangen des Natur- und Umweltschutzes verbunden wie an den Küsten. Dabei sind die Ziele von Küstenschutzmaßnahmen traditionell andere als die des Naturschutzes und es werden unterschiedliche Vorstellungen bedient. In einem Fall wird die *zerstörerische Wirkung* des Meeres betont, im anderen die *natürliche Dynamik*.

Menschen und ihre Güter an der Nordsee werden gegen schwere Sturmfluten geschützt, es werden Deckwerke und Deiche gebaut, erhöht, gepflegt und weitere Maßnahmen zum Schutz der Küsten durchgeführt.

Im Naturschutz steht die Erhaltung der natürlichen Prozesse und der Biodiversität im Vordergrund der Maßnahmen.

Sowohl für den Küstenschutz als auch für den Naturschutz stellt sich die Frage, wie das Gebietsmanagement den Herausforderungen durch den Klimawandel entsprechend anzupassen ist.

Die Bedrohung der Menschheit durch den globalen Klimawandel, Extremwetterereignisse und der steigende Meeresspiegel gehören derzeit zu den Themen, die ausgiebig in den Medien diskutiert werden. Dabei ist zu klären, wie sich Klimawandel und Extremwetterereignisse im Bereich der Nordseeküste auswirken und was für den Schutz von Mensch und Natur vorrangig zu leisten ist.

Klima- und Landnutzungswandel haben in den vergangenen Jahrzehnten und Jahrhunderten an der Küste zu stark veränderten ökologischen Bedingungen und Kompositionen von Landschaften, Ökosystemen, Pflanzen- und Tiergemeinschaften geführt.

Darüber hinaus gibt es eine Reihe von direkten Veränderungen z. B. durch Bautätigkeiten und Küstenschutzmaßnahmen, aber auch von schleichenden Veränderungen in der Landnutzung, zu denen u. a. Konzentrationsänderungen chemischer Komponenten im Wasser und in der Luft zu rechnen sind.

Im vorliegenden Beitrag geht es vorrangig um die empirisch nachweisbaren Auswirkungen des Klimawandels und der Nutzung in den Ökosystemen der Nationalparke des Wattenmeeres.

## 2 Material und Methoden

Im Gebiet des Wattenmeeres gibt es sechs Nationalparke im direkten Einflussbereich des Meeres: den Nationalpark Dünen von Texel (seit 2000) und den Schiermonnikoog National Park (seit 1989) in den Niederlanden, drei Nationalparke der an der deutschen Nordseeküste befindlichen Bundesländer (seit 1985–1990) und den Nationalpark Vadehavet an der südlichen Westküste Dänemarks (seit 2010). Der Lauwersmeer Nationalpark an der niederländischen Küste (seit 2016) ist dem Einfluss des Meeres weitestgehend entzogen.

Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf den Küstenraum des Wattenmeeres mit seinen Nationalparken und den entsprechenden Flachmeer-, Salzwiesen- und Dünengebieten von den Niederlanden bis nach Dänemark. Sie stellen im Wesentlichen eine Zusammenfassung aktueller Tendenzen dar, die teilweise bereits sehr ausführlich dargestellt wurden (u. a. Lammerms et al. 2009, De Groot et al. 2017, Marcenò et al. 2018, Hobohm et al. 2022).

Dabei wird das Augenmerk insbesondere auf den Klimawandel, auf veränderte abiotische Bedingungen in den Küstengewässern sowie langfristige Veränderungen der Nutzung charakteristischer Vegetationseinheiten und Lebensraumtypen gelegt. Für Seegraswiesen (Lebensraumtyp LRT 1160), Quellerwatten i. w. S. und Salzwiesen (LRT 1310, 1320, 1330), Strandhafer-Weißdünen (LRT 2120), Graudünen mit krautiger Vegetation (LRT 2130), feuchte Dünentäler (LRT 2190), Sandstrand-, Schill- und Geröllstrand sowie Sloop- und Flugsandplatten (Abb. 1) werden literaturgestützt Einschätzungen zur Entwicklung und zum Schutzstatus gegeben.

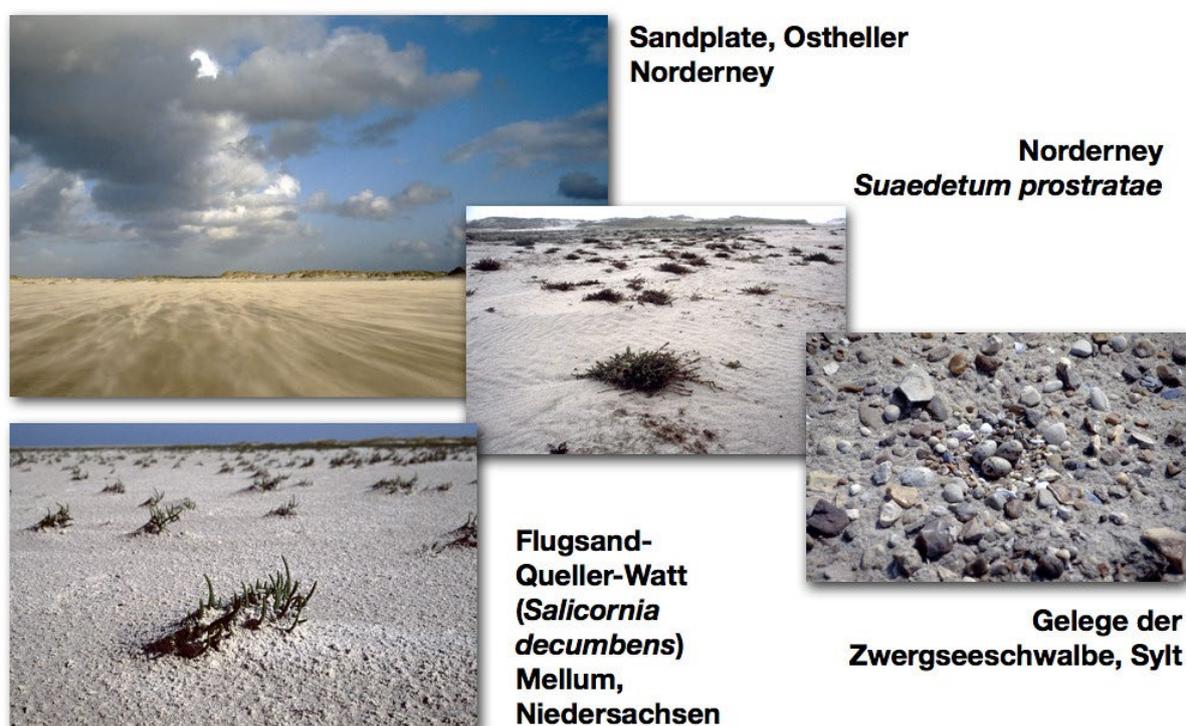


Abb. 1: Nicht oder spärlich bewachsene Sandplatten und nur wenig betretene Strandabschnitte gehören zu den seltenen bzw. bedrohten Habitaten der Wattenmeer-Nationalparke. Fotos: C. Hobohm

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Klimawandel in Norddeutschland, Meeresspiegelanstieg und Sturmfluten

Nach den beim Deutschen Wetterdienst veröffentlichten Zeitreihen für ausgewählte Klimadaten ([www.dwd.de/DE/leistungen/zeitreihen](http://www.dwd.de/DE/leistungen/zeitreihen); letzter Zugriff: 28.12.2022) weisen die linearen Trends für Norddeutschland auf einen auch für das gesamte Bundesgebiet nachweisbaren Klimawandel seit etwa 140 Jahren hin (Tab. 1).

Tab. 1: Klimawandel in Norddeutschland von 1881–2021 (Werte linearer Trends bzw. Durchschnittswerte)

Parameter	Schleswig-Holstein	Niedersachsen, Bremen, Hamburg
Durchschnittliche Jahrestemperatur im Zeitraum von 1961 bis 1990 (Spanne von 2012 bis 2021)	8,3 °C (8,8–10,5 °C)	8,6 °C (9,1–10,9 °C)
Veränderung der Durchschnittstemperatur von 1881 bis 2021	+1,5 K	+1,7 K
Durchschnittliche Niederschlagsrate im Zeitraum 1961 bis 1990 (Spanne 2012 bis 2021)	788 mm/a (578–999 mm/a)	746 mm/a (512–891 mm/a)
Veränderung der Niederschlagsraten von 1881 bis 2021 (pro Jahr)	+126 mm/140 a (+0,9 mm/a)	+83 mm/140 a (+0,6 mm/a)

Die Durchschnittstemperaturen lagen in Norddeutschland in den vergangenen Jahren (2012–2021) zwischen 8,8 und 10,9 °C. Der Anstieg der Temperatur seit 1881 liegt bei etwa 1,5 bis 1,7 K.

Die in Norddeutschland gemessenen Niederschlagsraten der Jahre 2012 bis 2021 lagen zwischen 512 und 999 mm. Seit 1881 sind die Niederschläge über den gesamten Zeitraum um etwa 83 bis 126 mm bzw. um 0,6 bis 0,9 mm pro Jahr entsprechend der linearen Regression gestiegen. In Norddeutschland ist es also seit 1881 signifikant wärmer und feuchter geworden, auch wenn die Jahre nach 2010 im Durchschnitt wieder relativ trocken gewesen sind.

Nach Angaben des Niedersächsischen Landesbetriebes für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) zu vergangenen Pegelständen ([www.nlwkn.niedersachsen.de/startseite/hochwasser\\_kustenschutz](http://www.nlwkn.niedersachsen.de/startseite/hochwasser_kustenschutz); letzter Zugriff: 28.12.2022) ist das Meer in den vergangenen hundert Jahren an der niedersächsischen Küste im Zuge der allgemeinen Erwärmung um ca. 25 cm angestiegen.

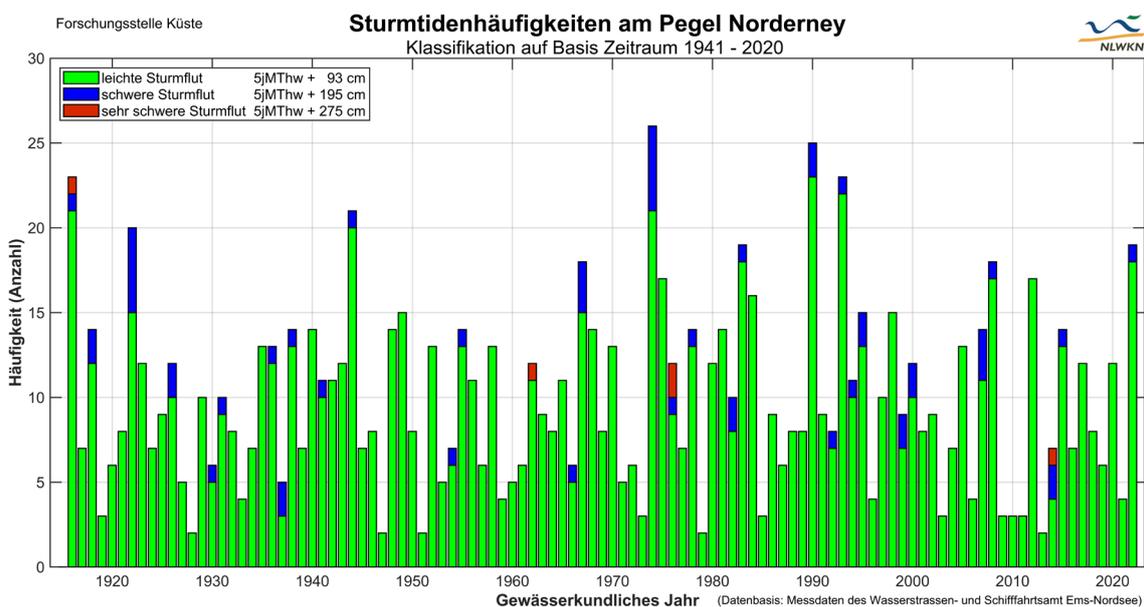


Abb. 2: Häufigkeit von Sturmfluten am Pegel Norderney von 1916 bis 2022. Quelle: NLWKN 2023 (Wiedergabe der Grafik mit Genehmigung des NLWKN in lit. v. 03.01.2023)

Die Darstellung der Sturmtidenhäufigkeiten am Pegel Norderney (Abb. 2) und die Ausführungen des NLWKN zur Frage der Zunahme von Sturmfluten aufgrund des Klimawandels ([nlwkn.niedersachsen.de/startseite/hochwasser\\_kustenschutz/-kustenschutz](http://nlwkn.niedersachsen.de/startseite/hochwasser_kustenschutz/-kustenschutz); letzter Zugriff: 03.01.2023) weisen darauf hin, dass es eine signifikante Zunahme der Sturmflutereignisse zumindest an der niedersächsischen Küste nicht gibt. Die Schwankungen während der vergangenen hundert Jahre waren ohne klare Tendenz teilweise beträchtlich. In einzelnen Jahren gab es gleich mehrere schwere oder sogar sehr schwere Sturmfluten, dann über mehrere Jahre keine einzige.

### 3.2 Veränderungen der abiotischen Bedingungen im Flachwasser der südöstlichen Nordseeküste

Zu den für pflanzliche und tierische Organismen wichtigen Umweltparametern in den Flachwasserbereichen des Wattenmeeres gehören u. a. Nährstoffgehalte und Sichttiefen.

Für die Nährstoffe, insbesondere Gesamt-P- und Gesamt-N-Gehalte, konnte für das 20. Jahrhundert eine starke Zunahme festgestellt werden. Im Zeitraum 1978–2002 lagen die herbstlichen Ammonium- und Nitritgehalte in trockenen Jahren etwa drei und in feuchten Jahren bis sieben Mal so hoch wie in der vorindustriellen Zeit. Dagegen gab es im Zeitraum von 1990 bis 2017 leichte Rückgänge bei den Gesamtphosphat- und Gesamtstickstoffgehalten an der deutsch-dänischen Nordseeküste (von Beusekom 2005, EEA 2019).

Die Sichttiefe, die wesentlich über die Frage einer positiven Fotosynthesebilanz bei den Wasserpflanzen und damit über deren Existenz mitentscheidet, gehört zu den traditionell stark vernachlässigten Parametern der Küstenforschung. Für die gesamte südliche und östliche Nordsee gibt es vermutlich keine einzige Zeitreihe, aus der langfristige Veränderungen der Sichttiefen hergeleitet werden könnten. Von Hobohm (1993) wurde angenommen, dass eine Wiederbesiedlung der eulitoralischen Bereiche im Wattenmeer von *Zostera marina* subsp. *marina* aufgrund der starken Trübung nicht möglich ist. Diese Annahme wird auch durch die Tatsache unterstützt, dass die Art im Flachwasser der Ostsee unter ähnlichen Trophieverhältnissen,

aber im Durchschnitt in klarerem Wasser verbreitet ist (Goor 1921, Hobohm 1992, Aarup 2002, HELCOM 2009, Stock 2015; vgl. Abb. 2).

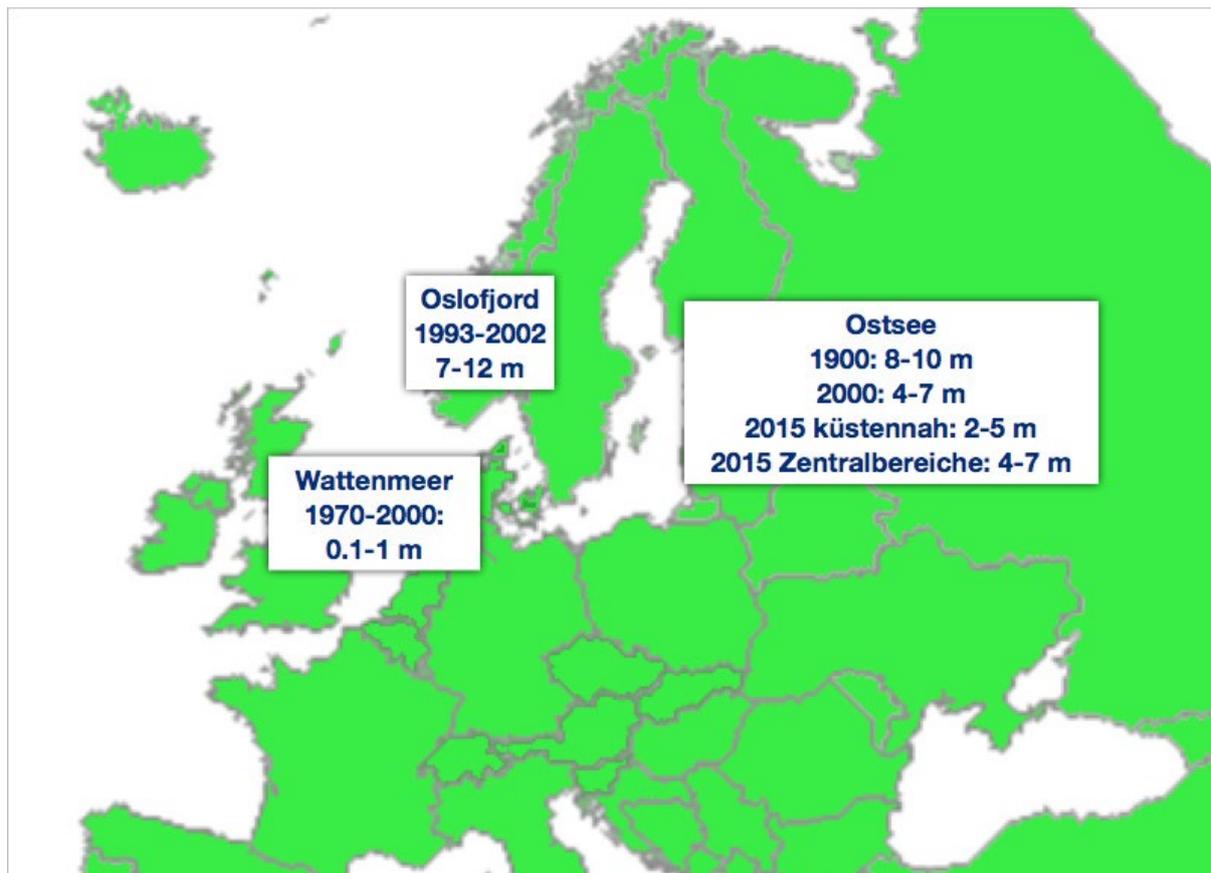


Abb. 3: Durchschnittliche Sichttiefen im Wattenmeer, Oslofjord und in der Ostsee. Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Aarup 2002, Stock 2015

### 3.3 Veränderungen in der Nutzung

Salzwiesen, Dünen und Dünentäler wurden traditionell durch Beweidung, Mahd und z. T. auch zur Torfgewinnung genutzt. Aufkommende Gehölze wurden zur Gewinnung von Brennmaterial abgeholzt, und die Inseln und Küsten des Wattenmeeres waren abgesehen von den Höfen und Dörfern weithin baum- und waldfreie Offenlandschaften. Die Beweidungsintensität stieg im 20. Jahrhundert stark an und erreichte aufgrund von Subventionen zwischen 1960 und der Einrichtung von Nationalparks 1985 in Schleswig-Holstein und 1986 Niedersachsen ihren Höhepunkt. In diesem Zeitraum waren nur noch etwa 7 % der Salzmarschen unbeweidet, 13 % waren extensiv beweidet und 80 % unterlagen einer intensiven Nutzung durch Mahd und Beweidung. Auch Dünengebiete wurden teilweise noch bis in die zweite Hälfte des 20. Jahrhunderts beweidet. Diese Nutzungsform wurde in den Dünen bis auf kleinste Reste zum Beispiel im Listland auf Sylt nahezu komplett eingestellt. Gegen Ende des vergangenen Jahrhunderts wurden Salzwiesen entlang der niederländisch-deutsch-dänischen Nordseeküste nur noch etwa zu einem Drittel intensiv genutzt, ein Viertel wurde extensiv beweidet und 42 % wurden nicht mehr landwirtschaftlich genutzt.

Zum Schutz der Bevölkerung vor Sturmfluten und zur Sicherung der Festlandsbereiche werden Küstenschutzmaßnahmen durchgeführt. Während im Naturschutz die Erhaltung der natürlichen Prozesse, zu denen auch die natürliche Dynamik gehört, zu den wertbestimmenden Zie-

len gehört, geht es im Küstenschutz um Maßnahmen wie die Errichtung von Deckwerken, den Bau von Buhnen und Deichen, die Einrichtung und Pflege von Lahnungsfeldern sowie die Verwendung von natürlichen und künstlichen Materialien zur Fixierung von Sedimenten, die in aller Regel zu einer Verringerung der Dynamik bzw. Festlegung von Sedimenten beitragen sollen. Insofern gibt es hier einen Zielkonflikt, der u. a. durch ein abgestimmtes Flächenmanagement zu lösen ist. Aktuell ist eine rigorose Nullnutzung (Prozessschutz) wie etwa im Bayerischen Wald mit Blick auf den Schutz der Bevölkerung und Siedlungen nicht möglich, die Fortsetzung jahrzehntelanger Bemühungen zur Festlegung von Dünen und Salzwiesen, insbesondere in Bereichen positiver Sedimentbilanz, aber durchaus mit Blick auf Zielarten wie bodenbrütende Küstenvögel im Naturschutz zu diskutieren (u. a. Stock & Kiehl 2000, Arens 1997, Gettner 2003, Petersen & Pott 2005, Stock 2013, Hobohm et al. 2022).

### 3.4 Veränderungen in der Vegetation

#### 3.4.1 Seegraswiesen

Submerse (eulitorale) Seegraswiesen, die von *Zostera marina* subsp. *marina* dominiert sind, existieren etwa seit 1930 im Bereich des Wattenmeeres nicht mehr. Obwohl die Trophieverhältnisse der südöstlichen Nordsee in den letzten Jahren leicht positive Tendenzen erkennen lassen, ist anzunehmen, dass die Möglichkeit einer Wiederbesiedlung allein aufgrund der im Durchschnitt extrem geringen Sichttiefe von 0,1 bis 1 Meter nicht möglich ist. Experimente zur Wiederansiedlung in den Niederlanden waren bislang nicht erfolgreich. Von *Zostera angustifolia* und *Z. noltii* dominierte Seegrasrasen im Eulitoral kommen dagegen in Niedersachsen noch vor und sind in Schleswig-Holstein recht verbreitet (Michaelis et al. 1971, Den Hartog & Poldermann 1975, Short & Wyllie-Echeverria 2000, Ralph & Short 2002, Santos et al. 2019, Drachenfels 2021, Govers et al. 2022, Hobohm et al. 2022).

#### 3.4.2 Quellergesellschaften

Von Queller (*Salicornia* div. spec.) und/oder Sode (*Suaeda maritima*) dominierte Gesellschaften sind im Eulitoral der Nationalparke weit verbreitet. Dominanzbestände vom Flugsand-Queller (*Salicornia procumbens*) auf relativ hoch gelegenen und nicht regelmäßig überfluteten Sandplatten dürften dagegen in den vergangenen Jahrzehnten stark an Fläche eingebüßt haben. Flugsand-Queller-Bestände kommen nahezu ausschließlich auf den Inseln vor, und die bevorzugten Bereiche der Platten sind in den vergangenen Jahrzehnten teilweise von Dünen- und Salzwiesenvegetation erobert worden. Über mögliche Gründe wie Eutrophierung, Reduktion der natürlichen Dynamik u. a. liegen bislang keine gesicherten Erkenntnisse vor.

Die Dornmelde (*Spirobassia hirsuta*) baut stellenweise eine eigene Dominanzgesellschaft auf. Diese Gesellschaft kommt aktuell im Gebiet des schleswig-holsteinischen Nationalparks vor. In diesem Fall ist sogar von einer leicht positiven Entwicklung auszugehen (König 1960, Hobohm 1993, Daumann 1990, Preising et al. 1994, Gettner 2011, NetPhyd & BfN 2013, vgl. auch FloraWeb: <https://floraweb.de/webkarten>; letzter Zugriff: 03.03.2022, Jörg Petersen und Moritz Padlat, persönl. Mitteilung im Juni und Juli 2022).

#### 3.4.3 Salzwiesen

Die Gesamtfläche der mehr oder weniger geschlossenen Salzwiesen bzw. Salzrasen ist im Bereich der Wattenmeer-Nationalparke trotz Meeresspiegelanstieg nicht kleiner geworden. Flächenmäßige Veränderungen einzelner Gesellschaften entsprechen dagegen dem Nutzungswandel. So sind stark beweidete Andel- und Boddensinsenrasen seit Einrichtung der Nationalparke zurückgegangen, während von Keilmelde (*Halimione portulacoides*), Wermut (*Arte-*

*misia maritima*), Quecken (*Elymus* spp.) oder anderen höherwüchsigen Arten dominierte Gesellschaften zugenommen haben. Einige von Natur aus relativ seltene Gesellschaften mit Halophyten wie *Blysmus rufus*, *Oenanthe lachenalii*, *Bupleurum tenuissimum*, *Carex distans*, *Carex extensa*, *Centaurium litorale* oder *Sagina nodosa* profitieren von einer höheren Dynamik. In vielen Fällen kann eine extensive Beweidung der Erhaltung dienlich sein (Beeftink 1959, 1965 und 1977, Beeftink et al. 1983, Groenendijk 1984, Rahmann et al. 1987, Scherfose 1990 und 1993, Bernhardt 1993, Lenssen et al. 1995, Meyer et al. 1995, Pott 1995, Meyer & Reinke 1996, Kiehl 1997, Jutila 1998, Wilmanns 1998, Sieger 2004, Ellenberg & Leuschner 2010, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein 2021, von Drachenfels 2021).

#### 3.4.4 Weißdünen

Weißdünen befinden sich in aller Regel an der seewärtigen Seite geschlossener Dünenzüge. Das Dünenwachstum profitiert dabei von der Verwehung des abtrocknenden Sandes an den Stränden bzw. Platen und von Sandvorspülungen, wie sie an seewärtigen Seiten der Inseln vorgenommen werden.

Insbesondere in Ortsnähe werden Dünen vielfach im Sinne des Küstenschutzes z. B. durch Buschwerk, Strandhaferpflanzungen, aber auch weitere technische Maßnahmen festgelegt. Diese häufig rechtwinklig angelegten Maßnahmen kann man auf Satellitenbildern auf den friesischen Inseln sowohl in den Weiß- wie auch Graudünenbereichen ausmachen. Dabei kamen und kommen alle möglichen Materialien von Buschwerk über Teek – von Deichen entferntes Spülsaummaterial – bis hin zu Kunststoffen, insbesondere zur Befestigung der Strandübergänge, zum Einsatz. Ortsferne Weißdünen können sich teilweise der natürlichen Dynamik entsprechend entwickeln, sie wurden und werden andererseits aber auch zum Stechen von Helm (*Ammophila arenaria* und *Ammocalamagrostis x baltica*) genutzt (Pott 1996, Petersen & Pott 2005, Isermann & Kiehl 2007, De Groot et al. 2017, Kloepper et al. 2017).

#### 3.4.5 Graudünen

Festliegende Dünen mit krautiger Vegetation gibt es in sehr unterschiedlicher Artenzusammensetzung. Der Pflanzenartenreichtum der Graudünen wird durch die Entwicklungsdauer, den Basenreichtum im Oberboden, Dynamik z. B. durch Wind, Tritt und/oder extensive Beweidung beeinflusst. Zum einen wegen der Aufgabe der Beweidung, zum anderen durch die Fixierung der Dünen aufgrund von Sandfangzäunen, Pflanzungen, Buschwerk, Teek sind blumenbunte, artenreiche Graudünengesellschaften selten geworden und z. T. durch Neophyten wie *Rosa rugosa* oder stark verfilzte Rasen mit höheren Anteilen von einst dünenuntypischen Nitrophyten wie Brennesseln (*Urtica dioica*) und Moosdecken von *Campylopus introflexus* ersetzt worden. Kleinräumig können sich Ruderalarten z. B. infolge anthropogener Einflüsse oder nach dem Brutgeschäft in Möwenkolonien stark ausbreiten.

Da die allermeisten Dünenbereiche derzeit nicht kleiner werden, wäre es leicht möglich, alte Küstenschutzmaterialien wie Kunststoffe oder Zäune aus Buschwerk zu entfernen und wieder mehr Erosion, Sedimentation und Pionierstandorte zu gewährleisten. Größere Dynamik begünstigt auch die Entstehung sekundärer Dünentäler. Aufgrund des hohen Prädatorendrucks wäre dann immer noch fraglich, ob die offenen Flächen auch von bodenbrütenden Vögeln angenommen werden können (Pott 1996, Ketner-Oostra & Sykora 2004, Provoost et al. 2004, Petersen & Pott 2005, Isermann & Kiehl 2007, Hantson et al. 2010).

### 3.4.6 Dünentäler

Dünetäler entstehen als primäre Täler durch das Aufwachsen von Dünenzügen, die als Barriere gegen Überflutungen mit Salzwasser wirken, und als sekundäre durch Erosion. Je nach Intensität des Einflusses von Meerwasser, Alter der Dünen, Dauer der Bodenentwicklung, Veränderung der hydrologischen Bedingungen – Trinkwassergewinnung, Zunahme von organischem Material, Abnahme des pH-Wertes – entwickeln sich ganz unterschiedliche Sukzessionsstadien. Obwohl sie im Vergleich zu Dünen eine viel kleinere Fläche einnehmen, sind sie insgesamt sehr unterschiedlich zusammengesetzt und reich an Arten und Pflanzengesellschaften. Vielfach handelt es sich um hochcharakteristische Sukzessionsstadien, die sich von Insel zu Insel deutlich unterscheiden.

Primäre Dünetäler werden auf Dauer nicht mehr entstehen können, wenn keine neuen Dünenketten wachsen, und das wäre auch ohne Meeresspiegelanstieg irgendwann zu erwarten. Sekundäre Dünetäler können nur entstehen, wenn die Erosion bis hinab zur Süßwasser- oder Brackwasserlinse zugelassen wird. Es ist generell sicherlich nicht möglich, alle Artenzusammensetzungen an Ort und Stelle zu erhalten. Insofern stellt sich die Frage, wie die Umweltfaktoren und Prozesse zu managen sind, um die Biodiversität im Bereich des Wattenmeeres insgesamt erhalten zu können. Dabei hat sich u. a. gezeigt, dass die Entfernung der dichten Vegetation und obersten Bodenschichten einen wichtigen Beitrag zu einer positiven Entwicklung z. B. von Kreuzkrötenpopulationen (*Epidalea calamita*) beitragen kann. Von entsprechenden Maßnahmen konnten auch autochthone Populationen der sehr seltenen Sumpf-Weichorchis (*Hammarbya paludosa*) auf der dänischen Insel Rømø profitieren (Petersen 2000, Petersen & Pott 2005, Hagen et al. 2008, Rohani et al. 2014, Millett & Edmondson 2019 sowie eigene unveröff. Beobachtungen).

## 4 Diskussion

Trotz trilateraler Zusammenkünfte, Überwachungs- und Bewertungsprogramme (TMAP) im Hinblick auf Arten, Pflanzengesellschaften, Lebensraumtypen, geomorphologische, hydrologische und Nutzungsänderungen in den Niederlanden, Deutschland und Dänemark sind die Erfassungsmethoden immer noch uneinheitlich und Erkenntnisse z. T. lückenhaft. Die Länder inkl. Bundesländer verwenden z. T. unterschiedliche Kartiereinheiten und Zeiträume, und eine flächendeckende Übersicht zu aktuellen Nutzungsformen, Pflanzengesellschaften und anthropogenen Einflüssen sowie deren Veränderungen im Laufe der Zeit existiert weder für das gesamte Gebiet noch für die einzelnen Nationalparke.

## 5 Fazit

Auswirkungen des Klimawandels der vergangenen Jahrzehnte auf die Verbreitung der Ökosysteme, Pflanzengesellschaften und deren Artenzusammensetzungen sind, abgesehen von Arealveränderungen einzelner Arten, insgesamt nur schwerlich nachweisbar. Sturmfluten haben nicht signifikant zugenommen und die These von der ertrinkenden Landschaft im Zuge des Meeresspiegelanstiegs kann die Flächenverteilung von Küstenökosystemen nicht hinreichend erklären. Auf der anderen Seite lassen sich quantitative und qualitative Veränderungen der Lebewelt ganz überwiegend auf historische und aktuelle Umweltbedingungen unter dem Einfluss der Nutzung zurückführen.

Um Auswirkungen in ihrer Kombination besser beurteilen zu können, wäre es sinnvoll, das Monitoring der abiotischen Umwelt und Auswirkungen der Nutzung auch im Umfeld der Nationalparke zu intensivieren und zu vereinheitlichen.

## 6 Literaturverzeichnis

- Aarup, T. (2002): Transparency of the North Sea and Baltic Sea – a Secchi depth data mining study. – *Oceanologia* 44: 323–337.
- Arens, S. (1997): Vegetationsentwicklung der Leybucht von 1948–1996. – Forschungsstelle Küste, Nieders. Landesamt für Ökologie, Norderney.
- Beeftink, W.G. (1959): Some notes on Skallingens salt marsh vegetation and its habitat. – *Acta Bot. Neerland.* 8: 449–472.
- Beeftink, W.G. (1965): De zoutvegetatie van ZW-Nederland beschouwd in Europees Verband. – *Meded. Landbouwhogeschool Wageningen.*
- Beeftink, W.G. (1977): The coastal salt marshes of western and northern Europe: an ecological and phytosociological approach. In: Chapman, V.J. (Hrsg.): *Wet coastal ecosystems (Ecosystems of the world 1)*. Elsevier, Amsterdam [u. a.]: 109–155.
- Beeftink, W.G., Rozema, J. & Huiskes, A.H.L. (1983): *Ecology of coastal vegetation*. – Junk Publishers, Dordrecht/Boston/Lancaster.
- Bernhardt, K.G. (1993): Untersuchungen zur Besiedlung und Dynamik der Vegetation von Sand- und Schlickpionierstandorten. – Diss. Univ. Berlin.
- Beusekom, J.E.E. van (2005): A historic perspective on Wadden Sea eutrophication. – *Helgol. Mar. Res.* 59: 45–54.
- Daumann, A. (1990): Die Vorlandvegetation von St. Peter-Ording. – Diplomarbeit Geogr. Institut Univ. Hamburg.
- De Groot, A.V., Janssen, G.M., Isermann, M., Stock, M., Glahn, M., Arens, B., Elschot, K., Hellwig, U., Petersen, J., Esselink, P., Van Duin, W., Körber, P., Jensen, K., Hecker, N. (2017): Wadden Sea Quality Status Report: Beaches and dunes. In: Kloepper, S. et al. (Hrsg.): *Wadden Sea Quality Status Report 2017*. Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven.
- Den Hartog, C. & Poldermann, J.G. (1975): Changes in the seagrass populations of the Dutch Waddenzee. – *Aquat. Bot.* 1: 141–147.
- Drachenfels, O. von (2021): Kartierschlüssel für Biotoptypen in Niedersachsen unter besonderer Berücksichtigung der gesetzlich geschützten Biotope sowie der Lebensraumtypen von Anhang I der FFH-Richtlinie. – *Natursch. Landschaftspfl. Niedersachs.* A/4.
- EEA (European Environment Agency) (2019): Nutrient enrichment and eutrophication in Europe's seas: Moving towards a healthy marine environment. – EEA Report 14/2019, Kopenhagen.
- Ellenberg, H. & Leuschner, C. (2010): *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen: in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht*. – 6. Aufl. Ulmer, Stuttgart.
- Gettner, S. (2003): Vegetationsveränderungen in Festland-Salzmarschen an der Westküste Schleswig-Holsteins – elf Jahre nach Änderung der Nutzungen. – *Kieler Notizen Pflanzenkde. Schl.-Holst. Hmb.* 30: 69–83.
- Gettner, S. (2011): Vegetationskundliche Untersuchungen im Vorland von St. Peter-Ording. – *Mitt. Arbeitsgem. Geobot. Schl.-Holst. Hmb.* 67: 89–167.
- Goor, A.C.J. van (1921): Die *Zostera*-Association des holländischen Wattenmeeres. – *Recl. Trav. Bot. Néerl.* 18: 103–123.
- Govers, L.L, Heusinkveld, J.H.T., Gräfnings, M.L.E., Smeele, Q. & van der Heide, T. (2022): Adaptive intertidal seed-based seagrass restoration in the Dutch Wadden Sea. – *PLoS ONE* 17(2): e0262845.
- Groenendijk, A.M. (1984): Primary production of four dominant saltmarsh angiosperms in the SW Netherlands. – *Vegetatio* 75: 143–152.

- Hagen, H.G.J.M. van der; Geelen, L. & Vries, C. de (2008): Dune slack restoration in Dutch mainland coastal dunes. – *J. Nature Cons.* 16 (1): 1–11.
- Hantson, W., Kooistra, L. & Slim, P.A. (2010): Alien and invasive woody species in the dunes of the Wadden Sea Island of Vlieland: a remote sensing approach. (Alterra-report; No. 2101). Alterra. <https://edepot.wur.nl/159098> (letzter Zugriff: 02.08.2023).
- HELCOM (2009): Eutrophication in the Baltic Sea – An integrated thematic assessment of the effects of nutrient enrichment and eutrophication in the Baltic Sea region. *Balt. Sea Environ. Proc.* No. 115B.
- Hobohm, C., Dierßen, K. & Härdtle, W. (2022): Salzwiesen und verwandte Gesellschaften (A). – Synopsis der Pflanzengesellschaften Deutschlands 13, Selbstverlag der Floristisch-Soziologischen Arbeitsgemeinschaft e. V., Göttingen.
- Hobohm, C. (1992): Schleichende Veränderungen in den Salzwiesen Niedersachsens – ein Beitrag zur historischen Geobotanik. – *Drosera* 92: 27–34.
- Hobohm, C. (1993): Die Pflanzengesellschaften von Norderney. – Arbeiten aus der Forschungsstelle Küste 12, Niedersächsisches Landesamt für Ökologie, Hannover.
- Isermann, M. & Kiehl, K. (Hrsg.) (2007): Restoration of Coastal Ecosystems. – *Coastline Reports* 7: 1–4.
- Jutila, H.M. (1998): Seed banks of grazed and ungrazed Baltic seashore meadows. – *J. Veg. Sci.* 9: 395–408.
- Ketner-Oostra, R. & Sykora, K.V. (2004): Decline of lichen-diversity in calcium-poor coastal dune vegetation since the 1970s, related to grass and moss encroachment. – *Phytocoenologia* 34(4): 521–549.
- Kiehl, K. (1997): Vegetationsmuster in Vorlandsalzwiesen in Abhängigkeit von Beweidung und abiotischen Standortfaktoren. – *Mitt. Arbeitsgem. Geobot. Schl.-Holst. Hmb.* 52.
- König, D. (1960): Beiträge zur Kenntnis der deutschen Salicornien. – *Mitt. flor.- soz. Arbeitgem. NF* 8: 5–58.
- Lammerts, E.J., Petersen, J. & Hochkirch, A. (2009): Beaches and Dunes. In: Marencic, H. & De Vlas, J. (Hrsg.): *Quality Status Report 2009. WaddenSea Ecosystem No. 25. Common Wadden Sea Secretariat (CWSS), Wilhelmshaven; Trilateral Monitoring and Assessment Group (TMAG), Wilhelmshaven: 3–20.*
- Lenssen, G.M., Van Duin, W.E., Jak, P. & Rozema, J. (1995): The response of *Aster tripolium* and *Puccinellia maritima* to atmospheric carbon dioxide enrichment and their interactions with flooding and salinity. – *Aquat. Bot.* 50: 181–192.
- Marcenò, C., Guarino, R., Loidi, J., Herrera, M., Isermann, M., Knollová, I., Tichý, L., Tzonev, R.T., Acosta, A.T.R., FitzPatrick, Ú., Iakushenko, D., Janssen, J.A.M., Jiménez-Alfaro, B., Kacki, Z., Keizer-Sedláková, I., Kolomiychuk, V., Rodwell, J.S., Schaminée, J.H.J., Šilc, U. & Chytrý, M. (2018): Classification of the European and Mediterranean coastal dune vegetation. – *Appl. Veg. Sci* 21: 533–559.
- Meyer, H. & Reinke, H.-D. (1996): Veränderungen in der biozöologischen Struktur der Wirbellosenfauna von Salzwiesen durch unterschiedliche Beweidungsintensitäten mit Schafen. – *Faun. Ökol. Mitt.* 7: 109–151.
- Meyer, H., Fock, H., Haase, A., Reinke, H.D. & Tulowitzki, I. (1995): Structure of the invertebrate fauna in saltmarshes of the Wadden Sea coast of Schleswig-Holstein influenced by sheep-grazing. – *Helgoländer wiss. Meeresunters.* 49: 563–589.
- Michaelis, H., Ohba, T. & Tüxen, R. (1971): Die *Zostera*-Gesellschaften der Niedersächsischen Watten. – *Forschst. Insel. Küstensch. Sonderdruck aus dem Jahresbericht 1969/21: 87–100.*

- MILLET, J. & EDMONDSON, S. (2019): Ainsdale Dune Slacks Long Term Experiment data. figshare. Collection. <https://doi.org/10.17028/rd.lboro.c.4556060>
- NetPhyD & BfN (Hrsg.) (2013): Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands. – BfN Schriftenvertrieb, Bonn.
- Nordstrom, K.F., Jackson, N.L., Freestone, A.L., Korotky, K.H. & Puleo, J.A. (2012): Effects of beach raking and sand fences on dune dimensions and morphology. – *Geomorphology*, 179: 106–115.
- Oost, A.P., Winter, C., Vos, P., Bungenstock, F., Schrijvershof, R., Röbbke, B., Bartholdy, J., Hofstede, J., Wurpts, A. & Wehrmann, A. (2017): Geomorphology. In: Kloepper, S. et al. (Hrsg.): Wadden Sea Quality Status Report. Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven.
- Oost, A.P., Hoekstra, P., Wiersma, A., Flemming, B., Lammerts, E.J., Pejrup, M., Hofstede, J., van der Valk, B., Kiden, P., Bartholdy, J., van der Berg, M.W., Vos, P.C., de Vries, S. & Wang, Z.B. (2012): Barrier island management: Lessons from the past and directions for the future. – *Ocean & Coastal Management*, 68: 18–38.
- Petersen, J. (2000): Die Dünenalvegetation der Wattenmeerinseln in der südlichen Nordsee. – Husum Dr.- und Verl.-Ges., Husum.
- Petersen, J. & Pott, R. (2005): Ostfriesische Inseln – Landschaft und Vegetation im Wandel. – Schlüter, Hannover.
- Petersen, J. (2000): Die Dünenalvegetation der Wattenmeer-Inseln in der südlichen Nordsee: eine pflanzensoziologische und ökologische Vergleichsuntersuchung unter Berücksichtigung von Nutzung und Naturschutz. – Husum-Dr.- und Verl.-Ges., Husum.
- Petersen, J., Kers, A.S. & Stock, M. (2014): TMAP-Typology of Coastal Vegetation in the Wadden Sea Area. Wadden Sea Ecosystem No. 32, Common Wadden Sea Secretariat (CWSS), Trilateral Salt Marsh and Dunes Expert Group, Wilhelmshaven.
- Pott, R. (1996): Biotoptypen: Schützenwerte Lebensräume Deutschlands und angrenzender Regionen. – Ulmer, Stuttgart.
- Pott, R. (1995): Die Pflanzengesellschaften Deutschlands. – 2. Aufl. Ulmer, Stuttgart.
- Preising, E., Vahle, H.C., Brandes, D., Hofmeister, H., Tüxen, J. & Weber, H.E. (1994): Salzpflanzengesellschaften der Meeresküste und des Binnenlandes. – *Natursch. Landschaftspfl. Nieders.* 20(7/8).
- Provoost, S., Ampe, C., Bonte D., Cosyns, E. & Hoffmann, M. (2004): Ecology, management and monitoring of grey dunes in Flanders. – *Journal of Coastal Conservation* 10: 33–42.
- Rahmann, M., Rahmann, H., Kempf, N., Hoffmann, B. & Gloger, H. (1987): Auswirkungen unterschiedlicher landwirtschaftlicher Nutzung auf die Flora und Fauna der Salzwiesen an der ostfriesischen Wattenmeerküste. – *Senckenbergiana* 19: 163–193.
- Ralph, P.J. & Short, F.T. (2002): Impact of the wasting disease pathogen, *Labyrinthula zosterae*, on the photobiology of eelgrass, *Zostera marina*. – *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 228: 265–271.
- Rohani, S., Dullo, B.W., Woudwijk, W., Hoop, P. de, Kooijman, A. & Grootjans, A.P. (2014): Accumulation rates of soil organic matter in wet dune slacks on the Dutch Wadden Sea islands. – *Plant and Soil* 380(1/2): 181–191.
- Santos, C.B. de los, Krause-Jensen, D., Alcoverro, T., Marbà, N., Duarte, C.M., Katwijk, M.M. van, Pérez, M., Romero, J., Sánchez-Lizaso, J.L., Roca, G., Jankowska, E., Pérez-Lloréns, J.L., Fournier, J., Montefalcone, M., Pergent, G., Ruiz, J.M., Cabaço, S., Cook, K., Wilkes, R.J., Moy, F.E., Muñoz-Ramos Trayter, G., Seglar Arañó, X., Jong, D.J. de, Fernández-Torquemada, Y., Auby, I., Vergara, J.J. & Santos, R. (2019): Recent trend reversal for declining European seagrass meadows. – *Nature Comm.* 10, 3356.

- Scherfose, V. (1990): Salz-Zeigerwerte von Gefäßpflanzen der Salzmarschen, Tideröhrichte und Salzwassertümpel an der deutschen Nord- und Ostseeküste. – Forschungsstelle Küste 39: 31–82.
- Scherfose, V. (1993): Zum Einfluß der Beweidung auf das Gefäßpflanzen-Artengefüge von Salz- und Brackmarschen. – Z. Ökol. Natursch. 2: 201–211.
- Short, F.F. & Wyllie-Echeverria, S. (2000): Global seagrass declines and effect of climate change. In: Sheppard, C.R.C. (Hrsg.): Seas at the Millennium: An Environmental Evaluation. Vol. III: Global Issues and Processes. Pergamon, Elsevier, Amsterdam: 10–11.
- Sieger, S. (2004): Ökologische Untersuchungen zum Einfluß von Beweidung und Sedimentation auf die Vegetation von Salzmarschen. – Diplomarbeit Univ. Kiel.
- Stock, A. (2015): Satellite mapping of Baltic Sea Secchi depth with multiple regression models. – Int. J. Appl. Earth Observ. Geoinf. 40: 55–64.
- Stock, M. (2013): Der Schobüller Strand und seine Pflanzenwelt – früher und heute. – Kieler Notiz. Pflanzenkde Schl.-Holst. Hmb. 39: 40–53.
- Stock, M. & Kiehl, K. (Hrsg.) (2000): Die Salzwiesen der Hamburger Hallig. – Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer 11.
- Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (2021): Die Brutvögel Schleswig-Holsteins: Rote Liste, Band 1. Kiel.
- Wilmanns, O. (1998): Ökologische Pflanzensoziologie. – 6. Aufl. Quelle & Meyer, Wiesbaden.

### **Danksagung**

Für Informationen zu Wasserständen an der niedersächsischen Küste danke ich Herrn Fabian Buß vom NLWKN (Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz) und für Informationen zur Vegetation und Nutzung in Schleswig-Holstein Herrn Moritz Padlat vom LKN.SH (Landesbetrieb für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz Schleswig-Holstein).

### **Adresse des Autors:**

Prof. Dr. Carsten Hobohm  
Univ. Flensburg (EUF),  
Ökologie und Umweltbildung  
E-Mail: hobohm@uni-flensburg.de



## Klimawandel konkret – neue Herausforderungen für die Gebietsbetreuung am Beispiel von Moor- und Wiesenvogel-Schutzgebieten in Westfalen

Christoph Rückriem

### Zusammenfassung

Die vergangenen Sommer haben auch im Kreis Borken in Nordrhein-Westfalen (NRW) einen eindrücklichen Vorgeschmack auf die zu erwartenden klimawandelbedingten Veränderungen der Witterungen gegeben: Die Niederschläge blieben vor allem in der Vegetationsperiode wochenlang aus, die Temperaturmaxima und Temperatursummen vor allem im Sommer und Herbst stiegen an, die jährlichen Niederschlagssummen sanken. Insgesamt verteilen sich die Niederschläge sehr lokal, sodass sich große räumliche Unterschiede zeigen.

Die Biologische Station Zwillbrock e. V. ist eine von 45 Biologischen Stationen in NRW, die auf Landkreisebene Managementaufgaben in den Schutzgebieten übernehmen. Im Kreis Borken haben wir in den von uns betreuten Gebieten bereits nach wenigen Dürrejahren deutliche Veränderungen festgestellt, die wir auf die veränderte Witterung zurückführen müssen und die wir in dieser Geschwindigkeit und diesem Umfang so nicht erwartet hatten. Dies gilt vor allem für wasserabhängige Biotope wie Moore, (Feucht-)Grünland und Gewässer. Dort haben wir zunehmende Beeinträchtigungen festgestellt, z. B. durch Verbuschung, Einwanderung von Neophyten und Eutrophierung. Diese haben bereits zu Beeinträchtigungen des Erhaltungszustandes geführt, bis hin zu Verlusten von Vorkommen von Tier- und Pflanzenarten oder von Lebensräumen wie den Hochmoor-Regenerationsstadien auf Schwingrasen-Vermoorungen.

Prinzipielle Ansatzpunkte für Maßnahmen des Gebietsmanagements zur Minimierung der Klimawandelfolgen sind die direkte Minimierung von Klimawandelfolgen, die Verbesserung der Widerstandskraft der vom Klimawandel beeinträchtigten Lebensräume und Arten und die Verbesserung der Möglichkeiten für Tier- und Pflanzenarten, um klimabedingten Beeinträchtigungen durch Wanderungen aktiv auszuweichen. Von diesen Ansatzpunkten ausgehend werden konkrete Schwierigkeiten aufgeführt, die aktuell ein wirksames Gegensteuern durch das Gebietsmanagement erschweren. Konkrete Maßnahmen der Biologischen Station Zwillbrock e. V. zur Abmilderung der Klimawandelfolgen werden aufgeführt. Dazu zählen etwa die Intensivierung von Pflegemaßnahmen, die gezielte Stützung von Beständen gefährdeter Arten, aber auch die Verbesserung der Resilienz und die gezielte Wiedervernässung von Lebensräumen im Rahmen von LIFE-Projekten.

Um künftig ein nachhaltiges Gebietsmanagement für die Schutzgebiete und auch darüber hinaus gewährleisten zu können, bedarf es aus unserer Sicht einer deutlichen Unterstützung in verschiedenen Handlungsfeldern. Zentral für den Erfolg wird sein, ob es gelingt, die Abmilderung der Folgen des Klimawandels nicht als ein Problem des Naturschutzes zu betrachten, sondern gemeinsam mit weiteren relevanten Akteuren kooperative Lösungen zu finden.

### Summary

The past summers have given an impressive foretaste of the expected climate change-related changes in the weather in the district of Borken in North Rhine-Westphalia (NRW): There was no precipitation for weeks, especially during the vegetation period, the temperature maximums and temperature totals especially in summer and autumn increased, the annual precipitation totals decreased, the precipitation showed large spatial differences.

The Biologische Station Zwillbrock e. V. is one of 45 biological stations in North-Rhine-Westphalia that among others take on management tasks in the nature conservation sites at district level. In the district of Borken, after just a few years of drought, we already observed significant changes within the sites we care for, which we have to attribute to the changed weather and which we had not expected at this speed and to this extent. This applies primarily to water-dependent biotopes such as moors, (wet) grassland and water bodies. We found increasing impairments due to bush encroachment, immigration of neophytes and eutrophication, that led to impairments in the conservation status or even losses of occurrences of animal and plant species up to the loss of entire habitats such as the raised bog regeneration stages on oscillating turf moors.

Basic starting points for site management measures to minimize the consequences of climate change are the direct minimization of climate change consequences, to improve the resilience of habitats and species affected by climate change and to improve the opportunities for animal and plant species to actively avoid climate-related impairments by migration. Based on these starting points, obstacles are listed that currently make it difficult for site managers to take effective countermeasures. Using the example of specific measures taken by Biologische Station Zwillbrock e. V., which are currently already counteracting the consequences of climate change, effective measures to mitigate the consequences of climate change are listed, including intensifying maintenance measures, supporting of populations of endangered species, but as well improving the resilience and the rewetting of habitats as part of LIFE projects.

In order to ensure sustainable site management for protected areas and beyond in the future, we believe that clear support is required in various fields of action. It will be crucial to understand that mitigating the consequences of climate change is not a problem of nature conservation alone, but rather finding cooperative solutions together with all other stakeholders.

## **1 Die Biologische Station Zwillbrock e. V.**

Nordrhein-Westfalen (NRW) hat mit den Biologischen Stationen eine in Deutschland einzigartige Struktur im Naturschutz: Pro Landkreis gibt es ergänzend zu den Naturschutz-Kreisbehörden nahezu flächendeckend eine sogenannte Biologische Station. Biologische Stationen sind zumeist eingetragene gemeinnützige Vereine, die oft aus lokalen Naturschutzinitiativen hervorgegangen sind. Als private juristische Personen haben sie bewusst keine formale oder rechtliche Zuständigkeit im Naturschutz, sind aber als fachliche Betreuer im Landschaftsgesetz verankert (§ 71 LNatSchG NRW).

Die Arbeit der Biologischen Stationen wird überwiegend durch Mittel des Landes NRW, des jeweiligen Landkreises bzw. der jeweiligen Kommune über Zuwendungen des Landes und Projekte finanziert. Mit der „Förderrichtlinie Biologische Stationen NRW – FöBS“ werden die Trägervereine der Biologischen Stationen vom Land NRW finanziell unterstützt, mit dem Zweck, die Tier- und Pflanzenwelt sowie die Landschaft im jeweiligen örtlichen Arbeitsbereich in Ergänzung zu den Tätigkeiten des Kreises, der Städte und Gemeinden zu schützen und zu pflegen. Zu den förderfähigen Maßnahmen zählen unter anderem die Betreuung von Schutzgebieten, die Unterstützung des Vertragsnaturschutzes vor Ort, die Durchführung und Betreuung von Artenschutzprojekten sowie Naturschutzbildung und Öffentlichkeitsarbeit (MUNV NRW 2023).

## **Aufgaben der Biologischen Stationen in NRW (Dachverband BS NRW 2023)**

Die Biologischen Stationen sichern die umweltgerechte Entwicklung von Natur und Landschaft in NRW, sie

- betreuen heute über die Hälfte aller Naturschutzgebiete in NRW,
- sind für die Menschen in der Region eine kompetente Anlaufstelle für Fragen rund um den Naturschutz,
- vereinen weitreichendes biologisches Fachwissen mit fundierten Gebietskenntnissen,
- entwickeln richtungsweisende Konzepte für einen wirkungsvollen Biotop- und Artenschutz,
- begleiten und überprüfen die erfolgreiche Umsetzung von Arten- und Biotopschutzprojekten,
- vermitteln zwischen Naturschützern und Landnutzern.

Die konkreten Arbeiten der Biologischen Stationen werden jährlich im Rahmen von Gesprächen mit den Geldgebern im sogenannten Arbeits- und Maßnahmenplan festgelegt. Durch diese Struktur können die Biologischen Stationen ihre Arbeit entsprechend den Erfordernissen der jeweiligen Landkreise optimal ausrichten. Bei der Biologischen Station Zwillbrock e. V. liegt der Fokus auf der Betreuung der mehr als 30 Schutzgebiete im Kreis Borken.

### **Die Biologische Station Zwillbrock e. V.**

- wurde 1986 als eine der ersten Biologischen Stationen in NRW gegründet,
- ist ein gemeinnütziger eingetragener Verein aus Mitgliedern aus Landwirtschaft und Naturschutz sowie Kreis- und Stadtverwaltung (BSZ 2023a),
- betreut gut 30 Schutzgebiete mit ca. 3300 Hektar Fläche im Kreis Borken, darunter Moorschutzgebiete und Feuchtwiesenschutzgebiete sowie FFH- und Vogelschutzgebiete (BSZ 2023b),
- hat einen Personalstamm von acht Personen, dazu eine wechselnde Anzahl von Projektmitarbeitern,
- betreibt ein eigenes Bildungswerk mit mehr als 200 Veranstaltungen pro Jahr,
- hat eine eigene Schäferei mit Moorschnucken, die Ausbildungsbetrieb und Bioland-Betrieb mit Direktvermarktung ist.

In den betreuten Schutzgebieten ist die Biologische Station Zwillbrock e. V. Ansprechpartnerin für alle Belange zum Gebietsmanagement sowie für Landnutzer, Jäger und die breite Öffentlichkeit. Darüber hinaus ist sie beratend bei Genehmigungsverfahren der Kreis-Naturschutzbehörde beteiligt. In den betreuten Gebieten plant sie die erforderlichen Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen und setzt sie zumeist durch Vergabe von Aufträgen an entsprechende Firmen auch um. Regelmäßige Bestandserfassungen der Brutvögel, der Grünlandvegetation sowie im Rahmen des Biodiversitätsmonitorings des Landes NRW zählen zu den fachlich anspruchsvollsten Aufgaben (LANUV 2023a).

## **2 Beobachtungen aus den betreuten Gebieten in den letzten drei Jahren**

Seit 2019 hat sich das Klima auch im Kreis Borken deutlich verändert. Auch hier gab es in den letzten drei Jahren eine ausgeprägte Dürre mit ausbleibenden Frühjahrs- und Sommernieder-

schlägen. Die Temperaturmaxima und Temperatursummen vor allem im Sommer und Herbst stiegen an, die jährlichen Niederschlagssummen sanken. Schon innerhalb der betreuten Schutzgebiete zeigten sich dabei deutliche lokale Unterschiede in den Niederschlagsmengen; insgesamt aber sanken die Grundwasserstände kreisweit vor allem im Sommer kontinuierlich ab. Gleichzeitig führten die zu hohen Temperaturen der letzten Winter und ein mildes Frühjahrswetter dazu, dass die Vegetationsperiode immer früher im Jahr begann. Diese Entwicklungen haben in den Schutzgebieten bereits innerhalb von drei Jahren zu teilweise drastischen Veränderungen geführt, die wir weder in diesem Ausmaß noch in dieser Geschwindigkeit jemals erwartet hätten (Abb. 1). Nachfolgend sind einige dieser beobachteten Veränderungen aufgeführt.



Abb. 1: Trockenrisse im Seeboden des vollständig ausgetrockneten Lachmöwensees im NSG Zwillbrocker Venn. Foto: C. Rückriem

## 2.1 Moor

In den betreuten Schutzgebieten finden sich mehrere ehemalige Hochmoore – teilweise großflächig, teilweise auch sehr kleinflächig; keines dieser Moore wurde bisher umfänglich wiedervernässt. In allen Gebieten konnten wir beobachten, dass in den Sommern der Moorwasserstand deutlich absank – weit unter die jemals beobachteten Werte aus der Vergangenheit. In der Folge kam es zu großflächigen Austrocknungserscheinungen des Hochmoortorfes, die zudem über eine bisher nicht gekannte lange Zeitspanne vom Sommer bis in den Herbst hinein andauerten. In den ausgetrockneten Hochmoortorfen kam es zu verstärkten Mineralisierungen und damit zu einer Freisetzung der im Torf gebundenen Nährstoffe.

In der Folge breitete sich der zuvor weitgehend auf hochgelegene Torfruppen beschränkte Wechselfeuchtezeiger Adlerfarn deutlich in die Fläche aus, und das Wachstum der die degenerierten Hochmoorflächen besiedelnden Birken beschleunigte sich deutlich. Die weitgehend

auf die Schlenken, Torfstiche und Gräben beschränkten Hochmoorregenerationskomplexe fielen zu einem Großteil trocken. Dadurch kam es zu einer Schädigung der für die Moorregeneration wichtigen Torfmoose – sie starben großflächig ab. An vielen Stellen wanderten hochmoorfremde eutraphente Pflanzenarten wie Schilf, Flatterbinse und Rohrkolben in das Moor ein und besiedelten die ehemaligen Regenerationskomplexe.

Besonders brisant ist jedoch der fast flächendeckende Verlust der Schwingrasen-Regenerationskomplexe, die sich innerhalb von mehr als 40 Jahren entwickelt haben. Schwingrasen sind vergleichsweise robust gegenüber Schwankungen des Wasserstandes; sie entwickeln sich aus flutenden Torfmoosbeständen und wachsen schließlich auf dem Wasser schwimmend aus dem Wasserspiegelbereich des ehemaligen Gewässers heraus. Dadurch können sie auch bei längeren Dürren den sinkenden Wasserständen folgen. Allerdings war das sommerliche Niederschlagsdefizit der letzten Jahre so stark und so lange andauernd, dass die Gewässer unterhalb der Schwingrasen bis auf den Grund austrockneten und die Vegetation der Schwingrasen am Gewässergrund einwurzelte. Dadurch konnten diese dem winterlichen Wiederanstieg der Wasserspiegel nicht mehr folgen – sie blieben am Gewässergrund verankert und ertranken. Im Zwillbrocker Venn (LANUV 2023b, 2023c) ist ein Großteil der Schwingrasen auf diese Art und Weise in den letzten drei Jahren verschwunden (Abb. 2).



Abb. 2: Noch intakte (grün) und verschwundene Schwingrasen (rot) im Handtorfstich-Bereich des Natura-2000-Gebietes „Zwillbrocker Venn und Ellewicker Feld“ im Jahr 2022 (Arbeitsstand einer vergleichenden Luftbildauswertung von 2018 und 2022, Foto und Auswertung: C. Rückriem)

Auch die Libellenfauna der Moore zeigt deutliche Reaktionen auf die veränderte Wasserführung der Moorgewässer. So finden sich heute die zuvor in den Mooren dominanten Arten wie die Schwarze Heidelibelle (*Sympetrum danae*) und die Nordische Moosjungfer (*Leucorrhinia rubicunda*) nur noch in Einzelexemplaren; zuvor schon seltene Arten wie die Mond-Azurjungfer (*Coenagrion lunulatum*) finden sich kaum noch. An ihrer Stelle nehmen Binsenjungfer-Arten wie *Lestes virens vestalis*, *Lestes dryas* und *Lestes barbarus*, die es zuvor nur in geringen Dichten gab, deutlich zu; ebenso wie die bekannten Klimawandelprofiteure Feuerlibelle (*Crocothemis erythraea*) und Scharlachlibelle (*Ceriagrion tenellum*), die in der Mittelmeerregion zu den häufigsten Libellenarten zählen (Scherfose 2023). Neu ist das Einwandern der Großen Moosjungfer (*Leucorrhinia pectoralis*) auch in die zentralen Moorgewässer; für die Art wird allgemein eine starke Zunahme in NRW beobachtet. Interessanterweise sind die eigentlichen Hochmoorspezialisten Hochmoor-Mosaikjungfer (*Aeshna subarctica elisabethae*) und Arktische Smaragdlibelle (*Somatochlora arctica*) nach den bisherigen Beobachtungen von dem Rückgang kaum betroffen. Sie nutzen als Vermehrungsgewässer ausschließlich solche mit kaum schwankendem Wasserstand und dichten schwimmenden Torfmoosbeständen. Diese konnten bisher offensichtlich die Folgen der Sommerdürren weitgehend abpuffern.

Eine unerwartete und für die Regeneration der Hochmoore besorgniserregende Entwicklung zeigt sich auf den großen Torfstichen im NSG Amtsvenn-Hündfelder Moor (LANUV 2023b, 2023d). Diese dienen schon seit Langem für die Gänse der Region und vor allem während des Gänседurchzugs wegen ihrer Störungsarmut als gern genutzte Schlafgewässer. Im Jahr 2022 jedoch mussten wir feststellen, dass an drei der vier großen Torfstiche die hier innerhalb der letzten 30 Jahre großflächig entwickelten Torfmoos-Schwingrasen vollständig verschwunden waren; stattdessen fand sich ein mehrere Meter großer Spülsaum aus Vogelfedern (Abb. 3). Das zuvor weitgehend geruchlose Wasser strömte einen fauligen Geruch aus, und entlang der Ufer hatte sich der zuvor bestenfalls lückige Flatterbinsen-Saum massiv ausgebreitet. Offensichtlich hatte das flächendeckende Austrocknen der Gewässer im gesamten Umland zu einer Konzentration der rastenden Wasservögel auf die Wasserflächen der noch wasserhaltenden Torfstiche geführt, und der Kot der Vögel hatte innerhalb von nur drei Jahren die bis dahin oligo-dystrophen Moorgewässer deutlich eutrophiert. Durch diese Entwicklung wurde nicht nur der Erfolg von 30 Jahren Sukzession in Richtung Wiedervermoorung zunichte gemacht; die eingebrachten Nährstoffe stellen auch mittelfristig infrage, ob hier selbst nach erfolgreicher Wiedervernässung überhaupt noch eine Entwicklung in Richtung Hochmoor möglich sein wird.

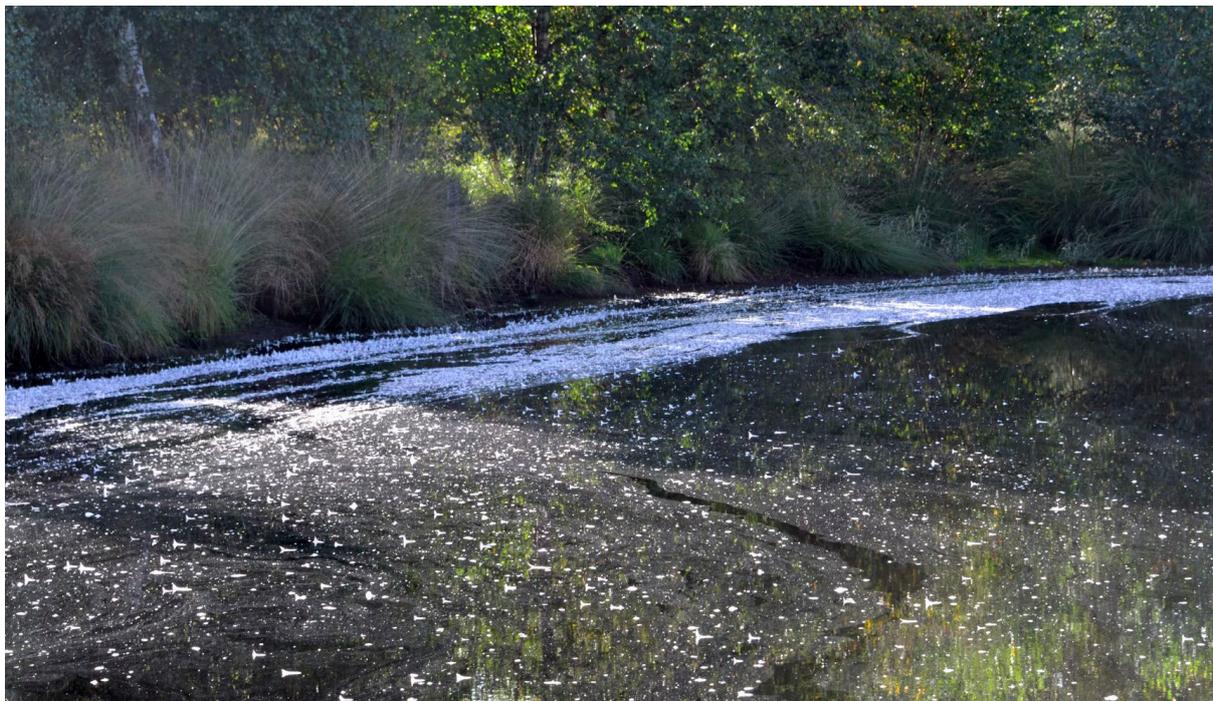


Abb. 3: Mehrere Meter breiter Spülsaum aus Federn der rastenden Gänse in einem noch Wasser haltenden Torfstich im Teilgebiet Hündfelder Moor des NSG Amtsvenn-Hündfelder Moor. Foto: C. Rückriem

## 2.2 Grünland

Auch im Grünland der Schutzgebiete sank im Sommer der Grundwasserspiegel deutlich in zuvor nicht gekannte Tiefen ab. Durch die ausbleibenden Sommerniederschläge nahm während der Vegetationsperiode auch die Bodenfeuchte im Oberboden deutlich ab.

In der Folge war die Wüchsigkeit der Grasnarbe stark beeinträchtigt; auf schon zuvor trockeneren Flächen kam es teilweise zu einem flächigen Absterben, auf eher nasseren Flächen entwickelten sich deutliche Lücken in der Grasnarbe. Von diesen Lücken profitierten unter anderem auch Problempflanzen des Grünlandes wie die giftigen Arten Jakobs-Kreuzkraut (*Senecio jacobaea*) und Sumpf-Schachtelhalm (*Equisetum palustre*), deren Bestände in den letzten Jahren drastisch zunahmen (Abb. 4).



Abb. 4: Im Grünland des NSG Amtsvenn und Hündfelder Moor neu entstandener Dominanzbestand von Jakobs-Kreuzkraut im Jahr 2020. Foto: C. Rückriem

Infolge der sinkenden Grundwasserstände kam es fast flächig zu einem Versiegen der Weide-tränken während des Sommers und Herbstes, denn die als Wasserquelle genutzten Oberflächengewässer trockneten völlig aus, und der Grundwasserstand sank in Tiefen, die von den installierten Weidepumpen nicht mehr erreicht wurden. Die Landwirte waren gezwungen, ihr Weidevieh über mobile Tränken mit Wasser zu versorgen. Daher wurde im Jahr 2022 damit begonnen, auf landeseigenen Pachtflächen mit Mitteln des Landes NRW Weidepumpen zu installieren.

Die geringe Wüchsigkeit der Grasnarbe führte außerdem zu deutlich verminderten Erträgen für die Bewirtschafter. Gleichzeitig stiegen durch die Beschaffung von Zusatzfutter und die Versorgung des Weideviehs mit Wasser aus Tränkwagen die mit der Weidenutzung der Flächen verbundenen Kosten deutlich an. Perspektivisch ist dadurch die Wirtschaftlichkeit der Grünlandnutzung deutlich infrage gestellt – wie lange die Pflege der Naturschutzflächen durch Verpachtung an geeignete Landwirte gesichert bleibt, ist somit fraglich.

Zusammen mit den höheren Temperatursummen im Frühjahr und dem dadurch deutlich vorgezogenen Beginn der Vegetationsperiode wurden Grünlandflächen, die keinen Bewirtschaftungseinschränkungen unterliegen, teilweise bereits Anfang Mai erstmals gemäht. Der Heimzug der Zugvögel aus den Winterquartieren in die Brutgebiete in NRW hat sich jedoch nicht in gleichem Maße nach vorne im Jahr verschoben, sodass sich die Zeit von der Eiablage und dem Schlüpfen der Küken bis zur ersten flächigen Bearbeitung deutlich verkürzte. In der Folge stieg das Verletzungsrisiko für die Jungvögel der Bodenbrüter. Die geringere Bodenfeuchte führte zusammen mit dem in trockenem Zustand harten und kaum mehr stocheffähigen Oberboden zu einer Verschlechterung des Nahrungsangebots für Küken wie auch Altvögel.

Auch die in den Grünlandgebieten angelegten Stillgewässer spielen für den Bruterfolg der bodenbrütenden Wiesenvögel als Schlafplätze der nicht brütenden Individuen eine wichtige Rolle. Trocknen sie aus, müssen die Vögel weiter entfernt liegende geeignete Gewässer aufsuchen, wodurch es zu einer räumlichen Entmischung der brütenden und der nicht brütenden Vögel kommt. Die Nichtbrüter stehen aber dadurch nicht mehr als Unterstützung gegenüber möglichen Bedrohungen durch Prädatoren zur Verfügung. In der Summe führte das Klima der vergangenen drei Jahre zu einem weiter verringerten Bruterfolg der bodenbrütenden Wiesenvögel wie Großer Brachvogel, Uferschnepfe, Kiebitz und Wiesenpieper.

### 2.3 Gewässer

Die veränderten Niederschlagsverhältnisse wirkten sich direkt auf die Gewässer der Schutzgebiete aus. So trockneten die meisten der kleinen Stillgewässer schon früh im Jahr vollständig aus. Auch die kleinen Fließgewässer sowie Oberläufe der größeren Fließgewässer versiegten bereits im Juni auf großer Fläche.



Abb. 5: Der vollständig ausgetrocknete Lachmowensee im NSG Zwillbrocker Venn im Jahr 2020 und im „Normalzustand“ (kleines Bild) im Jahr 2016. Fotos: J. Hamann

In der Folge gingen gegenüber Austrocknung empfindliche Pflanzenarten deutlich zurück. Amphibien mit einer späten Laichzeit oder einer langen Entwicklungsdauer ihrer Larven wie etwa Laubfrosch, Kleiner Wasserfrosch und Kammmolch waren dadurch in ihrer Vermehrung drastisch eingeschränkt. Die Zeit bis zum Austrocknen ihrer Laichgewässer reichte nicht mehr aus, damit ihre Larven die Metamorphose zum Landtier vollenden und das Gewässer verlassen konnten.

Gleiches gilt auch für Libellenarten, die eine mehrjährige Entwicklungszeit ihrer Larven oder eine späte Flugzeit haben. Für den kurzlebigen Laubfrosch ist diese Entwicklung besonders fatal: Fallen über mehrere Jahre die Vermehrungen lokal aus, kann die Population diese Aus-

fälle nicht kompensieren – an über 90 % der bekannten Laichgewässer in den Amtsvennwie- sen Süd gelangen keine Nachweise der Art mehr.

Die frühe Austrocknung der Gewässer gab Gewässerböden in einem bisher nicht gekannten Ausmaß und für eine deutlich längere Zeit im Jahr frei als zuvor. Einerseits wurden dadurch auch seltene und gefährdete amphibische Pflanzenarten wie etwa die Quirlige Knorpelmiere (*Illecebrum verticillatum*) oder das Sumpf-Hartheu (*Hypericum elodes*) gefördert, die genau solche trockenfallenden Gewässerböden besiedeln. Andererseits aber steht hier Raum auch für die Ansiedlung invasiver Neophyten wie Nadelkraut (*Crassula helmsii*) zur Verfügung, das sich in der Region in den letzten Jahren deutlich ausbreitete und bereits vor dem Beginn der trockenen Jahre westlich des Hündfelder Moores auf Gewässerböden eines Hochwasser-Rückhaltebeckens über zwei Hektar Fläche besiedelte.

Schließlich beschleunigte das Trockenfallen auch die weitere Verbuschung der Gewässerufer. Dadurch wird vor allem bei kleinen Stillgewässern der Lichtgenuss für die Unterwasserpflanzen deutlich verringert und so die Funktion der Gewässer für den Erhalt der biologischen Vielfalt deutlich beeinträchtigt.

Das sommerliche Niederschlagsdefizit hat gemeinsam mit dem Absinken des Grundwasserspiegels im Zwillbrocker Venn im Jahr 2022 zum dritten Mal in Folge zu einem vollständigen Austrocknen des zentralen Lachmöwensees geführt (Abb. 1 und 5). Dieser aber spielt im Vogelschutzgebiet „Moore und Heiden des westlichen Münsterlandes“ eine zentrale Rolle als Brut- und Rasthabitat zahlreicher wassergebundener Vogelarten. Zwar hat der Wasservorrat im See bisher immer noch dafür ausgereicht, dass die Wasservogelarten ihre Brut bis zum Flüggewerden der Jungvögel vollenden konnten. Allerdings führte der geringe Wasserstand dazu, dass die Insel im See, die für viele Vogelarten das wichtigste Brut- und Nisthabitat darstellt, zur Brutzeit nicht mehr wirksam vor dem Zugriff durch Füchse geschützt war.

Für Rastvögel führten die geringen Wasserstände vor allem im Herbst zu Konzentrationseffekten. Für die Rast standen nur noch kleine Restwasserflächen zur Verfügung, auf denen die Vogeldichten stark anstiegen (Abb. 6). Dadurch kann es auch zur Förderung der Ausbreitung von Krankheiten wie Vogelgrippe kommen.



Abb. 6: Graugans-Ansammlung an der Restwasserlache im Lachmöwensee im NSG Zwillbrocker Venn im Jahr 2018. Foto: C. Rückriem

In den Oberläufen der Fließgewässer führte das frühe und vollständige Austrocknen zum lokalen Aussterben der spezialisierten Benthosbewohner. Diese finden weiter unterhalb zu meist keine zusagenden Habitatbedingungen vor, sodass eine spätere Wiedereinwanderung aus den unterhalb gelegenen Gewässerabschnitten kaum möglich ist. Für Fischarten, die in Oberläufen ablaichen wie z. B. das Bachneunauge, stehen keine Laichhabitate mehr zur Verfügung.

### **3 Ansatzpunkte für Maßnahmen zur Vermeidung und Minimierung der Folgen des Klimawandels in Schutzgebieten**

Trotz der oben dargestellten bedenklichen Entwicklungen stehen für das Gebietsmanagement Ansatzpunkte für Maßnahmen zur Abmilderung der Folgen des Klimawandels zur Verfügung:

#### **Prinzipielle Ansatzpunkte für Maßnahmen**

- 1. Klimawandelfolgen direkt minimieren, z. B.:**
  - Grundwasserstände anheben,
  - Wasserbilanz der Lebensräume verbessern,
  - Beschattung erhöhen.

## **2. Widerstandskraft der vom Klimawandel beeinträchtigten Lebensräume und Arten verbessern, z. B.:**

- Anzahl, Fläche und Variabilität der Vorkommen erhöhen; ggf. auch durch aktives Ausbringen und Wiederansiedeln,
- Erhaltungszustand der Vorkommen verbessern,
- bestehende Beeinträchtigungen verringern.

## **3. Möglichkeiten für Tier- und Pflanzenarten verbessern, klimabedingten Beeinträchtigungen auszuweichen (Biotopverbund), z. B.:**

- eine größere Anzahl von Lebensräumen in erreichbarer Nähe anbieten,
- durchwanderbare Strukturen zwischen geeigneten Lebensräumen schaffen.

Die Umsetzung von Maßnahmen ist jedoch mit einigen Schwierigkeiten behaftet, die nachfolgend beispielhaft dargestellt werden.

So können die Folgen des Klimawandels in der Regel kaum direkt minimiert werden:

- Der Grundwasserstand in Schutzgebieten ist in der Regel nicht unabhängig von dem der Umgebung. Er kann daher durch Maßnahmen allein innerhalb des Schutzgebietes oft kaum wirksam erhöht werden. Gelingt es dennoch, ist zumeist auch Privateigentum in der umgebenden Normallandschaft von dem ansteigenden Grundwasserstand betroffen.
- Die Wasserbilanz der Schutzgebiete hängt auch von der Verdunstung durch die Vegetation ab. Diese ist jedoch zumeist integraler Bestandteil der dort zu erhaltenden biologischen Vielfalt. Eine Verringerung der Verdunstung z. B. durch Beseitigung von Röhricht oder Gehölzen kommt daher in Schutzgebieten kaum infrage.
- Fast alle Veränderungen des Wasserhaushalts erfordern zumeist größere technische Eingriffe, die in der Regel entsprechende umfangreiche Genehmigungsverfahren nach dem Wasserhaushaltsgesetz erfordern. Ihre Abarbeitung erfordert hydrologische Fachkenntnisse, die in Biologischen Stationen zumeist kaum zur Verfügung stehen.

Auch die Widerstandskraft der vom Klimawandel beeinträchtigten Arten und Lebensräume kann nur begrenzt verbessert werden:

- Die Vermehrung von Anzahl, Fläche und Variabilität der Vorkommen von Lebensräumen und Arten ist zwar geeignet, lokale Aussterbeereignisse zu minimieren, setzt aber zwingend die Verfügbarkeit zusätzlicher Flächen für die Neuanlage von Lebensräumen und Habitaten voraus. In der Regel ist das innerhalb der Schutzgebiete kaum der Fall. Darüber hinaus reicht die Fläche der bisher ausgewiesenen Schutzgebiete wohl nicht aus, um über diesen Weg ausreichend neue Vorkommen zu entwickeln.
- Die Neuschaffung von Habitaten und Beständen von Arten und Lebensräumen setzt zwingend auch die gezielte Ansiedlung von Pflanzen- und Tierarten auf neu hergerichteten Flächen voraus. Eine allgemeine Akzeptanz dafür fehlt jedoch sowohl in der Fachöffentlichkeit als auch in der Politik; ebenso gibt es dazu bisher kaum Methoden- und Dokumentationsstandards.

- Schließlich benötigt die Neuschaffung von Lebensräumen und Habitaten für Arten Zeit: Auf den neuen Flächen müssen sich die angestrebten Lebensgemeinschaften erst neu entwickeln.
- Demgegenüber zählen sowohl die Verbesserung des Erhaltungszustandes als auch die Beseitigung von Beeinträchtigungen der vom Klimawandel betroffenen Arten und Lebensräume auch aktuell bereits zu den typischen Tätigkeiten des Gebietsmanagements. Allerdings muss dieses künftig deutlich konsequenter an der Minimierung der Klimawandelfolgen ausgerichtet werden.

Schließlich sind auch die Möglichkeiten des Gebietsmanagements, die Ausweichmöglichkeiten von Tier- und Pflanzenarten gegenüber klimawandelbedingten Beeinträchtigungen zu verbessern, deutlich begrenzt: Sowohl die Schaffung neuer Lebensräume und Habitate in erreichbarer Nähe als auch die Schaffung durchwanderbarer verbindender Strukturen im Sinne eines Biotopverbundes benötigen in großem Umfang geeignete weitere Flächen, die z. T. innerhalb, aber insbesondere zwischen den Schutzgebieten aktuell kaum zur Verfügung stehen.

#### **4 Konkrete Maßnahmen des Gebietsmanagements der Biologischen Station Zwillbrock e. V. zur Verringerung der Klimawandelfolgen**

Das Gebietsmanagement der Biologischen Station Zwillbrock e. V. umfasst oft in Kooperation mit verschiedenen Partnern auch heute schon Maßnahmen, die direkt oder indirekt den Folgen des Klimawandels entgegenwirken:

Pflegemaßnahmen wie die Beweidung der Moorflächen mit Schafen und die Beseitigung von Gehölzaufwuchs an Gewässern bzw. auf Moor- und Heideflächen wirken direkt der infolge der Austrocknung zunehmenden Verbuschung in diesen Biotopen entgegen und tragen damit zu einem guten Erhaltungszustand bei; sie werden in Zukunft intensiviert bzw. in einer höheren Frequenz als bisher durchgeführt.

Neu anzulegende Stillgewässer werden tiefer angelegt, um ein vollständiges Austrocknen künftig erst deutlich später im Jahr zu erreichen. Auch bei der Sanierung verlandeter Stillgewässer werden diese tiefer als zuvor ausgebaggert.

Im Lachmowensee des Zwillbrocker Venns wurde um die Brutinsel im See ein 10 Meter breiter und 1 Meter tiefer Graben im Gewässerboden angelegt (Abb. 5). Dadurch wird bei sinkendem Wasserstand die Erreichbarkeit der Insel für Füchse deutlich verringert, ein zusätzlicher Wasservorrat angelegt und damit die Funktion als wichtiges Bruthabitat für Wasservögel gestärkt.

Um die weitere Ausbreitung von Problempflanzen wie *Crassula helmsii* rechtzeitig zu bemerken und entsprechende Maßnahmen planen zu können, wird ein Monitoring der Gewässer im Natura-2000-Gebiet Amtsvenn und Hündfelder Moor durchgeführt. Eine gezielte Bekämpfung von *Crassula helmsii* an Stillgewässern ist jedoch nach unserer Erfahrung nur in den Anfängen einer Ausbreitung erfolgversprechend. Ein bereits großer Bestand an einem Stillgewässer soll durch Zuschütten des Gewässers beseitigt werden; dazu wird in direkter Nachbarschaft ein neues Gewässer angelegt, dessen Aushub für das Zuschütten genutzt wird.

Im Rahmen eines Projekts der Stiftung Natur und Landschaft westliches Münsterland wird in Naturschutzgebieten im Kreis Borken eine gezielte Vermehrung seltener und gefährdeter Pflanzenarten nährstoffarmer Gewässer durchgeführt. Insgesamt 25 Arten werden durch einen ortsansässigen versierten Botaniker in einem geeigneten Gewässer angesiedelt, ihre Samen entnommen und gezielt vermehrt. In der 2. Projektphase werden mit den gewonnenen

Pflanzen standörtlich geeignete Stillgewässer in der Umgebung gezielt beimpft und so mittelfristig neue Vorkommen dieser Arten in der Region etabliert (Stiftung NLW 2023).

Auf den vom Land NRW als Weide verpachteten Flächen werden neue Weidetränken installiert, die auch während der sommerlichen Dürrezeiten eine Wasserversorgung des Weideviehs sicherstellen.

Die Bewirtschaftungsvorgaben, die von den Pächtern auf den Naturschutzflächen des Landes NRW einzuhalten sind, umfassen auch Regelungen zum Zeitpunkt des Weideauftriebs sowie zu Mahdzeitpunkten. Aktuell läuft in einem Vogelschutzgebiet auf einem Teil der Flächen ein Modellversuch, in dem befristet für eine Saison die ansonsten bereits ab März einsetzende Beweidung auf Juli verschoben wird; stattdessen werden die Flächen zunächst gemäht. Ziel ist es, zu überprüfen, ob ein erster später Schnitt oder die Beweidung während der Brutzeit zu einem höheren Bruterfolg bodenbrütender Wiesenvögel führt. Wichtig bleibt aber grundsätzlich, ein Mosaik unterschiedlich bewirtschafteter Flächen zur Verfügung zu stellen.

Das Thema Klimawandel und Naturschutz ist in der breiten Öffentlichkeit noch nicht in der Bedeutung angekommen, die es in der Zukunft voraussichtlich haben wird. Im Rahmen unserer Öffentlichkeitsarbeit bieten wir zu den von uns betreuten Schutzgebieten Exkursionen und Führungen an, auf denen auch dieses Thema und seine möglichen Konsequenzen für die Schutzgebiete angesprochen werden.

## **5 Das Projekt „LIFE Wiesenvögel NRW“**

Die Biologische Station Zwillbrock e. V. ist einer der elf Partner des vom Land NRW durchgeführten Projekts LIFE Wiesenvögel NRW (Abb. 7; LANUV 2023e). Das Projekt zielt darauf ab, den Erhaltungszustand und die Bestände wiesenbrütender und -rastender Vogelarten des Tieflandes in acht Vogelschutzgebieten in NRW zu verbessern.



Landesamt für Natur,  
Umwelt und Verbraucherschutz  
Nordrhein-Westfalen



## LIFE Wiesenvögel NRW

Breeding and migratory low wetland meadow birds in  
North-Rhine – Westphalia

(Fotos: B. Beckers)



Abb. 7: Das LIFE-Projekt „LIFE Wiesenvögel NRW“

Projekträger ist die Landesanstalt für Natur-, Umwelt- und Verbraucherschutz NRW (LANUV), Partner sind insgesamt neun Biologische Stationen sowie die niederländische Vogelschutzorganisation SOVON. Das Projekt hat eine Laufzeit von 2020 bis 2027 und ein Finanzvolumen von knapp 19 Millionen Euro. Zu den Zielarten zählen Großer Brachvogel, Uferschnepfe, Rotschenkel, Bekassine, Kiebitz, Wiesenpieper, Knäkente, Löffelente sowie mehrere Rastvogelarten. Das Projekt setzt zahlreiche Maßnahmen um, die entweder den direkt bestehenden oder drohenden Beeinträchtigungen der Zielarten entgegenwirken oder auch den Wasserhaushalt ihrer Habitate stabilisieren sollen:

- Konzeption einer wiesenvogelgerechten Grünland- und Ackernutzung und Durchführung einer entsprechenden Beratung für in den Vogelschutzgebieten wirtschaftende Landwirte,
- Optimierungen des Wasserhaushalts, z. B. Durchstich von einem Altarm zum Flusslauf der Lippe im Gebiet Meerersch,
- Schaffung einer offenen Landschaft durch Flächenerwerb von 145 Hektar, z. B. Ankauf von Flächen an Hochmoorstandorten im Gebiet Bastauwiesen,
- Aufbau eines Ehrenamtsnetzwerks für Gelegeschutz,
- Förderung von Prädationsmanagement auf ca. 7500 Hektar,
- Brut- und Schlupferfolgsmonitoring für die Zielarten.

Die Maßnahmen tragen damit auch zu einer verbesserten Resilienz der Vogelschutzgebiete gegenüber den Folgen des Klimawandels bei.

## **6 Das LIFE-Projekt „CrossBorderBog“**

Die Biologische Station Zwillbrock e. V. ist Projektpartner eines deutsch-niederländischen LIFE-Projektes „CrossBorderBog“. Das Projekt wurde unter Federführung der Provinz Overijssel konzipiert. Ziel des Projekts ist die grenzüberschreitende Wiederherstellung des Wasserhaushaltes des sich zwischen Gronau und Enschede grenzüberschreitend erstreckenden ehemaligen Hochmoores. Es umfasst die Natura-2000-Gebiete „Aamsveen“ auf niederländischer und das Teilgebiet „Hündfelder Moor“ des Natura-2000-Gebiets „Amtsvenn und Hündfelder Moor“ auf deutscher Seite. Weitere Projektpartner sind die Stiftung Natur und Landschaft Westmünsterland sowie das Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes NRW. Das grenzüberschreitende Projektgebiet ist 385 Hektar groß, die Laufzeit des Projekts ist 2023–2029, das gesamte Projektfinanzvolumen beträgt ca. 13 Millionen Euro. Auf deutscher Seite sind umfangreiche Wiedervernässungsmaßnahmen vorgesehen, unter anderem die Anlage von 17 Kilometern Dämmen, das abschnittsweise Verfüllen von mehr als 16 Kilometern Gräben, die Beseitigung von Birkenaufwuchs auf mehr als 50 Hektar sowie die Einebnung von bei der Abtorfung stehen gebliebenen Torfruppen. Die Maßnahmen sind so konzipiert, dass sie auch in Anbetracht des Klimawandels mittelfristig einen stabilen hochmoortypischen Wasserhaushalt im Projektgebiet sichern können. Dazu dienen auch der Einbau einer Dichtwand im Grundwasser-Abstrom des Moores sowie die Anlage von 31 Hektar großen Stillgewässern, die einerseits als Schlafgewässer für Wasservögel im überlagernden Vogelschutzgebiet und gleichzeitig als Wasservorrat für die zu erwartenden sommerlichen Dürreperioden fungieren. Die Umsetzung dieses Projekts wird nicht nur die Resilienz des Hochmoores gegenüber den zu erwartenden Folgen des Klimawandels erhöhen, sondern auf großer Fläche erstmals die Voraussetzungen für ein nachhaltiges Hochmoorwachstum wiederherstellen und damit nicht nur kurzfristig für eine Verringerung von Treibhausgasemissionen sorgen, sondern langfristig die Funktion des Hochmoores als Kohlenstoffsенke wiederherstellen.

Die Biologische Station Zwillbrock e. V. baut aktuell eine Forschungsk Kooperation mit dem Institut für Landschaftsökologie der WWU Münster auf (ILÖK 2023). Forschungen zum Thema Klimawandel und Moore sollen am Standort Hündfelder Moor etabliert und so gebündelt werden, dass die Verträglichkeit mit den Zielen des dortigen Vogelschutzgebietes gewahrt bleibt und wertvolle Erkenntnisse zur Treibhausgasemission von Hochmooren insbesondere vor, während und nach der Durchführung substanzieller Wiedervernässungsmaßnahmen gewonnen werden. Die Aktivitäten werden auch die Monitoring-Verpflichtungen des LIFE-Projekts CrossBorderBog abdecken.

## **7 Gebietsmanagement braucht Unterstützung**

Das Gebietsmanagement von Schutzgebieten stellt im Naturschutz das zentrale Instrument auch zur Minderung der Klimawandelfolgen auf die biologische Vielfalt dar. Der Erhalt der biologischen Vielfalt kann nur gelingen, wenn die dazu erforderlichen Maßnahmen auch in der notwendigen Qualität und Quantität vor Ort durchgeführt werden. Dazu steht in NRW mit dem Netzwerk der Biologischen Stationen eine bundesweit einzigartige Organisation zur Verfügung.

Ein gut organisiertes Gebietsmanagement kann auf lokaler Ebene auch die Folgen des Klimawandels für die Ziele des Naturschutzes deutlich verringern. Als Folge des begonnenen Klima-

wandels haben aber die Aufgaben für das Gebietsmanagement an Intensität und Anzahl deutlich zugenommen; völlig neue Aufgaben kommen hinzu. Damit es gelingt, künftig die biologische Vielfalt im Kontext des Klimawandels nachhaltig zu sichern, benötigt das Gebietsmanagement Unterstützung.

#### **Gebietsmanagement braucht Unterstützung in Form von:**

- Verbesserung der Ausstattung mit Finanzen und Personal,
- Einführung neuer Förderinstrumente für Maßnahmen zur Minderung von Klimawandelfolgen,
- Entwicklung von Konventionen zur Vermeidung von Zielkonflikten zwischen Klimaschutz und biologischer Vielfalt,
- Vereinfachung von Genehmigungsverfahren für die Umsetzung von Maßnahmen,
- Verbesserung rechtlicher Rahmenbedingungen für Wiedervernässungen,
- schnellere Aktualisierung der Listen invasiver Neobiota,
- Entwicklung von Regularien und Fachkonventionen zur aktiven Verbreitung gefährdeter Tier- und Pflanzenarten,
- Einführung von Biodiversitätsdienstleistungen in das Portfolio von Landwirten im Rahmen künftiger Reformen der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) der Europäischen Union,
- Etablierung landesweiter Programme zur gezielten Förderung neuer Lebensräume sowie Strukturen zum Biotopverbund,
- Aufbau von Kooperationen des Naturschutzes mit Land- und Wasserwirtschaft.

Für Schutzgebiete, für die es keine hauptamtlichen Gebietsbetreuer gibt (in NRW weniger als 50 % der Schutzgebiete und wohl die Mehrheit der Schutzgebiete in Deutschland), sollte dringend eine dezidierte Gebietsbetreuung eingeführt werden.

Für Maßnahmen zur Minderung von Klimawandelfolgen ist die Einführung neuer Förderinstrumente auch vonseiten des Landes sinnvoll, ähnlich wie es der Bund mit dem Aktionsprogramm natürlicher Klimaschutz bereits umgesetzt hat.

Viele Maßnahmen zum Klimaschutz zielen auf die Minderung von CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Wiedervernässung organischer Böden. Die Zielflächen weisen oft eine hohe aktuelle Bedeutung für den Erhalt der biologischen Vielfalt auf, die einer kostengünstigen und schnellen flächigen Wiedervernässung teilweise entgegensteht. Hier bedarf es entsprechender Fachdiskussionen und Konventionen, wie diese Zielkonflikte gelöst werden können. Insgesamt ist es sinnvoll, mit Wiedervernässungsmaßnahmen vorrangig in Gebieten zu beginnen, in denen eine Synergie zwischen Klimaschutz und Erhalt der biologischen Vielfalt vorliegt.

Die erforderlichen Maßnahmen setzen zwar vorrangig Ziele des Naturschutzes um, müssen aber dennoch durch die zuständigen Landkreisbehörden genehmigt werden. Diese Verfahren sind langwierig und vor allem bei Wasserbaumaßnahmen mit der Anfertigung teurer Gutachten verbunden. Erschwert wird die Lage für Biologische Stationen, die genehmigungsrechtlich bei der Durchführung von Maßnahmen des Gebietsmanagements als Privatpersonen betrachtet werden, obwohl die Maßnahmen inhaltlich mit den zuständigen Naturschutzbehörden abgestimmt und überwiegend sogar in deren Auftrag durchgeführt werden. Bei Maßnahmen zur

Wasserrückhaltung oder zur Anhebung des Grundwasserstandes in wasserabhängigen Schutzgebieten tritt regelmäßig das Problem auf, dass von den Folgen der Maßnahmen auch Dritte in ihren Rechten betroffen sind. Das hat oft zur Folge, dass wegen der Einsprüche Dritter in entsprechenden wasserrechtlichen Verfahren die Maßnahmen nicht genehmigt werden. Zur Vereinfachung und Vereinheitlichung der in den Genehmigungsverfahren durchzuführenden Abwägungen zwischen den einzelnen Belangen wäre es hilfreich, wenn die Belange des Natur- und Klimaschutzes – die Sicherung oder Wiederherstellung eines naturraumtypischen Wasserhaushalts in Schutzgebieten – juristisch eine Gleichstellung mit oder sogar einen generellen Vorrang vor Privatinteressen Dritter eingeräumt bekämen.

Zur Vereinfachung entsprechender Maßnahmen gegen Folgen des Klimawandels wäre es hilfreich, auch in der Eingriffsregelung eine Ausnahmeregelung für Maßnahmen des Gebietsmanagements zu etablieren, wie es sie z. B. für die FFH-Verträglichkeitsprüfung in der FFH-Richtlinie für Maßnahmen des Gebietsmanagements in Natura-2000-Gebieten bereits von Anfang an gab.

Das Beispiel *Crassula helmsii* zeigt, dass zwischen dem aggressiven Ausbreiten neuer invasiver Neobiota und der Aufnahme dieser Arten in die entsprechenden Listen der Europäischen Union oft so viel Zeit vergeht, dass eine effiziente Bekämpfung der Art angesichts der schon erreichten weiten Verbreitung kaum noch möglich erscheint. Hier wäre eine deutliche Beschleunigung hilfreich.

Maßnahmen zur aktiven Verbreitung gefährdeter Arten finden aktuell noch selten statt; Grund sind entgegenstehende Genehmigungsvorbehalte, aber auch Widerstände innerhalb des Naturschutzes und der Ökologen selbst. Hier muss dringend eine entsprechende Fachdiskussion geführt werden, mit dem Ziel, Regularien und Fachkonventionen zur aktiven Verbreitung gefährdeter Tier- und Pflanzenarten und ihrer Dokumentation zu entwickeln.

Für die Pflege von Kulturlandschaftslebensräumen in Schutzgebieten müssen mittelfristig neue Wege gefunden werden. Nach unserer langjährigen Erfahrung mit Pächtern der Naturschutzflächen wird dies kaum ohne aktive Beteiligung der Landwirtschaft umsetzbar sein. Aus unserer Diskussion mit Landwirten vor Ort wissen wir, dass diese einer aktiven Umsetzung von Naturschutzmaßnahmen im Rahmen ihrer landwirtschaftlichen Tätigkeit – anders als die offiziellen Lobbyvertreter der Landwirtschaft – nicht grundsätzlich ablehnend gegenüberstehen. Wir sehen es daher als erfolversprechend an, im Zuge der nächsten GAP-Verhandlungen Biodiversitätsdienstleistungen durch Landwirte in die erste Säule der Landwirtschaftssubventionen zu integrieren.

Um den Tier- und Pflanzenarten ein Ausweichen gegenüber Klimawandelfolgen überhaupt zu ermöglichen, wird dringend ein funktionierender Biotopverbund benötigt. Dieser muss sich an den Bedürfnissen der wandernden Arten ausrichten und kann daher grundsätzlich nicht über beliebige Flächen etwa aus pauschalen Greening-Verpflichtungen aufgebaut werden. Vielmehr müssen für diesen Zweck zielgerichtet geeignete Flächen bereitgestellt, entsprechend hergerichtet und zumeist auch dauerhaft gepflegt und damit auch betreut werden. Für diese Aufgabe ist es sinnvoll, ein neues Instrument zu etablieren, das z. B. über landesweit organisierte Artenhilfsprogramme funktionieren könnte.

Die sommerliche Dürre und das Absinken des Grundwasserspiegels sind Klimawandelfolgen, die natürlich nicht auf Schutzgebiete beschränkt sind. Ihre Abmilderung z. B. durch verbesserte Rückhaltung von Starkniederschlägen und die Förderung der Grundwasserneubildung durch Schaffung dezentraler Versickerungsstrukturen ist eine gesamtgesellschaftliche Auf-

gabe, auf deren Bewältigung auch die Land- und Forstwirtschaft angewiesen sind. Die immer noch geltende Priorität eines schadlosen Abflusses in der Wasserwirtschaft muss sich ändern zugunsten einer nachhaltigen Bewirtschaftung der gesamten Gewässerkörper – unter Einschluss des Grundwassers. Der Naturschutz hat hier in den Landwirten und in den Gewässerunterhaltungsverbänden Verbündete, auf deren konstruktive Zusammenarbeit er auch in Schutzgebieten langfristig angewiesen ist.

Es wird Zeit, dass sowohl im Naturschutz als auch in der Landwirtschaft und in der öffentlichen Verwaltung die Bewältigung der Klimawandelfolgen als eine gemeinsame Aufgabe wahrgenommen und auch gemeinsam angegangen wird. Die gerade beschlossene nationale Wasserstrategie (BMUV 2023) ist ein erster wichtiger Schritt auf diesem Weg.

## 8 Literaturverzeichnis

- BMUV (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz) (2023): Hintergrund zur Nationalen Wasserstrategie. <https://www.bmuv.de/themen/wasser-ressourcen-abfall/binnengewasser/hintergrund-zur-nationalen-wasserstrategie> (letzter Zugriff: 16.03.2023).
- BSZ (Biologische Station Zwillbrock e. V.) (2023a): Organisation. <https://www.bszwillbrock.de/de/biologische-station-zwillbrock/biologische-station/ueber-uns/organisation> (letzter Zugriff: 30.03.2023).
- BSZ (Biologische Station Zwillbrock e. V.) (2023b): Betreuungsgebiete. <https://www.bszwillbrock.de/de/biologische-vielfalt/schutzgebiete> (letzter Zugriff: 30.03.2023).
- Dachverband BS NRW (Dachverband Biologische Stationen Nordrhein-Westfalen) (2023): Was machen wir?. <https://www.biostationen-nrw.com/biologische-stationen/was-machen-wir> (letzter Zugriff: 08.03.2023).
- ILÖK (Institut für Landschaftsökologie) (2023): <https://www.bszwillbrock.de/de/biologische-station-zwillbrock/biologische-station/ueber-uns/organisation> (letzter Zugriff: 08.03.2023).
- LANUV (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen) (2023a): Biotopmonitoring. <https://www.biodiversitaetsmonitoring.nrw/monitoring/de/themen/biotopmonitoring> (letzter Zugriff: 30.03.2023).
- LANUV (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen) (2023b): Schutzwürdige Biotope in Nordrhein-Westfalen. <http://bk.naturschutzinformationen.nrw.de/bk/de/karten/bk> (letzter Zugriff: 30.03.2023).
- LANUV (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen) (2023c): Natura 2000-Gebiet DE-3906-301 Zwillbrocker Venn u. Ellewicker Feld. <http://natura2000-meludedok.naturschutzinformationen.nrw.de/natura2000-meludedok/de/fachinfo/listen/meludedok/DE-3906-301> (letzter Zugriff: 30.03.2023).
- LANUV (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen) (2023d): Natura 2000-Gebiet DE-3807-301 Amtsvenn und Huendfelder Moor. <http://http://natura2000-meludedok.naturschutzinformationen.nrw.de/natura2000-meludedok/de/fachinfo/listen/meludedok/DE-3807-301> (letzter Zugriff: 30.03.2023).
- LANUV (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen) (2023e): LIFE Wiesenvögel NRW. <https://www.life-wiesenvoegel.nrw.de> (letzter Zugriff: 08.03.2023).
- MUNV NRW (Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes NRW) (2023): Biologische Stationen. <https://www.umwelt.nrw.de/naturschutz/wer-macht-was/biologische-stationen> (letzter Zugriff: 08.03.2023).

Scherfose, V. (2023): Auswirkungen des Klimawandels auf deutsche Schutzgebiete und Schutzgebietsysteme – Möglichkeiten zukünftigen Managements. In: Scherfose, V. (Hrsg.): Schutzgebiete im Klimawandel. BfN-Skripten 675, Bonn: 171–192.

Stiftung-NLW (Stiftung Natur und Landschaft Westmünsterland) (2023): Wiederansiedlung von Pflanzenarten im Westmünsterland. <https://www.stoeckmann-stiftung.de/index.php/projekte/lau-fende-projekte/wiederansiedlung-von-pflanzenarten> (letzter Zugriff: 08.03.2023).

**Adresse des Autors:**

Christoph Rückriem

Biologische Station Zwillbrock e. V.

Zwillbrock 10

48691 Vreden

E-Mail: [crueckriem@bszwillbrock.de](mailto:crueckriem@bszwillbrock.de)

## Auswirkungen des Klimawandels auf das Luchsee-Moor im Biosphärenreservat Spreewald

Eugen Nowak, Nico Heitepriem und Ayomide Akinfasoye

### Zusammenfassung

Das Luchsee-Moor und der zentral darin gelegene Luchsee liegen im Süden Brandenburgs, eingebettet in die Weichsel-Eiszeitliche Stauch-Endmoräne der *Krausnicker Berge*. Es handelt sich hydrologisch um ein Versumpfungs- und Verlandungsmoor, das in der Vergangenheit Moormächtigkeiten von bis zu 5 m aufwies. Seit den 1990er-Jahren sinken der Wasserspiegel des Sees und das Grundwasser kontinuierlich ab, und zwar von 52,6 m NN in den 1980er-Jahren auf 50,6 m NN 2018. Im Jahr 2020 trocknete der See das erste Mal vollständig aus.

Über die Ursachen wird intensiv diskutiert. Am wahrscheinlichsten scheinen Klimawandel und Kiefernbestockung im Einzugsgebiet. Ein nahe gelegenes Wasserwerk scheidet als Ursache vermutlich aus.

Das Gebiet ist seit 1941 als Naturschutzgebiet ausgewiesen und seit 1990 als Kernzone des Biosphärenreservates geschützt, d. h., das Gebiet soll „völlig seiner natürlichen Dynamik überlassen bleiben“. Gleichzeitig ist auf derselben Fläche ein FFH-Gebiet ausgewiesen, in dem seltene Lebensraumtypen und Arten in einem guten Zustand erhalten werden müssen.

Anhand historischer Unterlagen, Luftbilder und Vegetationskarten wurden die Veränderungen der Vegetation im Luchsee-Gebiet zwischen den 1960er-Jahren und 2021 qualitativ und quantitativ beschrieben. Im Zuge der FFH-Managementplanung wurden die Veränderungen geschützter Arten und Lebensraumtypen dokumentiert.

Durch den Bau von zehn weiteren Grundwassermessstellen im Jahr 2022 sollen in den kommenden Jahren die Grundwasserverhältnisse noch intensiver untersucht und ggf. die Ursachen für die Austrocknung genauer geklärt werden. Zurzeit wird die Versickerung geklärten Abwassers im Einzugsbereich des Luchsee-Moores aus dem Resort „Tropical Islands“ zur Stabilisierung der Wasserstände geprüft.

### Summary

The Luchsee-Moor and the central Luchsee lie in the south of Brandenburg, embedded in the Vistula Ice Age compression terminal moraine – locally referred to as *Krausnicker Berge*. From a hydrological point of view, it is a root-genuine raised bog (a so called Versumpfungsmeer), which in the past had bog thicknesses of up to 5 m. Since the 1990s, the water level of the lake and the groundwater have been falling continuously, from 52.6 m above sea level in the 1980s to 50.6 m above sea level in 2018. In 2020 the lake dried up completely for the first time.

The causes are discussed intensively. Climate change and pine cover in the catchment seem most likely. A nearby waterworks is probably not the cause.

The area has been designated as a nature reserve since 1941 and has been protected as a core zone of the biosphere reserve since 1990. Therefore the area should be „left completely to its natural dynamics“. At the same time, an FFH area has been designated on the area, in which rare habitat types and species must be preserved in good condition.

This article describes the changes in vegetation in the Luchsee area between the 1960s and 2021 qualitatively and quantitatively using historical documents, aerial photographs and vegetation maps. In the course of FFH management planning, the changes of protected species and habitat types are documented.

With the construction of ten more groundwater measuring points in 2022, the groundwater conditions are to be examined even more intensively in the coming years and, if necessary, the causes of the drying out are to be clarified in more detail. The feasibility of infiltrating clarified wastewater into the catchment area of the Luchsee-Moor provided by the „Tropical Islands“ resort is currently being tested to stabilize the water levels.

## 1 Problemaufriss

Die Schutzwürdigkeit des Luchsee-Moores wurde schon früh erkannt, doch konnte man sich damals nicht vorstellen, dass und wie sich das Klima künftig ändern und welche Auswirkungen dies auf die vom Wasser bestimmten Lebensräume am Luchsee haben würde. So war es laut Schutzgebietsverordnung der Preußischen Regierung von 1941 verboten, „die Bodengestalt einschließlich der Wasserläufe oder Wasserflächen zu verändern oder zu beschädigen“ (Amtsblatt der Preußischen Regierung in Potsdam, Stück 21, 1941). Die 1990 erlassene Verordnung zum Biosphärenreservat Spreewald bestimmte das Luchsee-Moor zu einer der Kernzonen des Biosphärenreservates, d. h., das Gebiet soll „völlig seiner natürlichen Dynamik überlassen bleiben“. In der Kernzone ist es geboten, „die ungestörte natürliche Entwicklung zu sichern und zu fördern, indem direkte menschliche Einwirkungen vermieden und indirekte Beeinflussungen minimiert werden“. Darüber hinaus ist in der Kernzone „jegliche wirtschaftliche Nutzung und jegliches Betreten verboten“ (NatSGSpreewV). Im Jahr 2017 trat die Verordnung zur Festsetzung von Erhaltungszielen und Gebietsabgrenzungen für Gebiete von gemeinschaftlicher Bedeutung (FFH-Gebiete) im Biosphärenreservat Spreewald für die Flächenabgrenzung des Naturschutzgebietes (NSG) „Luchsee“ in Kraft, die als Ziel „die Erhaltung oder Wiederherstellung eines günstigen Erhaltungszustandes (§ 7 Absatz 1 Nummer 10 des BNatSchG) der für das jeweilige Gebiet genannten natürlichen Lebensraumtypen oder Tier- und Pflanzenarten von gemeinschaftlichem Interesse“ definiert.

Im Spannungsfeld dieser divergierenden Schutzziele müssen nun Lösungen gefunden werden, um einerseits den Prozessschutz zu gewährleisten, aber auch den Schutz und Erhalt des Ökosystems Luchsee-Moor nicht zu vernachlässigen. Daran arbeitet die Verwaltung des Biosphärenreservates seit Jahren gemeinsam mit der Landesforstverwaltung als Flächeneigentümerin, dem Landesamt für Umwelt und zahlreichen Gutachtern und ehrenamtlichen Naturschützern.

Seit 1996 existiert eine Grundwassermessstelle direkt südlich des Moores. Weitere Pegel bestehen im weiteren Umfeld bereits seit den 1950er- bzw. 1980er-Jahren. Seit den 1990er-Jahren wird der Seewasserspiegel aufgezeichnet. Zahlreiche floristische und moorkundliche Untersuchungen wurden durchgeführt, z. B. durch Weiss (1999) oder Studierende der Humboldt-Universität im Jahr 2001. Darüber hinaus sind mehrere Studien und Gutachten beauftragt worden, um die Ursachen des Absinkens des Wasserstandes zu klären (vgl. z. B. Juschus 2009 sowie Juschus & Albert 2010). Insbesondere das Ende der 1980er-Jahre in Betrieb genommene Wasserwerk Krausnick stand dabei im Fokus, mit zunehmender Wasserförderung den Grundwasserstand negativ zu beeinflussen. Als weitere Ursachen wurden die dichte Kiefernbestockung im Einzugsgebiet des Moores sowie die Melioration und Entwässerung des ca. 5 km östlich gelegenen Polders Krausnick Anfang der 1980er-Jahre diskutiert. Bisher ist es je-

doch nicht gelungen, eine eindeutige Ursache festzustellen – eher scheint ein Komplex verschiedener Ursachen vorzuliegen. In entsprechenden Fachstellungnahmen haben sowohl das Landesamt für Umwelt als auch das Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe eine Verantwortung des Wasserwerkes für den sinkenden Wasserstand verneint und als Hauptursache die zunehmende Verdunstung aufgrund steigender Temperaturen und längerer Vegetationsperiode benannt (LfU 2021, LGBR 2021). Im Jahr 2022 sind im Rahmen eines Förderprojektes zehn weitere Grundwassermessstellen im Umfeld des Luchses sowie vier Moorwassermessstellen errichtet worden, um weitere Erkenntnisse zu den Grundwasserverhältnissen und zu den Ursachen der Veränderungen erlangen zu können (UBB 2019) – dies wird aber mindestens fünf Jahre in Anspruch nehmen. Direkte Maßnahmen im Naturschutzgebiet, z. B. das Entnehmen von natürlich gesamten Bäumen, scheinen nicht Erfolg versprechend, wenn nicht gleichzeitig eine Verbesserung der Wasserverhältnisse erreicht wird. Im Jahr 2023 gibt es hierzu Hoffnung, denn das benachbarte Freizeitresort „Tropical Islands“ hat vorgeschlagen, geklärtes Abwasser in Regenwasserqualität im Einzugsgebiet des Moores zu versickern, wenn der Bau einer entsprechenden modernen Kläranlage finanziell von der öffentlichen Hand gefördert wird.

## 2 Entwicklung der klimatischen Bedingungen am Luchsee

Seit den 1960er-Jahren liegen Wetterbeobachtungsdaten der Station Lindenbergl (in ca. 30 km Entfernung) bzw. der Station Hohenbrück Neu Schadow (in ca. 10 km Entfernung) für den Niederschlag vor.

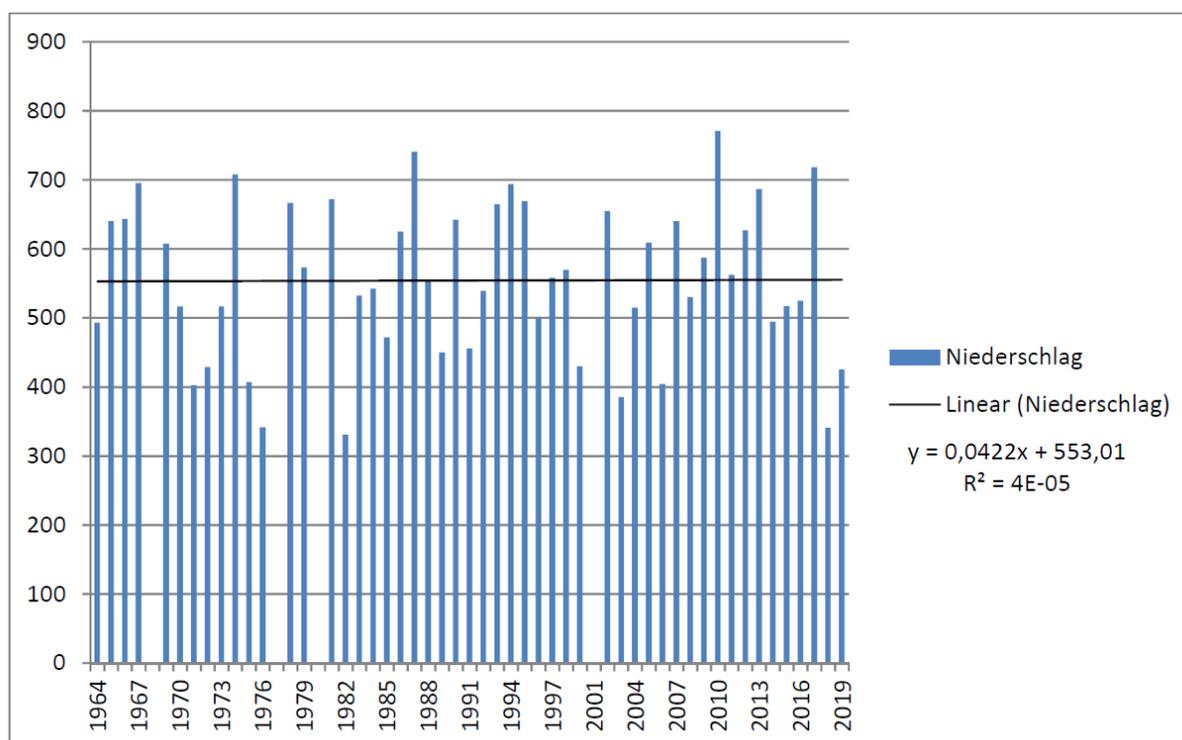


Abb. 1: Jahresniederschlagssummen der Station Hohenbrück Neu Schadow 1964–2019 (Fehljahre 1968, 1977, 1980, 2001). Quelle: LfU 2020

Für den Niederschlag ergibt sich für den Beobachtungszeitraum von 55 Jahren kein statistisch gesicherter Trend.

Dagegen können für die Temperaturentwicklung und die Länge der Vegetationsperiode eindeutige Veränderungen in den letzten 50 Jahren nachgewiesen werden. So erhöhte sich die mittlere Jahrestemperatur seit 1970 um 2 Grad Kelvin und die Sonnenscheindauer pro Jahr um ca. 300 Stunden. Dies führt zu einer deutlichen Erhöhung der Verdunstung in der Landschaft sowie einer Verschlechterung der klimatischen Wasserbilanz. Die Vegetationsperiode verlängerte sich um ca. 20 Tage gegenüber der Referenzperiode 1961–1990 (DWD 2019).

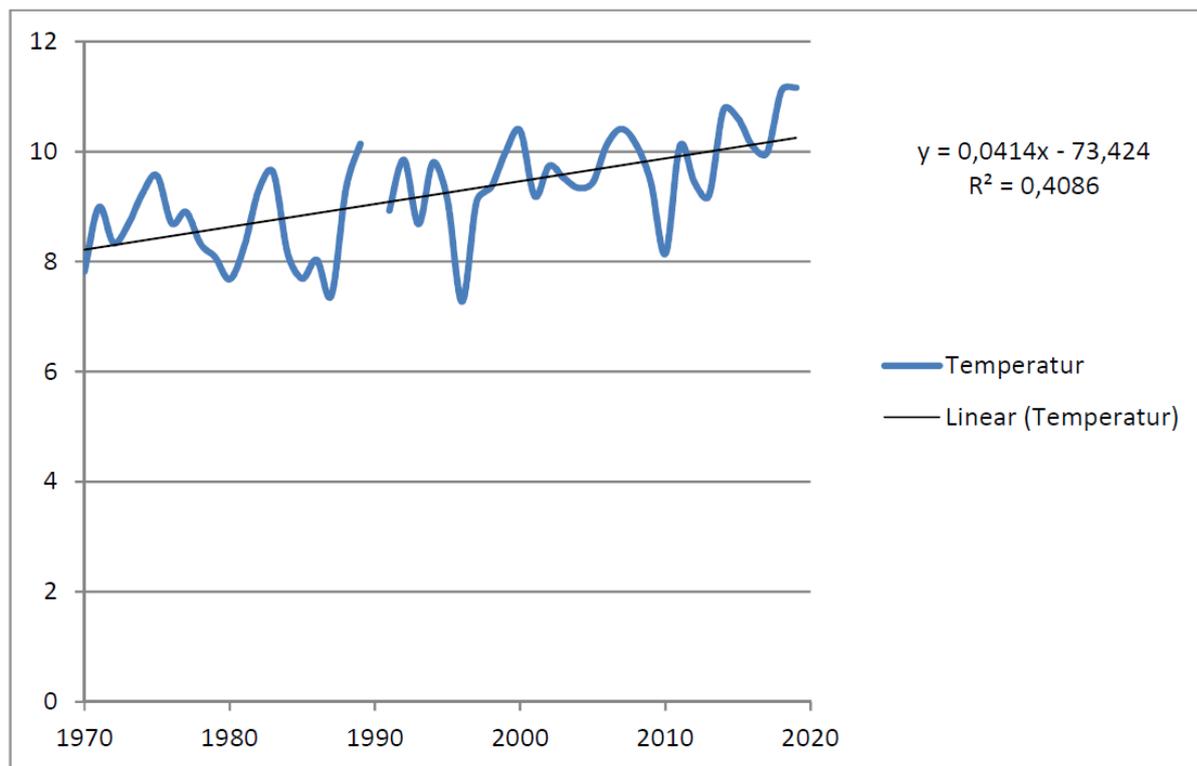


Abb. 2: Mittlere Jahrestemperatur an der Station Lindenberglage 1970–2020 (Fehljahr 1990). Quelle: LfU 2020

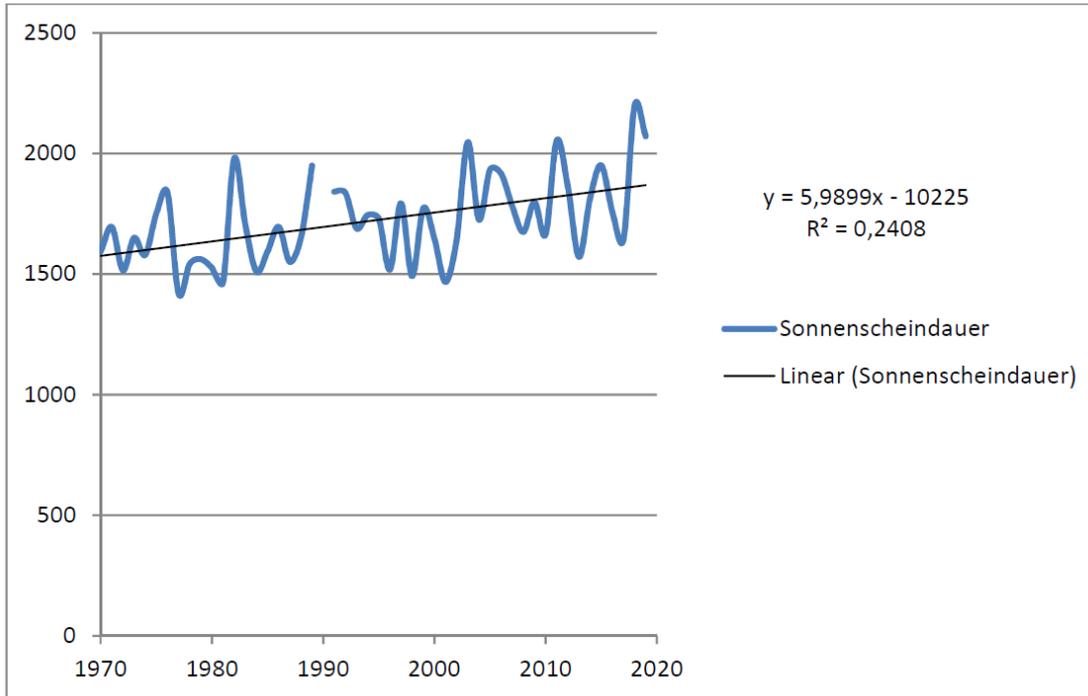


Abb. 3: Jahressumme der Sonnenscheindauer [h] in Lindenberg, 1970–2020 (Fehljahr 1990).  
Quelle: LfU 2020

### 3 Entwicklung der Pegel- und Wasserstände am Luchsee

Der Wasserspiegel des Sees sank seit den ersten, wohl noch ungenauen Aufnahmen vor 1950 um ca. 2 m (Pfützner & Mey 2007).

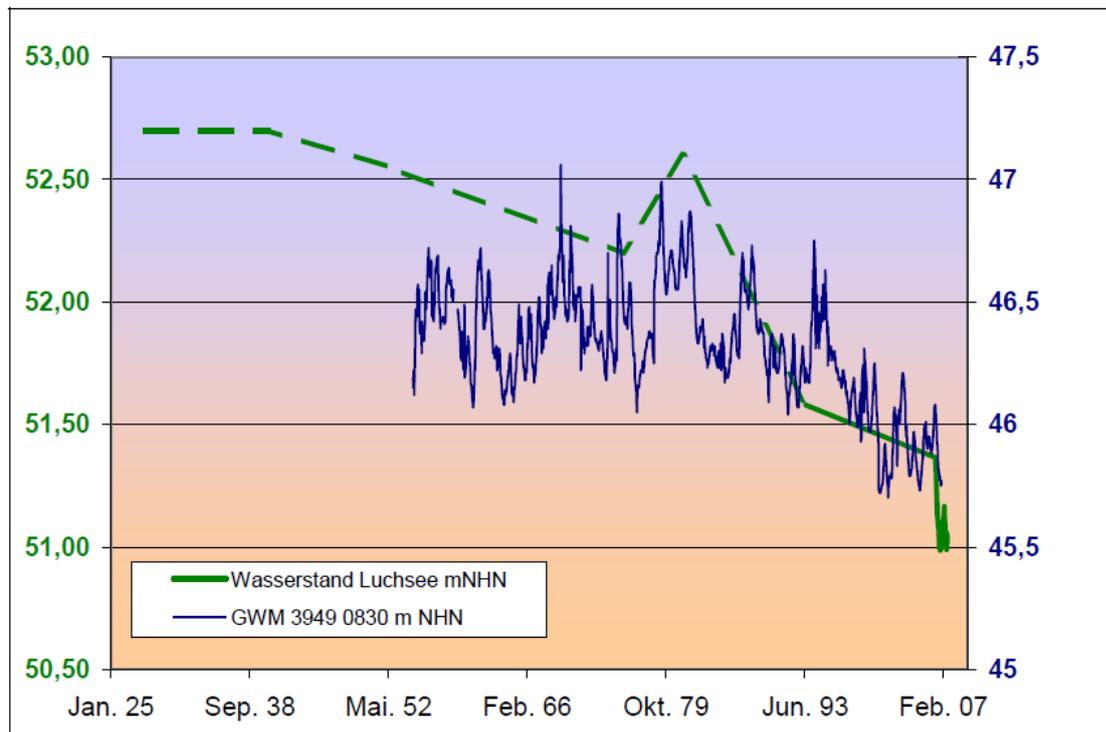


Abb. 4: Wasserstand des Luchsees (in Höhe N.N.) und einer Grundwassermessstelle nördlich.  
Quelle: Pfützner & Mey 2007

Seit 1990 können ein Absinken des Wasserstandes um mehr als 1,5 m und eine ähnliche Veränderung des Grundwasserstandes in nahe gelegenen Beobachtungspegeln dokumentiert werden, wobei es nach 2010 für einige Jahre zu einer Erhöhung der Seewasserstände aufgrund höherer Niederschläge kam (Abb. 5). Nach 2013 bewegten sich die Messwerte wieder stark nach unten und 2020 musste erstmals ein vollständiges Austrocknen des Sees festgestellt werden.

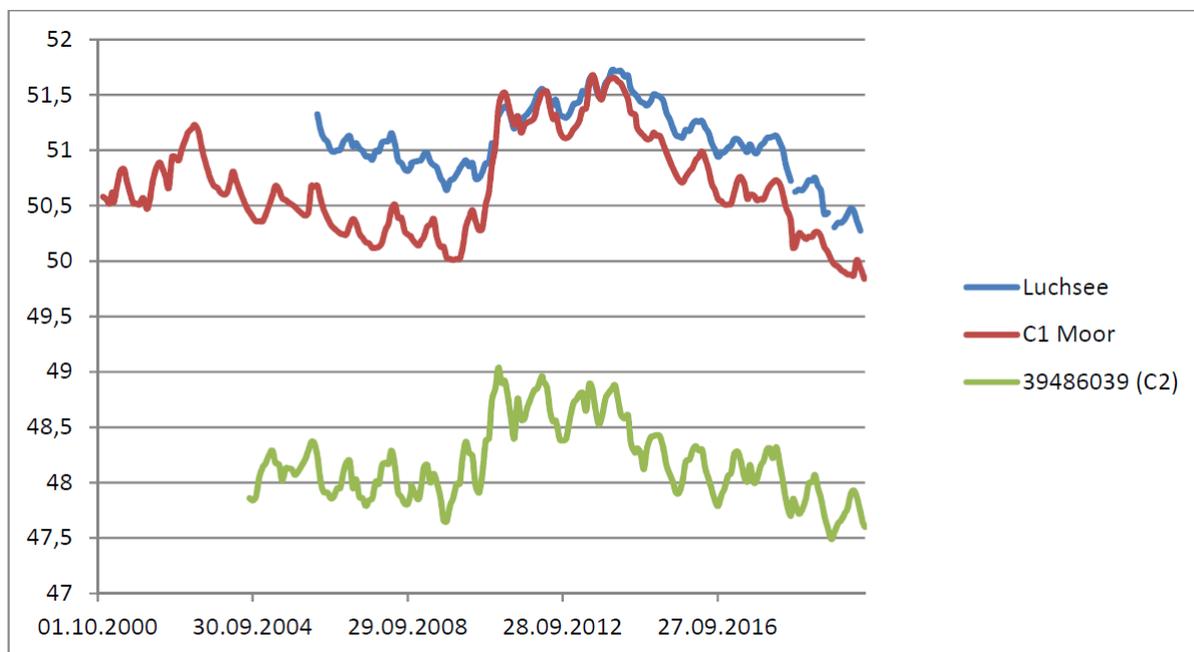


Abb. 5: Wasserstand des Luchsees und zweier benachbarter Grundwassermessstellen. Quelle: LfU 2020

#### 4 Veränderung des Luchsees im Luftbild

Seit den 1950er-Jahren liegen Luftbilder des Luchsees vor, die die Veränderung seiner Flächenausdehnung gut dokumentieren.

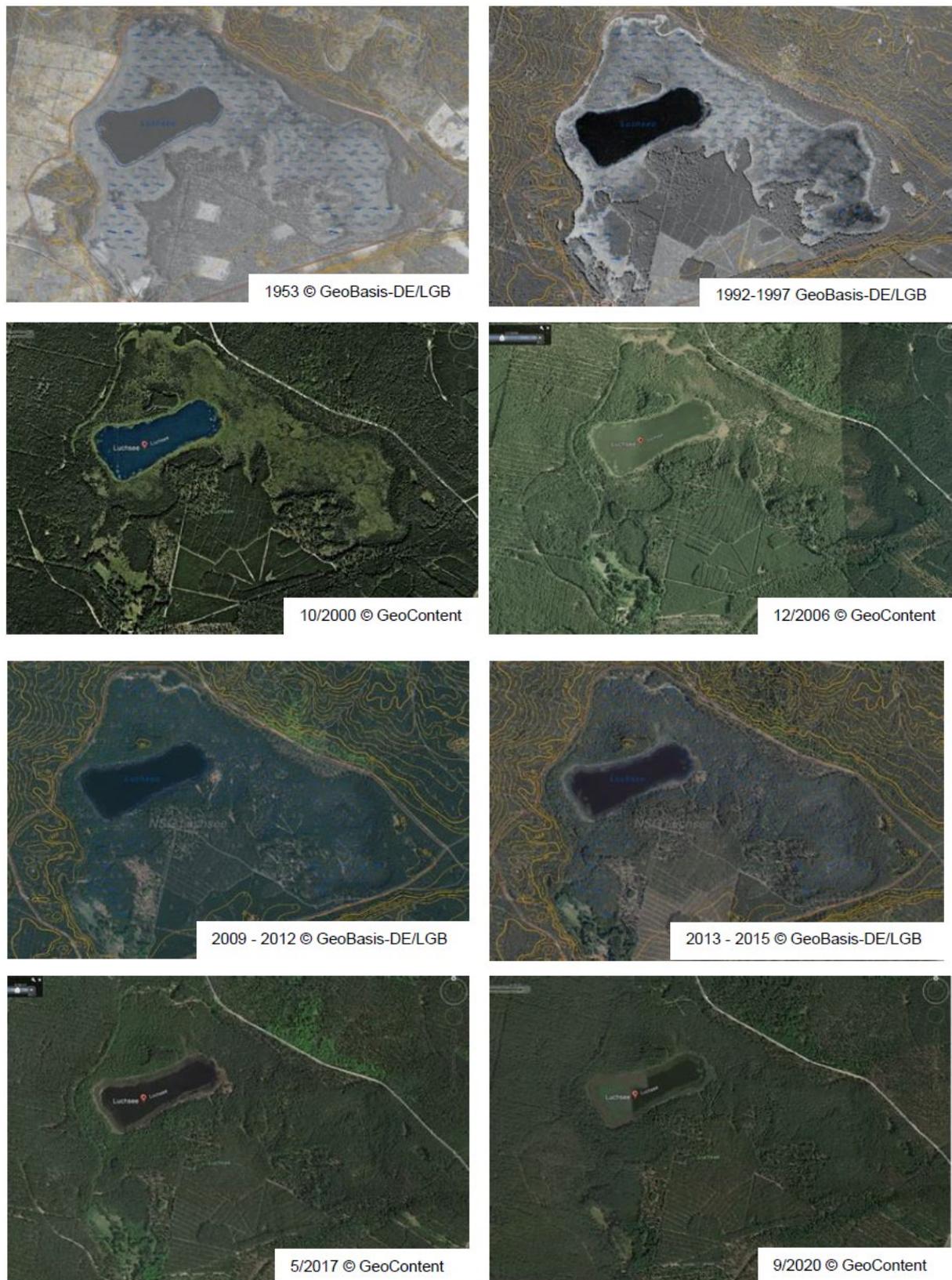


Abb. 6: Luftbilder zu den Veränderungen am Luchsee. Quelle: Institut für angewandte Gewässerökologie 2021

## 5 Veränderung der Vegetation des Luchsee-Moores seit den 1960er-Jahren

Seit Anfang der 1960er-Jahre wurde das Luchsee-Moor vier Mal intensiv vegetationskundlich bearbeitet bzw. die vorkommenden Biotoptypen kartiert. Bei allen Unsicherheiten aufgrund der unterschiedlichen Bearbeiter und Methodiken lässt sich doch ein detailliertes Bild der Veränderungen der Vegetationsgesellschaften nachzeichnen, die auf die veränderten Wasserverhältnisse zurückzuführen sind.

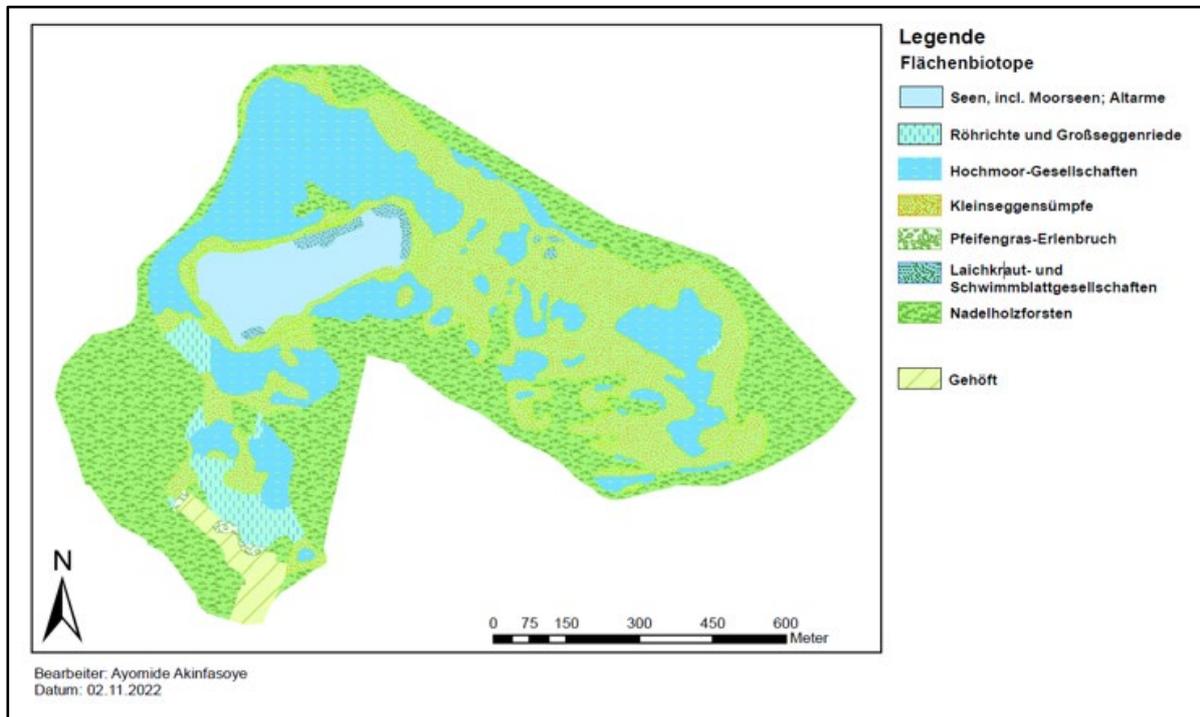


Abb. 7: Biotoptypen des Luchsee-Moores 1964. Quelle: nach Großer 1964, überarbeitet

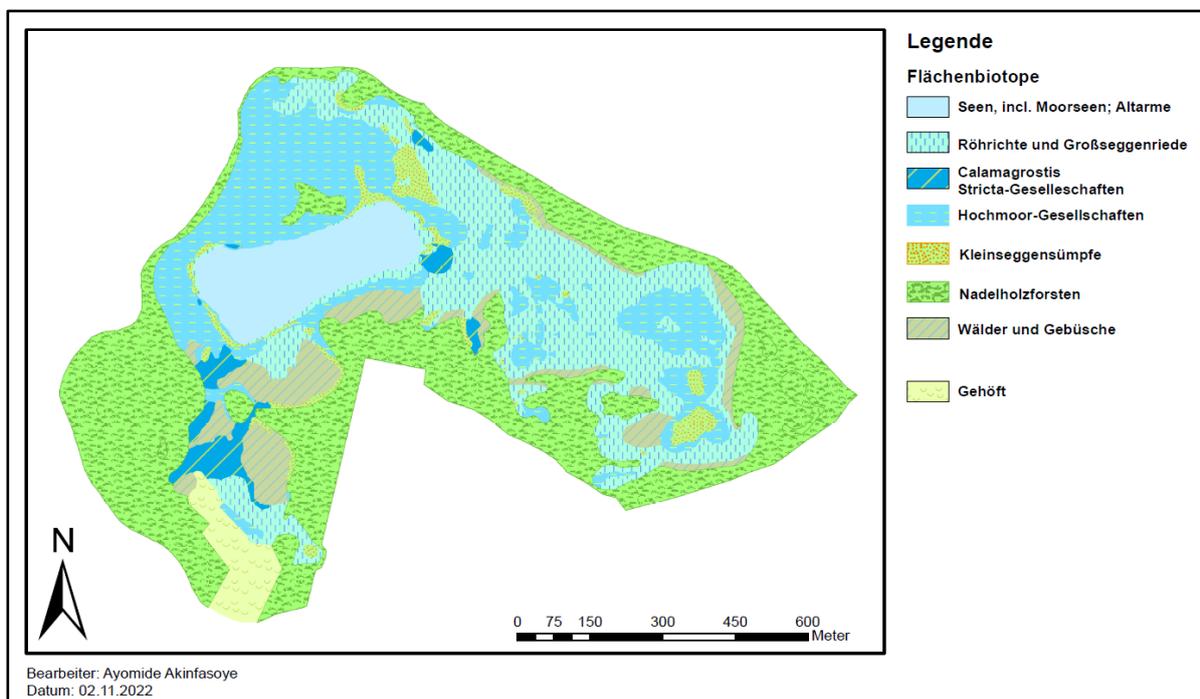


Abb. 8: Biotoptypen des Luchsee-Moores 1999. Quelle: nach Weiss 1999, überarbeitet

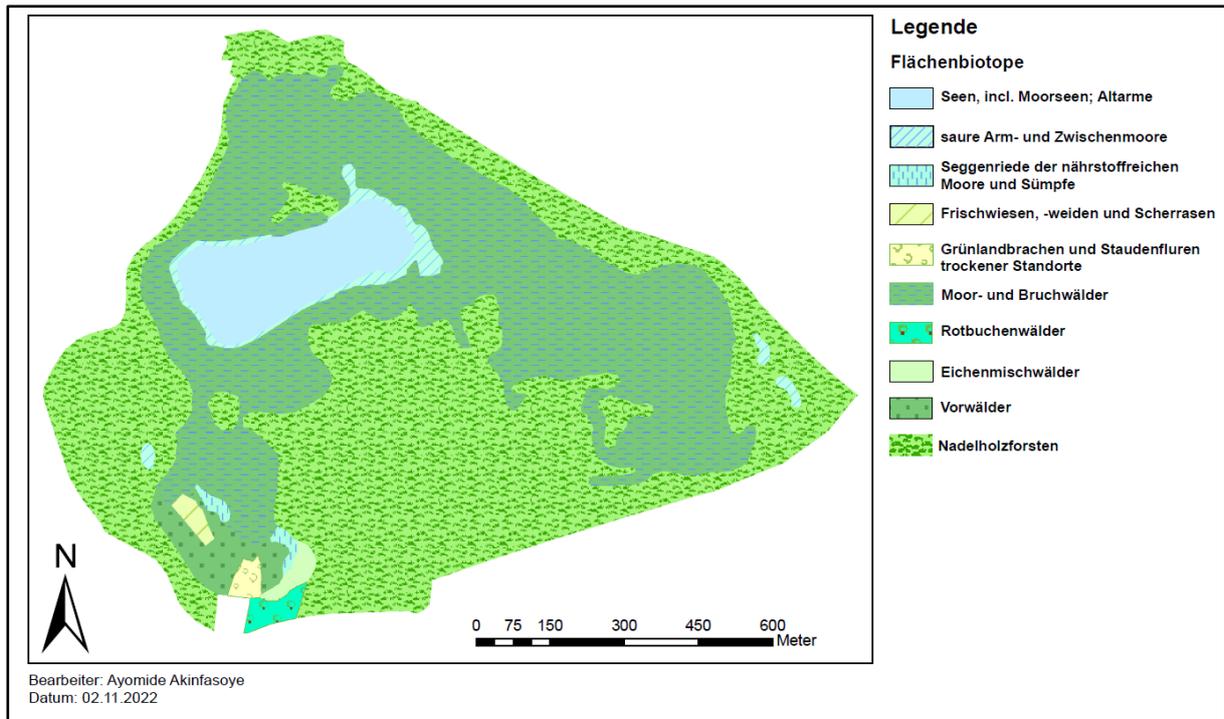


Abb. 9: Biotoptypen des Luchsee-Moores 2018. Quelle: nach MLUK 2019, überarbeitet

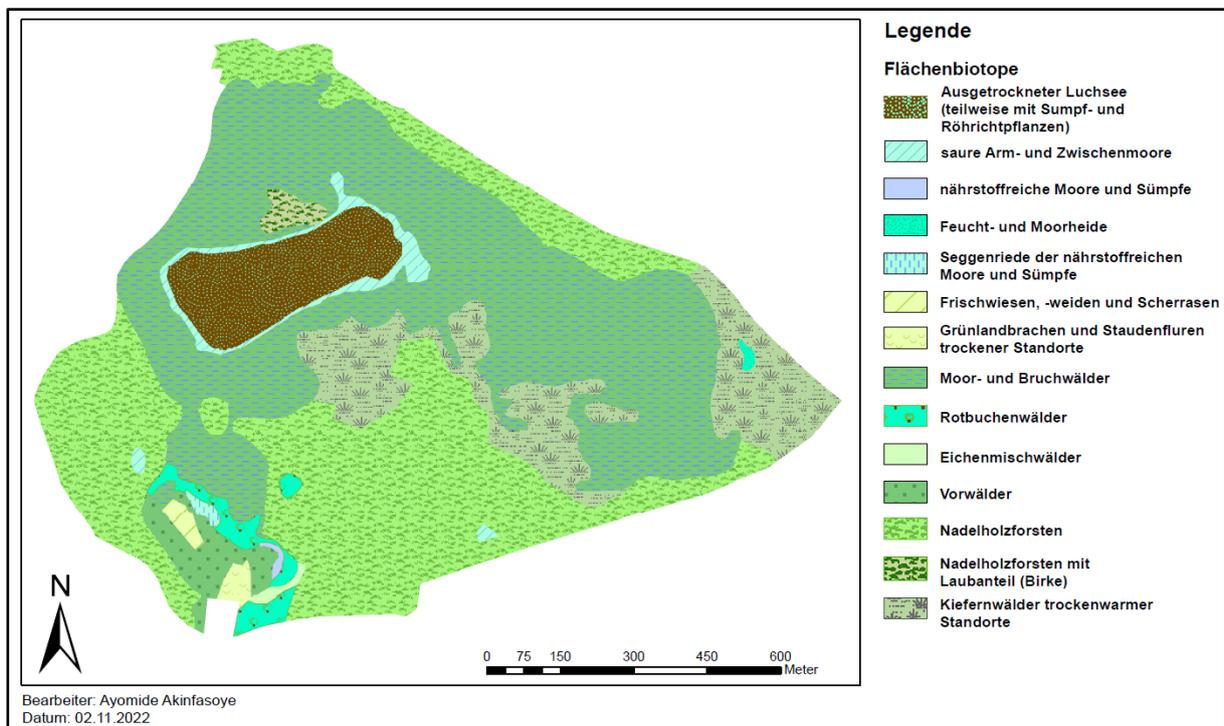


Abb. 10: Biotoptypen des Luchsee-Moores 2021. Quelle: nach Institut für angewandte Gewässerökologie 2021, überarbeitet

Es zeigt sich im Verlauf von ca. 60 Jahren, dass mit sinkendem Grundwasserstand zunächst Kleinseggensümpfe und dann Hochmoor-Gesellschaften zurückgingen und dafür in einer Übergangsphase – evtl. auch bedingt durch Einstellung der Wiesenmähd – Röhrichte und

Großseggen-Riede zur Dominanz kamen. Danach haben dann Bäume, vor allem Kiefern, Birken und Weiden, die Fläche erobert, was man bis heute beobachten kann (vgl. Tab. 1).

Tab. 1: Luchsee – Veränderung der Vegetation 1964–2021 (nur wichtigste Biotoptypen) (Großer 1964, Weiß 1999, MLUK 2019, Institut für angewandte Gewässerökologie 2021)

Vegetationstyp/Jahr (Fläche)	1964 (ha)	1999 (ha)	2018 (ha)	2021 (ha)
Kleinseggensümpfe	25,74	3,08	0	0
Hochmoor-Gesellschaften	22,91	17,03	0	0
Röhrichte und Großseggenriede	2,89	19,43	0	0
Seen, inkl. Moorseen	7,29	6,78	5,49	0
Ausgetrockneter Luchsee (teilweise mit Sumpf- und Röhrichtpflanzen)	0	0	0	7,21
Moor- und Bruchwälder	0	0	44,01	44,66
Nadelholzforsten	20,41	36,62	56,74	40,18
Kiefernwälder trockenwarmer Standorte	0	0	0	13,81

## 6 Vergleich der Veränderung der FFH-Lebensraumtypen und -arten zwischen 2018 und 2021

Im Jahr 2018 wurde der FFH-Managementplan für das Gebiet von der beauftragten Arbeitsgemeinschaft „Arge MP Spreewald“, bestehend aus den Büros LB Planer+Ingenieure, Landschaft planen+bauen Berlin, Institut für angewandte Gewässerökologie und Natur+Text, vorgelegt, der auch eine detaillierte Lebensraumtypen-Kartierung und eine Kartierung der vorkommenden relevanten Arten der FFH-Richtlinie enthielt. Im Jahr 2021, nach dem erstmaligen Austrocknen des Luchsees, beauftragte die Biosphärenreservatsverwaltung eine nochmalige Kartierung mit derselben Methodik, um die Veränderungen wissenschaftlich zu dokumentieren. In diesem Gutachten wurden die Zustände von 2018 und 2021 verglichen. Damit kommt das Biosphärenreservat Spreewald seiner gesetzlichen Verpflichtung nach, „der Forschung und der Beobachtung von Natur und Landschaft“ zu dienen.

Folgende Veränderungen konnten durch die Auftragnehmer dokumentiert werden:

Der Lebensraumtyp Dystrophe Seen und Teiche (LRT 3160) hatte in beiden Jahren unverändert den Erhaltungsgrad „C“, da der stark gestörte Wasserhaushalt als wesentliche Beeinträchtigung bereits seit Jahren vorlag. Die Ansprache des LRT 3160 trotz nur temporärer Wasserführung in den Jahren 2020 und 2021 hat methodische Gründe. Es wurde ein vermehrtes Aufkommen von Rohrkolben auf der temporären Wasserfläche festgestellt. Während 2018 noch sieben charakteristische Arten gefunden wurden, waren es 2021 nur noch fünf. Es fehlten Faden- und Schlamm-Segge (*Carex lasiocarpa* und *Carex limosa*).

Übergangs- und Schwingrasenmoore (LRT 7140) sind in ihrer Flächenausdehnung von 6,7 Hektar im Jahr 2018 auf 3,7 Hektar im Jahr 2021 zurückgegangen. Der Erhaltungsgrad war in bei-

den Jahren schlecht („C“). Es wurde ein schnelles Zuwachsen der Offenflächen dokumentiert, was einen Verlust der den LRT kennzeichnenden Arten durch Trockenheit, besonders aber durch Beschattung, nach sich zog. Insgesamt wurden von 23 charakteristischen Gefäßpflanzenarten, die noch in den 1990er-Jahren vorkamen, 2021 nur noch 17 Arten, davon neun für den LRT kennzeichnende, gefunden. Der LRT 7150 (Torfmoor-Schlenken) blieb in seiner sehr kleinen Flächenausdehnung noch stabil. Aber auch hier hat sich das Arteninventar verschlechtert – wurden seit den 1990er-Jahren sechs charakteristische Arten erfasst, waren es 2018 und 2021 nur noch drei.

Der LRT Moorwälder (91D0\*) hat in dem Drei-Jahres-Zeitraum von 39 auf 43 Hektar zugenommen. Auch er leidet unter dem extremen Wassermangel, zeigt sich sehr dicht und fast ohne Krautschicht. Seit den 1990er-Jahren wurden für diesen LRT 28 charakteristische Gefäßpflanzenarten kartiert, davon 2021 noch 17 charakteristische Arten, davon neun LRT-kennzeichnend.

Zusammenfassend ist für die Flora festzustellen, dass im FFH-Gebiet „Luchsee“ seit Beginn der 1990er-Jahre bis 2021 131 Gefäßpflanzenarten erfasst wurden. Davon sind sieben gemäß Bundesartenschutz-Verordnung besonders geschützt, 14 gemäß der Roten Liste Deutschland und 17 Arten nach der Roten Liste Brandenburg als gefährdet (Kategorie 1–3) eingestuft. Im Vergleich zu den zusammengefassten Vorkartierungen (1994, 2003 und 2018) konnten im Jahr 2021 insgesamt 25 Gefäßpflanzenarten weniger erfasst werden, was fast 20 % der Gesamtartenzahl entspricht.

Auf der Ebene der LRT nach FFH-Richtlinie lassen sich die Veränderungen zwischen 2018 und 2021 wie folgt zusammenfassen:

Tab. 2: Vergleich der Flächenkulissen der Lebensraumtypen im FFH-Gebiet „Luchsee“ (Institut für angewandte Gewässerökologie 2021)

Code	Bezeichnung des LRT	Ergebnis der Kartierung							
		LRT-Fläche 2018 (Auswertung 2021)				LRT-Fläche 2021			
		ha <sup>3</sup>	Anzahl Hauptbiotop	Anzahl Begleitbiotop	Aktueller EHG	ha <sup>3</sup>	Anzahl Hauptbiotop	Anzahl Begleitbiotop	Aktueller EHG
3160	Dystrophe Seen und Teiche	7,3	1	–	C	7,2	1	–	C
7140	Übergangs- und Schwingrasenmoore	6,7	5	7 <sup>4</sup>	C	3,7	5	3 <sup>5</sup>	C
7150	Torfmoor-Schlenken	0,02	–	1	C	0,02	–	1	C
9110	Hainsimsen-Buchewald	0,6	1	–	C	0,7	2	–	C
9190	Alte bodensaure Eichenwälder	0,5	1	–	B	0,2	1	–	B

Code	Bezeichnung des LRT	Ergebnis der Kartierung							
		LRT-Fläche (Auswertung 2021)				LRT-Fläche 2021			
		ha <sup>3</sup>	Anzahl Haupt- biotop	Anzahl Begleit- biotop	Aktueller EHG	ha <sup>3</sup>	Anzahl Haupt- biotop	Anzahl Begleit- biotop	Aktuel- ler EHG
91DO *	Moorwälder	39,3	3	2	C	42,7	4	1	C
	<b>Summe</b>	<b>54,4 2</b>	<b>11</b>	<b>10</b>		<b>54,52</b>	<b>13</b>	<b>5</b>	

\* prioritärer Lebensraumtyp

<sup>1</sup> Prozent an der Gesamtfläche des FFH-Gebietes

<sup>2</sup> EHG = Erhaltungsgrad: A = hervorragend, B = gut, C = mittel bis schlecht, 9 = nicht bewertbar

<sup>3</sup> die Angaben umfassen Flächen- und Linienbiotop; Begleitbiotop sind ebenfalls eingerechnet (Begleitbiotop = prozentualer Flächenanteil am Hauptbiotop)

<sup>4</sup> in vier Hauptbiotopen

<sup>5</sup> in drei Hauptbiotopen

Die vergleichende Kartierung des FFH-Gebietes Luchsee 2018 und 2021 umfasste auch die im Gebiet historisch nachgewiesenen FFH-Arten Große Moosjungfer (*Leucorrhinia pectoralis*) und eine weitere sehr sensible Falter-Art, deren Name nicht veröffentlicht werden darf.

Die Große Moosjungfer wurde letztmalig 1979 bis 1983 als Imago in geringen bis mittleren Individuendichten am Luchsee nachgewiesen (LfU 2018). In den beiden Kartierungsjahren 2018 und 2021 gelang trotz intensiver Suche kein Nachweis. Es wurden 2018 nur noch kleinräumig und 2021 keine geeigneten Habitatstrukturen – Verlandungsstufen, die locker von Tauchblattvegetation und von Schwimmblattpflanzen oder niedrigwüchsigen emersen Pflanzen durchsetzt sind – mehr nachgewiesen. Es ist deshalb davon auszugehen, dass die Population der Großen Moosjungfer am Luchsee aktuell erloschen ist. Als primäre Ursache dafür ist der gesunkene Wasserstand und damit der Verlust flächiger submerser und emerser Vegetation anzunehmen.

Die sehr sensible Falter-Art wurde im Zeitraum 1990 bis 2014 am Luchsee zeitweise noch mit bis zu 150 Exemplaren gezählt (Gelbrecht et al. 2016). Im Jahr 2018 konnten dagegen nur noch 52 Falter und 2021 nur noch neun Falter nachgewiesen werden. Auch hier ist der drastische Rückgang der geeigneten Habitate, nämlich eines Mosaiks aus Torfmoosen (*Sphagnum spec.*), Moosbeere (*Vaccinium oxycoccos*) und Wollgras (*Eriophorum spec.*) am West- und Nordufer des Sees, als Ursache festzustellen. Auch auf den verbliebenen Habitatflächen führten Veränderungen der Vegetation – bedingt durch Austrocknung – zu Beeinträchtigungen der Habitatqualität. So hat auch die Population der Falter-Art eine für das Überleben am Luchsee kritische Größe erreicht.

## 7 Treibhausgasemissionen

Im Auftrag des Landesbetriebes Forst Brandenburg (LFB) wurden in einer studentischen Arbeit an der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (Lutze 2021) Berechnungen des gespeicherten Kohlenstoffs (CARBSTOR-Modell) und der aktuellen Treibhausgasemissionen

(GEST-Modell) durchgeführt. Diese ergaben, dass in den Moorflächen um den Luchsee mindestens 115 744 Tonnen Kohlenstoff gespeichert sind, wobei diese Zahl sehr konservativ berechnet wurde, da die Mudden unter dem See nicht einbezogen wurden.

Die Treibhausgasemissionen stellen sich im Vergleich dreier Zeitpunkte wie folgt dar:

Tab. 3: Treibhausgasemissionen des Luchsee-Moores historisch, 2017/18 und prognostiziert (2018+) (Lutze 2021)

Aufnahme	Summe der THG° auf der Untersuchungsfläche von 2017/18 [t CO <sub>2</sub> -Äq./ a]	Durchschnittliche THG° auf der gesamten Fläche [t CO <sub>2</sub> -Äq./a*ha]
1964	119	2
2017/2018	400	7
2018+	683	14

3: °THG = Treibhausgasemissionen

Es wird deutlich, dass sich die jährlichen Treibhausgasemissionen durch die Austrocknung des Moores in den letzten Jahrzehnten mehr als verdreifacht haben. Für die Zukunft ist mit einer weiteren deutlichen Erhöhung zu rechnen, wenn keine grundlegende Veränderung der Wassersituation eintritt und die Austrocknung weiter voranschreitet (siehe Tab. 3, Zeile 4 unter 2018+).

## 8 Detailliertere Untersuchungen des Wasserhaushaltes und der Geologie

Das Absinken des Grundwasserstandes und das Austrocknen des Luchsees bewegen viele engagierte Akteure und Institutionen und letztlich auch die Politik. Deshalb wurden und werden weitere Anstrengungen unternommen, um die Situation zu verbessern. Voraussetzung dafür ist allerdings Klarheit über die Ursachen der Entwicklung. Deshalb hat sich der Bund für Umwelt und Naturschutz (BUND) Brandenburg entschlossen, ein Förderprojekt zu initiieren, um zehn weitere Grundwassermessstellen im Einzugsgebiet des Luchsee-Moores und vier Moorpegel zu errichten. Dies erfolgte im Jahr 2022. Bei den Bohrungen sind auch Bohrkerne gewonnen worden, die geologisch untersucht werden sollen. Untersucht werden:

- die geologischen Verhältnisse zwischen dem Luchsee-Becken und dem Wasserwerk Krausnick,
- die Mächtigkeit bzw. das Vorkommen einer deckenden Mergelschicht zwischen dem 1. und 2. Grundwasserleiter und
- die Grundwasserstände bis hin zum 2. Grundwasserleiter.

Das Vorhaben wurde vom Land Brandenburg mit fast 220 000 € aus Landes- und EU-Mitteln gefördert. Die Messstellen werden von der Biosphärenreservatsverwaltung betreut, wo auch die Daten gesammelt und dann in der Fachabteilung des Landesamtes für Umwelt Brandenburg (LfU), in Kombination mit den seit Jahren erhobenen Pegeldata, ausgewertet werden. Um verlässliche Aussagen zu der Frage treffen zu können, ob die Ursache für die Austrocknung

des Luchsee-Moores doch mit dem Wasserwerk Krausnick oder der Entwässerung des Polders Krausnick zusammenhängt, müssen jedoch mindesten fünf Beobachtungsjahre vergehen.

## **9 Möglichkeiten der Wiedervernässung des Luchsee-Moores durch geklärtes Abwasser**

Etwa 4 km westlich des Luchsees befindet sich das bekannte Tropical Islands Resort, Europas größte tropische Urlaubswelt in einer der größten freitragenden Hallen der Welt. Im Resort und den angegliederten Ferienhäusern fallen täglich bis zu 700 m<sup>3</sup> häusliches Abwasser an. Dieses wird bisher in eine 23 km entfernte Kläranlage gepumpt und nach konventioneller Reinigung in die Spree eingeleitet und verlässt so die Region, aus der das Frischwasser gefördert wurde. Dieser Zustand ist generell dem angespannten Grundwasserhaushalt in Südbrandenburg abträglich.

Gegebenenfalls bietet sich eine Chance, dem Luchsee-Moor das fehlende Wasser zuzuführen. Das Wasser- und Abwassertechnische Forschungsinstitut, WAFI GmbH, hat dazu in Abstimmung mit der Tropical Island Management GmbH und zahlreichen Behörden die Idee entwickelt, häusliches Abwasser von Tropical Islands vor Ort aufzubereiten und gezielt zur Wiedervernässung des Luchsee-Moores zu verwenden (WAFI GmbH 2023). Dabei soll eine innovative Kläranlage das Abwasser so reinigen, dass spezielles Brauchwasser, vergleichbar mit Regenwasserqualität, entsteht. Dieses Brauchwasser soll durch die Aufbereitungsanlage und eine Vakuumdestillation von Schwermetallen, Salzen, Ölen, Fetten, Tensiden und praktisch von allen wassergefährdenden Stoffen befreit werden. Die Einleitung des so gereinigten Wassers könnte nach bisherigem Erkenntnisstand als ringförmige Versickerung unterirdisch über den oberen Grundwasserleiter im westlichen Einzugsgebiet des Luchsees erfolgen. Gegenwärtig liegt eine Machbarkeitsstudie der WAFI GmbH vor, die aufzeigt, dass eine wirksame Pilotkläranlage für 300 m<sup>3</sup>/Tag einen Forschungs-, Planungs- und Investitionsaufwand von ca. 3,7 Millionen € (netto) haben wird (WAFI GmbH 2023). Davon betragen die Forschungs- und Planungskosten etwa 200 000 €. Die Betriebskosten der Pilotkläranlage liegen nach derzeitiger Einschätzung bei etwa 2 €/m<sup>3</sup> und zusätzlich noch mindestens 1,50 €/m<sup>3</sup> Brauchwasser für die Nachbehandlung. Gegenwärtig prüfen die zuständigen Behörden die Genehmigungsfähigkeit der Anlage. Für eine Realisierung werden jedoch öffentliche Mittel benötigt, nach denen gegenwärtig intensiv sondiert wird.

## **10 Fazit**

Die Situation des Luchsee-Moores zeigt deutlich, dass der Klimawandel im Süden Brandenburgs bereits Realität ist und massiven Einfluss auch auf streng geschützte Naturschutzgebiete hat. Unter den gegenwärtigen Klimabedingungen sind die ursprünglich definierten Schutzziele nicht mehr zu erreichen und die angewandten Naturschutzmethoden müssen auf den Prüfstand gestellt werden. Am Beginn dieses Prozesses muss die Ursachenforschung stehen, um wirklich wirksame Schutzmaßnahmen definieren zu können und nicht in Aktionismus zu verfallen. Dazu ist es wichtig, möglichst viele Menschen und Institutionen über die kritische Lage des Naturschutzgebietes zu informieren und in diesen Prozess einzubinden. Im Zuge der Erarbeitung von wirksamen Schutzmaßnahmen ist Kreativität gefragt und auch bestehende gesetzliche Regelungen müssen kritisch hinterfragt und mit Blick auf den Schutzzweck des Gebietes bewertet werden. Letztlich müssen ggf. neue Prioritäten gesetzt werden. Die Umsetzung wirksamer Schutzmaßnahmen ist kostenintensiv. Deshalb ist es wichtig und wünschenswert, dass sich Allianzen zum Schutz der Natur bilden. Wenn sich daran auch private Unter-

nehmen beteiligen, ist dies besonders lobenswert, profitieren letztlich doch auch sie von einer intakten Natur.

## 11 Literaturverzeichnis

- DWD (Deutscher Wetterdienst) (2019): Klimareport Brandenburg. 1. Aufl., Offenbach am Main, Deutschland. [https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimareport\\_bb/klimareport\\_bb\\_2019\\_download.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=5](https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimareport_bb/klimareport_bb_2019_download.pdf?__blob=publicationFile&v=5) (letzter Zugriff: 22.03.2023).
- Gelbrecht, J., Clemens, F., Kretschmer, H., Landeck, I., Reinhardt, R., Richert, A., Schmitz, O. & Rämisch, F. (2016): Die Tagfalter von Brandenburg und Berlin (Lepidoptera: Rhopalocera und Hesperidae). – Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg 25(3/4): 1–327.
- Großer, K.-H. (1964): Vegetationskarte des Naturschutzgebietes „Luchsee“. Institut für Landesforschung und Naturschutz Halle (unveröffentlicht).
- Institut für angewandte Gewässerökologie GmbH (2021): Vegetationskundliche und faunistische Kartierung des FFH-Gebietes „Luchsee“ (unveröffentlichtes Gutachten).
- Juschus, O. (2001): Das Jungmoränenland südlich von Berlin – Untersuchungen zur jungquartären Landschaftsentwicklung zwischen Unterspreewald und Nuthe. Dissertation an der Humboldt-Universität zu Berlin, 272 S., <http://www.kaartopmaat.eu/D/Publikationen/2001/Dissertation%2001af%20Juschus.pdf> (letzter Zugriff: 22.03.2023).
- Juschus, O. (2009): Gutachterliche Stellungnahme zum Luchseemoor bei Krausnick. Berlin.
- Juschus, O. & Albert, H. (2010): Sinkende See- und Grundwasserstände im Naturschutzgebiet „Luchseemoor“ (Spreewald, Brandenburg) – Landschaftsgeschichtliche und hydrologische Befunde. In: Aktuelle Probleme im Wasserhaushalt von Nordostdeutschland: Trends, Ursachen, Lösungen. Scientific Technical Report 10/10. Deutsches GeoForschungszentrum, Potsdam: 86–92.
- LBGR (Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe des Landes Brandenburg) (2021): Stellungnahme zur Wasserfassung (WF) Krausnick bei Förderung der wasserrechtlich genehmigten Wassermenge (Stand: 31.07.2020). Cottbus.
- LfU (Landesamt für Umwelt) (2018): Geo- und Sachdaten zu Libellen, Stand der Daten: 1979–2010.
- LfU (Landesamt für Umwelt) (2020): Stellungnahme zum Einfluss der Grundwasserförderung der Wasserfassung Krausnick auf den Luchsee (Stand: 12.08.2020).
- LfU (Landesamt für Umwelt) (2021): Wasserproblematik Luchsee – Wasserwerk Krausnick – Stand 31.03.2021.
- Lutze, M. (2021): Luchsee-Moor – Berechnung des gespeicherten Kohlenstoffs (CARBSTOR-Modell) und der aktuellen Treibhausgasemissionen (GEST-Modell) (unveröffentlichtes Gutachten).
- MLUK (Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg) (2019): Managementplan für das FFH-Gebiet „Luchsee“. <https://lfu.brandenburg.de/daten/n/natura2000/managementplanung/053/FFH-MP053.pdf> (letzter Zugriff: 22.03.2023).
- NatSGSpreewV (1990): Verordnung über die Festsetzung von Naturschutzgebieten und einem Landschaftsschutzgebiet von zentraler Bedeutung mit der Gesamtbezeichnung „Biosphärenreservat Spreewald“ vom 12. September 1990, geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 19. Mai 2014 (GVBl.II/14, [Nr. 28]). <https://bravors.brandenburg.de/verordnungen/natsgspreewv> (letzter Zugriff: 22.03.2023).
- Pfützner, B. & Mey, S. (2007): Modellierung des Landschaftswasserhaushalts im Einflussbereich des Moores „Luchsee“ (unveröffentlichtes Gutachten).
- UBB – Umweltvorhaben Dr. Klaus Möller GmbH (2019): Verbesserung und Stabilisierung des Wasserhaushalts im Waldmoor Luchsee, Genehmigungsplanung. Antragsteller: BUND Brandenburg.

WAFI GmbH (2023): Machbarkeitsstudie Wiedervernässung Luchseemoor durch eine Pilotanlage von Tropical Islands (unveröffentlicht).

Weiss, S. (1999): Vegetationskundliche Untersuchungen zu Veränderungen der Vegetation des NSG „Luchsee“ zwischen 1964 und 1999 (unveröffentlichter Praktikumsbericht HNEE).

**Adresse der Autoren:**

Dipl.-Forsting. Eugen Nowak

Dr. rer. pol. Nico Heitepriem

BSc Geogr. & Env. Man. Ayomide Akinfasoye

Biosphärenreservat Spreewald

Schulstr. 9

03222 Lübbenau

E-Mail: eugen.nowak@lfu.brandenburg.de

E-Mail: nico.heitepriem@lfu.brandenburg.de

E-Mail: fasoyemide07@gmail.com

## **Klimawandelinduzierte Veränderungen und daran anzupassendes Schutzgebietsmanagement im Biosphärenreservat Mittelelbe**

Guido Puhlmann

### **Zusammenfassung**

1979 wurde das Biosphärenreservat Mittelelbe erstmals von der UNESCO anerkannt und seitdem mehrfach auf mittlerweile 400 Flusskilometer in fünf Bundesländern als länderübergreifendes Biosphärenreservat Flusslandschaft Elbe erweitert. In Sachsen-Anhalt umfasst das Biosphärenreservat Mittelelbe (BRME) heute 303 Flusskilometer der Elbe sowie die Unterläufe von Schwarzer Elster, Saale, Mulde und Havel. Es bildet so das größte zusammenhängende Schutzgebiet in einer Flusslandschaft in Deutschland mit einer einzigartigen Naturlandschaft, die auch im gesamteuropäischen Maßstab besondere Bedeutung genießt. Fast alle bedeutsamen Lebensräume in Fluss und Aue sind direkt oder indirekt von der Wasserführung der Elbe abhängig. Eine zentrale Rolle im Management dieses Schutzgebiets spielt somit das Wasser und seine Funktion in Fluss und Aue in Bezug auf die entsprechenden typischen ökologischen und morphologischen Strukturen und die strukturbildenden dynamischen Prozesse. In der historischen und jüngeren Vergangenheit durchgeführte Maßnahmenkomplexe verschiedensten Ursprungs verursachten in Fluss und Auen sowie im gesamten Elbeeinzugsgebiet neben den gewünschten positiven Aspekten (Hochwasserschutz, Verkehr, Landwirtschaft) gleichzeitig auch Probleme u. a. in den Bereichen Wasserhaushalt, Wasserabfluss, Landnutzung, Ökosystemfunktion, Arteninventar und regionaler Wertschöpfung. Alle diese „Elbeprobleme“ wie auch die anthropogen bedingte Sohlerosion in einem großen Elbebereich betreffen dabei auch das Biosphärenreservat und müssen in Zukunft weiter ganzheitlich angegangen werden.

Die Folgen des Klimawandels und der Sohlerosion bedrohen die auentypische Landnutzung, UNESCO-Welterbe, das Biosphärenreservat und die auentypischen Ökosysteme. Die Bewältigung der vorgenannten Situation ist in Verbindung mit den notwendigen Anpassungen an den Klimawandel eine große Herausforderung für die Gesellschaft. Ausgehend von den seit Jahren im Biosphärenreservat gemachten Erfahrungen mit großen Auenrenaturierungsprojekten werden aktuelle und zukünftige Möglichkeiten zur praktischen Umsetzung des für die Bewältigung des Klimawandels notwendigen Handelns im Zusammenspiel vieler Verantwortlicher beschrieben. Das Gesamtkonzept Elbe (GKE) bietet dabei als Ergebnis langjähriger, solider fachlicher Ausarbeitung unter Beteiligung von Bund, Ländern und wichtiger gesellschaftlicher Organisationen eine ausreichend mittel- bis langfristige orientierte Grundlage und Begründung für das notwendige Handeln.

### **Summary**

The Middle Elbe Biosphere Reserve was recognized by UNESCO for the first time in 1979 and has since been expanded several times. Today it expands on 400 kilometres of river in five federal states as the transterritorial Elbe River Landscape Biosphere Reserve. In Saxony-Anhalt, the Middle Elbe Biosphere Reserve (BRME) now encompasses 303 kilometres of the Elbe river and the lower reaches of the rivers Schwarzer Elster, Saale, Mulde and Havel. It thus forms the largest contiguous protected area in a river landscape in Germany with a unique natural environment that is also of particular importance on a pan-European scale.

Almost all significant habitats in the river and floodplain are directly or indirectly dependent on the water of the river Elbe. Water and its functions in the river and floodplain with the corresponding typical ecological and morphological structures and the dynamic processes that formed these structures therefore play a central role in the management of this protected area. Past complexes of measures that were carried out in the river and floodplain as well as in the entire Elbe catchment area caused not only the desired positive aspects (flood protection, traffic, agriculture) but also problems in the areas of water balance, water runoff, land use, ecosystem functions, biodiversity and regional value creation. All of these „Elbe problems“ as well as the anthropogenically caused bed erosion in a large area of the river also affect the biosphere reserve and should be tackled holistically in future.

In line with the aforementioned situation the necessary adjustments to climate change are a major future challenge for our society. Climate change and bed erosion threaten the land use in flood plains, the UNESCO World Heritage, the biosphere reserve and the typical floodplain ecosystems. Future possibilities for the practical implementation of actions which are necessary to deal with climate change are described, based on the experiences with large floodplain renaturation projects and the cooperation with various partners. As a result of many years of solid professional development involving the federal government, federal states and important social organizations, the „Gesamtkonzept Elbe“ (GKE) offers a sufficiently medium to long-term basis, justifying necessary actions.

## **1 Vorbemerkungen**

Biosphärenreservate sind Modellregionen der UNESCO für nachhaltige Entwicklung und damit weltweit repräsentativ ausgewählte Orte, an denen gute, übertragbare Beispiele nachhaltigen Lebens, Wirtschaftens und des Schutzes natürlicher Ressourcen entwickelt sowie umgesetzt werden. Daran wurde 1979 erstmals in Deutschland mit der Anerkennung des Vessertals in Thüringen und des Steckby-Lödderitzer Forstes in Sachsen-Anhalt als Biosphärenreservate im seit Anfang der 1970er-Jahre bestehenden UNESCO-Programm „Man and Biosphere (MAB)“ angeknüpft. 1990 wurde im Rahmen des Nationalparkprogramms der letzten DDR-Regierung das 1988 um das Gartenreich Dessau-Wörlitz erweiterte UNESCO-Biosphärenreservat (BR) Mittelelbe auf fast 80 Stromkilometer der Elbe zwischen Lutherstadt Wittenberg und Magdeburg als BR Mittlere Elbe ausgedehnt. 1997 erfolgte eine wesentliche Erweiterung dieses Großschutzgebietes auf über 400 Flusskilometer in fünf Bundesländern. Seitdem besteht international das Biosphärenreservat Flusslandschaft Elbe, welches national aus vier einzelnen Schutzgebieten besteht (Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalaue, Biosphärenreservat Flusslandschaft Elbe-Brandenburg, Biosphärenreservat Mecklenburgisches Elbtal, Biosphärenreservat Mittelelbe). In Sachsen-Anhalt umfasst das Biosphärenreservat Mittelelbe (BRME) heute 303 Flusskilometer der Elbe sowie die Unterläufe von Schwarzer Elster, Saale, Mulde und Havel einschließlich des 14 300 Hektar großen UNESCO-Weltkulturerbes Gartenreich Dessau-Wörlitz (Abb. 1). Es bildet somit das größte zusammenhängende Schutzgebiet in einer Flusslandschaft in Deutschland mit einer einzigartigen Naturlandschaft, die auch im gesamt-europäischen Maßstab besondere Bedeutung genießt. In der Region Dessau ist die größte Artenvielfalt einer Flussauenlandschaft in Deutschland dokumentiert, von den einzigartigen Hartholzauenwäldern über Auengewässer und Stromtalwiesen mit einer ziemlich vollständigen faunistischen Artenvielfalt bis hin zu der naturnahen Wildflusslandschaft des Nebenflusses Mulde (WWF 2016, schriftl. Mitteilung).

Fast alle bedeutsamen Lebensräume in Fluss und Aue sind direkt oder indirekt von der Wasserführung der Elbe abhängig. Eine zentrale Rolle im Management dieses Schutzgebiets hat somit das Wasser und seine Funktion in Fluss und Aue mit den entsprechenden typischen ökologischen und morphologischen Strukturen und den diese Strukturen bildenden dynamischen Prozessen. Die Redynamisierung in Fluss und Aue, das nachhaltige Management der Fluss- und Auenstrukturen sowie die Erweiterung der Hochflutaue sind somit zentrale Aspekte. Eine Vielzahl von Naturschutzprojekten und weiteren Aktivitäten widmet sich daher der Sanierung von nicht wieder neu entstehenden Altwässern und der Renaturierung von großräumig ausgedehnten Fluss- und Auenbereichen. Die erfolgreiche Erweiterung der Hochflutaue durch Deichrückverlegungen, das seit 1980 laufende Altwassersanierungsprogramm und die ökologische Gestaltung der Wasserstraßenunterhaltung sind an der Elbe inzwischen beispielgebend für große Flüsse in Europa.

Da im BRME fast alles (typische Ökosysteme, Arteninventar, Landnutzung etc.) vom Wasserhaushalt abhängig ist oder einfacher gesagt „am Wasser hängt“, fokussieren die folgenden Ausführungen auf diesen Themenbereich. In den Zeiten des spürbaren Klimawandels ist es unerlässlich, den Blick dabei auch auf die zukünftigen Entwicklungen zu diesem Thema zu richten.



Abb. 1: Räumliche Entwicklung des Biosphärenreservates Mittelelbe. Quelle: Archiv BR Mittelelbe



Abb. 2: Elbaue bei Lutherstadt Wittenberg mit ca. 7 km breitem Überschwemmungsgebiet. Foto: A. Hilgers für WSA Dresden

## 2 Zum Status quo der Elbe

Bei der Betrachtung notwendiger Anpassungen an die Folgen des Klimawandels ist eine Analyse des Status quo unentbehrlich. Für das Elbegebiet sind Prognosen zu klimabedingten Veränderungen gut untersucht und dokumentiert (BMVI 2015, UBA 2021). Bei Flüssen sind sowohl räumlich eine Betrachtung des vom Bezugsort oberhalb liegenden Teils des Einzugsgebietes als auch zeitlich eine Betrachtung der letzten 1000 Jahre anthropogener Einflüsse sinnvoll.

Die Elbe blieb über lange Zeit ein natürlicher Fluss, wenngleich schon frühzeitig mit dem Durchstich von Mäandern (Flusskrümmungen) begonnen wurde. Im Ergebnis des Wiener Kongresses (1814) erfolgte ihr Ausbau zu einer Schifffahrtsstraße. Dieser Ausbau endete in den 1930er-Jahren, sodass der Fluss zwar eine Festlegung des Flussbettes erfuhr, im Gegensatz zu sonstigen mitteleuropäischen Flüssen aber freifließend in einem relativ „naturnahen“ Zustand bis heute verblieb. Mit der sprunghaften Verbesserung der Gewässerqualität der Elbe und ihrer Nebenflüsse nach 1990 erfolgte eine schnelle Wiederbesiedlung mit auen- und gewässertypischen Tier- und Pflanzenarten auf ein für mitteleuropäische Flüsse fast unerwartet hohes Niveau (Scholten et al. 2005). Seit der deutschen Einheit gibt es öffentlich kontrovers diskutierte Bestrebungen und Aktivitäten zur „Ertüchtigung“ der Leistungsfähigkeit der Wasserstraße, die vor allem durch sommerliche Niedrigwasser begrenzt wird. Gleichzeitig werden heute im Biosphärenreservat Mittelelbe im Ergebnis intensiver Auseinandersetzung bzw. Zusammenarbeit mit den Wasserstraßen- und Schifffahrtsämtern in bundesweit einmaligem Umfang Maßnahmen zur Verbesserung der ökologischen Verhältnisse im Rahmen der Wasserstraßenunterhaltung entwickelt und umgesetzt (Puhlmann 2017). 2017 wurde mit dem

vom Bund und den Elbeländern beschlossenen Gesamtkonzept Elbe ([www.gesamtkonzept-elbe.de](http://www.gesamtkonzept-elbe.de)) ein abgestimmter Handlungsrahmen mit gleichrangiger Betrachtung von Zielen der Wasserwirtschaft, des Naturschutzes und der Schifffahrt für die nächsten 30 Jahre erarbeitet und seitdem umgesetzt.

Zurückschauend sind die heute maßgeblichen morphodynamischen, hydrologischen und ökologischen Defizite durch den Hochwasserschutz und den Wasserbau begründet (u. a. > 80 % Verlust an Überschwemmungsflächen durch Eindeichung, Festlegung des Flussbetts seit Ende des 19. Jahrhunderts). Wasserbauliche Aktivitäten verfolgten in der Vergangenheit wie auch heute stets von der Gesellschaft vorgegebene Interessen. Früher spielten dabei ökologische Gesichtspunkte kaum eine Rolle.

Von wesentlichem Einfluss auf die Wasserverhältnisse, den Materialtransport im Fluss und die Beschaffenheit der Flüsse und Auen im Biosphärenreservat sind u. a. folgende Ergebnisse dieses Prozesses:

- Trotz heute noch bis zu 7 km breiter Überflutungsgebiete Verlust von mehr als 80 % des ehemaligen Überschwemmungsgebietes der Elbe durch Eindeichung (Abb. 6), damit fehlt u. a. Raum für die gestaltende Kraft des Wassers, den Hochwasserabfluss bzw. -rückhalt und die Grundwasserneubildung.
- Bau von Talsperren und Staueinrichtungen im gesamten Elbeeinzugsgebiet mit an jeweilige örtliche und überörtliche Nutzungsinteressen (Hochwasserschutz, Energieerzeugung; Wassernutzung, Trinkwassergewinnung, Schifffahrt etc.) angepasstem Steuerungsregime und fast vollständigem Geschieberückhalt.
- Festlegung des Flussbettes und Ausbau der Elbe als Wasserstraße sowie der Nebenflüsse mit anderer Zielsetzung.
- Wesentliche Nutzungsänderungen im gesamten Einzugsgebiet mit der Folge verstärkter Bodenerosion (Zunahme der Ackernutzung zulasten von Grünland und Wald), damit einhergehender schrittweiser Aufhöhung der rezenten Aue durch Auelehmbildung, stetiger Verringerung der natürlichen Wasserrückhaltung (Entwaldung, Umwandlung von Grünland in Ackerland, Flächenversiegelung) und Zunahme der Nährstoffeinträge in Gewässer bzw. Aue.
- Strukturverlust im Gewässer, im Uferbereich und im Vorland einschließlich Einschränkung des Regenerationspotenzials (strukturbildende Prozesse) mit Auswirkungen auf fluss- und auentypische Lebensräume und Arten.
- Beschleunigung der Wasserabführung in der Aue insbesondere nach Hochwasser durch Neuanlage, Ausbau und intensive Unterhaltung von Entwässerungssystemen einschließlich weiterer Maßnahmen großflächig wirkender Melioration, es gilt nach wie vor eher das Prinzip Abflussbeschleunigung statt Wasserrückhalt.

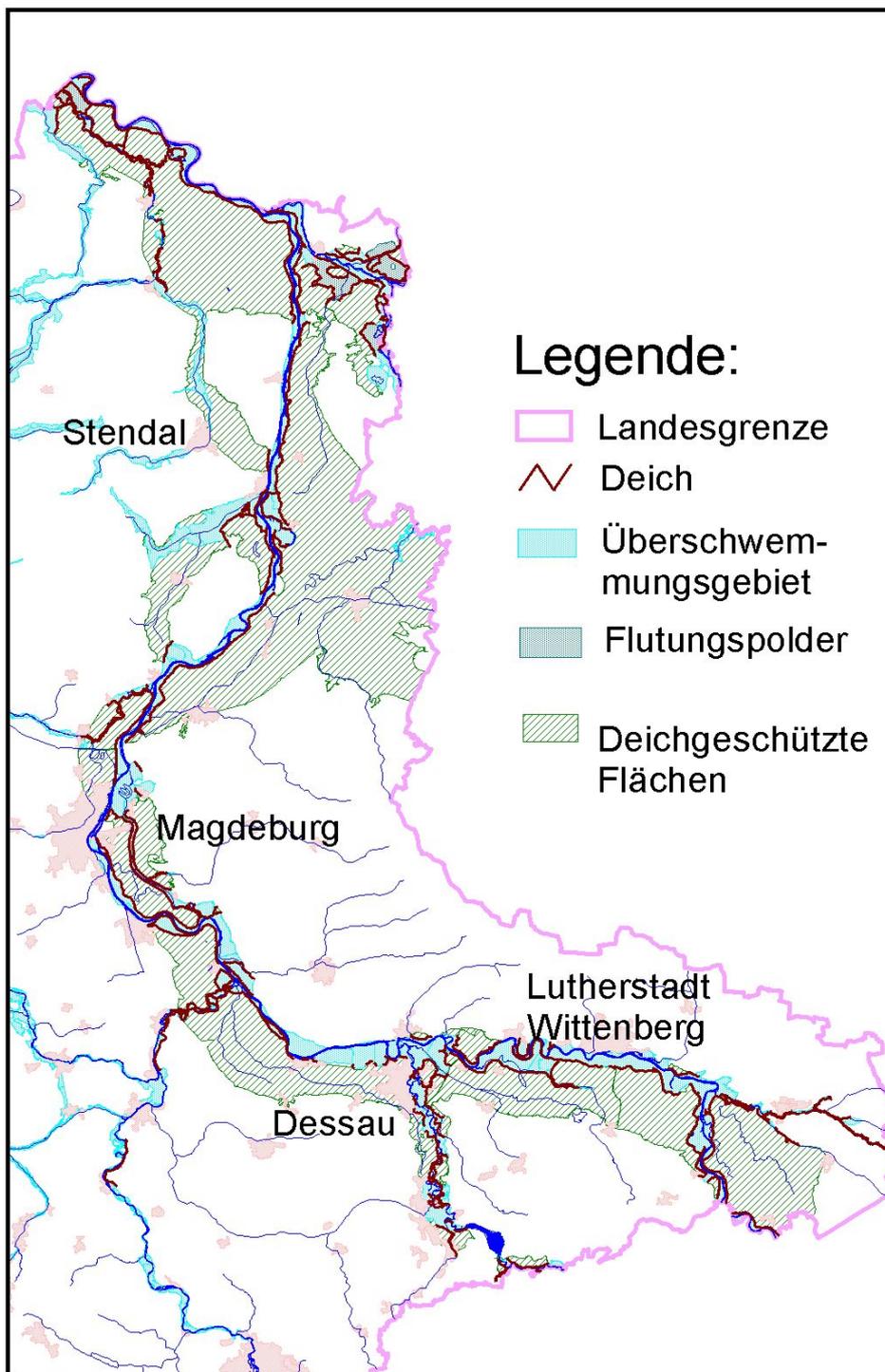


Abb. 3: Rezente und natürliche Aue der Elbe in Sachsen-Anhalt (LHW ST). Quelle: schriftl. Mitteilung LHW 2022

### 3 Problem Sohlerosion

„Natürliche Flusssysteme verändern durch das Wechselspiel zwischen Erosion und Anlandung ständig ihre Form und Gestalt. In ausgebauten Fließgewässern wie der Elbe sind der Selbstgestaltung jedoch enge Grenzen gesetzt. Morphologische Veränderungen können heute nur noch innerhalb des durch die Deiche begrenzten Querschnitts stattfinden und konzentrieren sich dort im Wesentlichen auf das durch Buhnen, Parallel- und

Deckwerke festgelegte Mittelwasserbett. Da die Bauwerke nur begrenzte Seitenerosion zulassen, kann sich das Flussbett nur noch in vertikaler Richtung verändern. In Abhängigkeit von Sedimentzufuhr und Transportvermögen kommt es entweder zur Eintiefung oder zur Aufhöhung der Sohle. Wenn sich Sedimentzufuhr und Transportvermögen die Waage halten, bleibt die Sohlhöhe im räumlichen und zeitlichen Mittel ‚stabil‘. Das ist an der Elbe zwischen Mühlberg bis hin zur Saalemündung nicht der Fall. Erosion ist die Folge.

Kennzeichnend für die Erosionsstrecke der Elbe zwischen Mühlberg und der Saalemündung ist der zeitlich anhaltende und räumlich ausgedehnte Trend zur Eintiefung der Gewässersohle. Die Entwicklung ist in der sedimentologisch-morphologischen Charakteristik der Erosionsstrecke begründet, wird aber auch durch anthropogene Eingriffe aus der Vergangenheit beeinflusst. Die mittlere Sohlerosionsrate beträgt ca. 1 cm/a, örtlich werden auch 2 cm/a erreicht. Die Sohleintiefung erfolgt dabei nicht kontinuierlich und nicht gleichmäßig über die gesamte Strecke. Die Folgen der Erosion für Funktionsfähigkeit und Standsicherheit des Regelungssystems, die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs sowie für die Landnutzung sind erheblich.

Neben den Auswirkungen, die die Erosion für die Elbe als Schifffahrtsweg hat, sind die Folgen der Absenkung von Gewässersohle und mittlerer Wasserspiegellage insbesondere für den Lebensraum Elbe mit seinen bedeutenden internationalen und nationalen Schutzgebieten als besonders nachteilig zu bewerten.“ (Auszug aus dem Sohlstabilisierungskonzept Elbe: [www.gesamtkonzept-elbe.de/Webs/Projektseite/GkElbe2020/SharedDocs/Downloads/Sohlstabilisierungskonzept.htm](http://www.gesamtkonzept-elbe.de/Webs/Projektseite/GkElbe2020/SharedDocs/Downloads/Sohlstabilisierungskonzept.htm)).

Die aktuelle Sohlerosion ist vor allem oberhalb der Saalemündung das wesentlichste Problem der Mittelelbe. Die Eintiefung der Elbe und der damit verbundene Wasserspiegelverfall mit dem korrespondierenden Einfluss auf die Grundwasserstände wirken ähnlich wie bei der Mulde unterhalb des Muldestausees (Puhlmann & Rast 1997) weit über den Fluss hinaus negativ auf das Biosphärenreservat bzw. das Weltkulturerbe Gartenreich Dessau-Wörlitz sowie die Natura-2000-Gebiete, die Auenwälder, die Landnutzung und die Biodiversität. Im Biosphärenreservat Mittelelbe besteht im Streckenabschnitt Pretzsch bis Saalemündung besonderer Handlungsbedarf. Da Ursachen und Wirkungen sehr komplex sind, ist eine ausreichende erosionsmindernde Wirkung über die herkömmliche Unterhaltung selbst in Verbindung mit jährlicher Geschiebezugabe nicht mehr zu erzielen. Aus diesem Grund hat eine Bund-Länder-AG ein Sohlstabilisierungskonzept (Projektgruppe „Erosionsstrecke Elbe“, 2009) erarbeitet und über ein Pilotprojekt im Bereich der Elbe (Elbekilometer 185 bis 200) sollen weitgreifende Lösungsansätze praktisch erprobt werden. Das Land Sachsen-Anhalt war seit 1997 im Auftrag des Ministeriums für Wissenschaft, Umwelt und Energie durch die Biosphärenreservatsverwaltung in dieser Projektgruppe vertreten. Eine schnelle Umsetzung des Konzeptes auf der gewählten Pilotstrecke Klöden (Landkreis Wittenberg) sowie in enger Abstimmung und synergetischer Kopplung mit dem Naturschutzgroßprojekt Mittelelbe-Schwarze Elster zwischen Pretzsch und Gallin (Landkreis Wittenberg, Trägerschaft Heinz Sielmann Stiftung) und darüber hinaus ist aktuell und langfristig die vordringliche Aufgabe in diesem Elbeabschnitt.

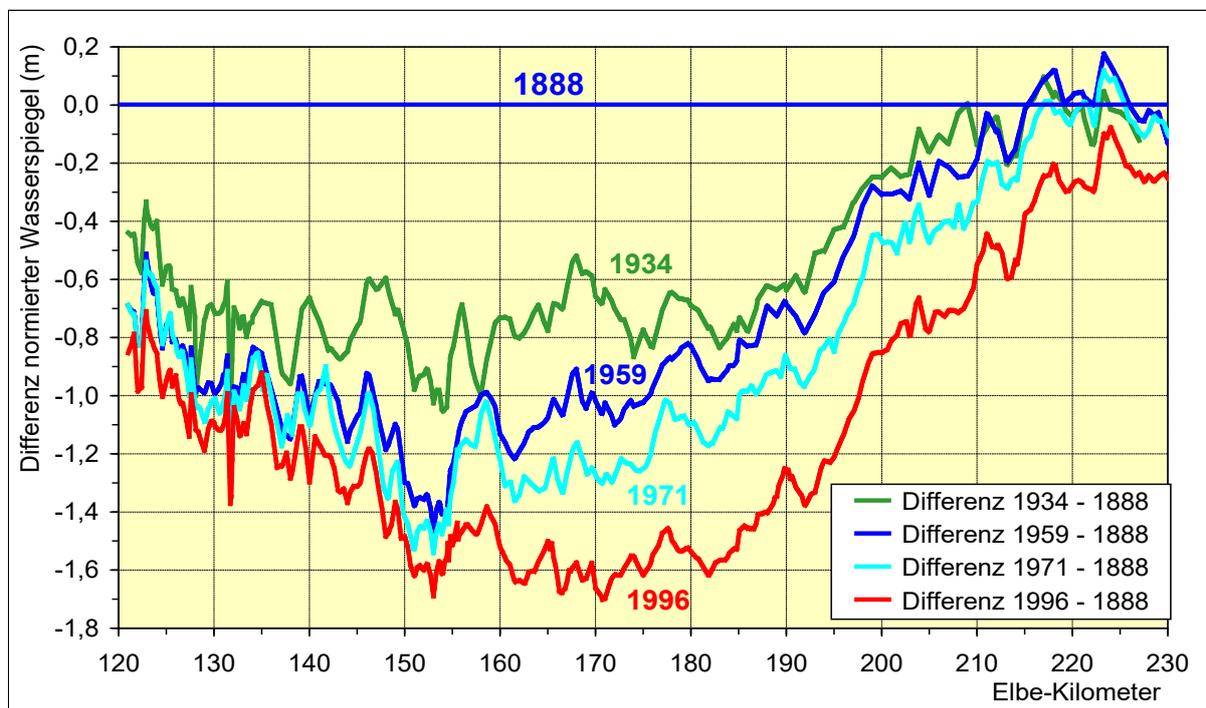
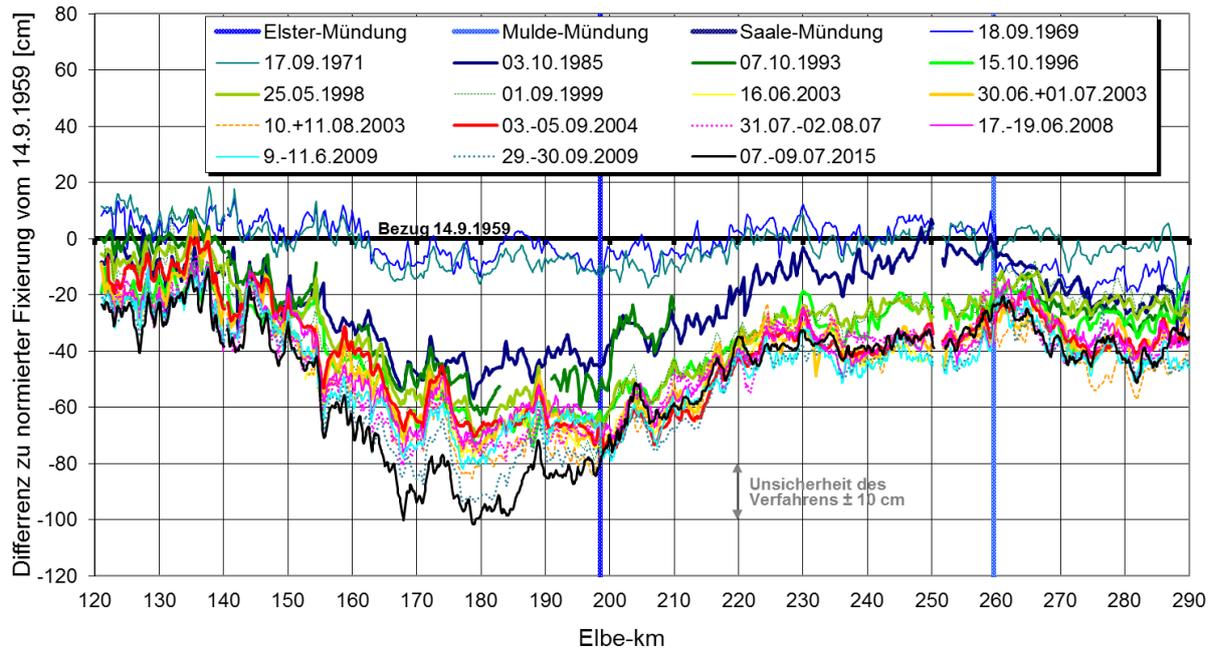


Abb. 4: Erosionsstrecke der Elbe von Fluss-km 120 bis 280: Erosionsstrecke der Elbe mit Eintiefungs-raten von bis zu 2 cm/Jahr seit mehr als 100 Jahren, hier seit 1959 und 1888 bezogen auf bei NW normierte Wasserspiegel. Quelle: Sohlstabilisierungskonzept Elbe und P. Faulhaber BAW Karlsruhe

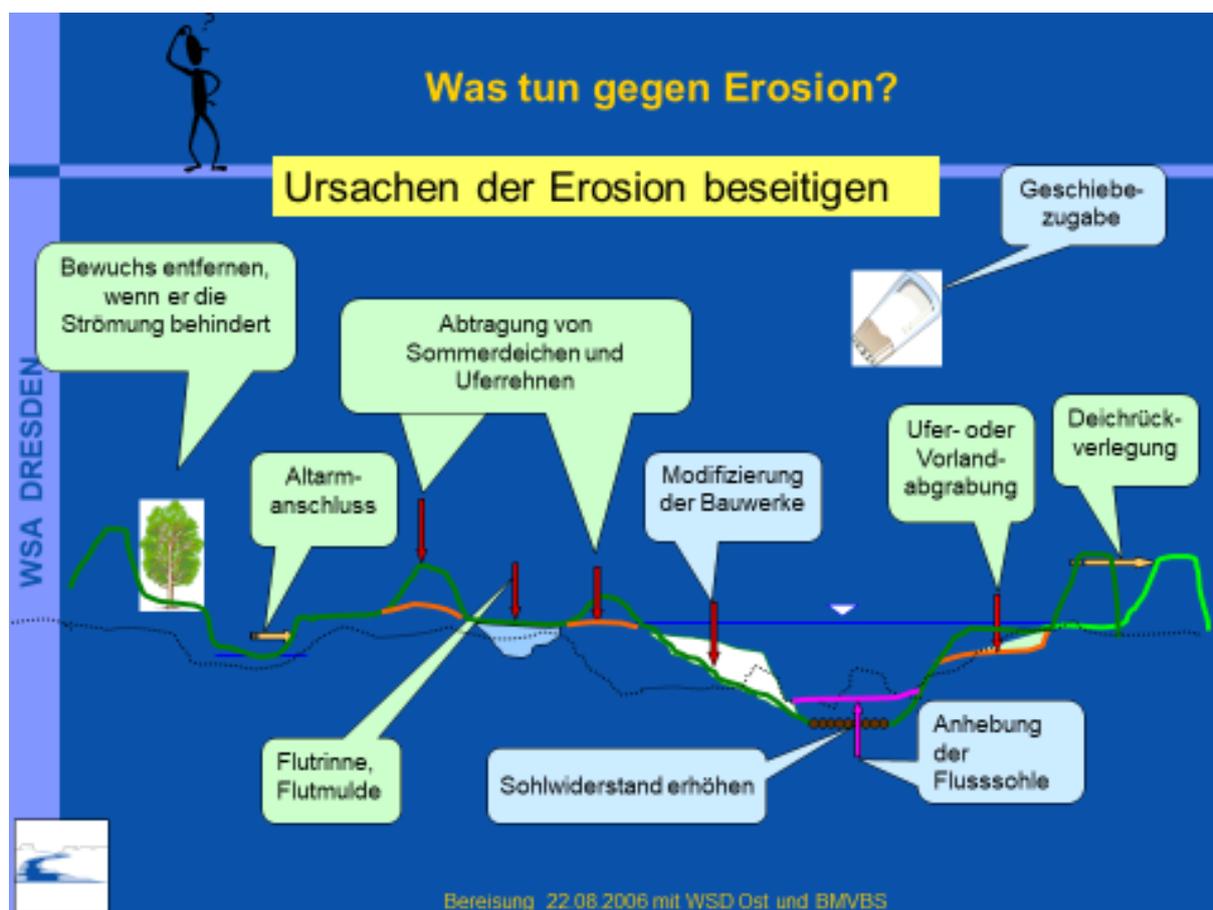


Abb. 5: Mögliche Maßnahmen zur Eindämmung der Sohlerosion. Grafik: P. Faulhaber BAW Karlsruhe – grün unterlegt Länderzuständigkeit, blau unterlegt Bundeszuständigkeit

#### 4 Auenmanagement und Klimafolgenanpassung – Möglichkeiten, Beispiele und Grenzen

Die zuvor geschilderte Situation einschließlich der Probleme und Herausforderungen für den Wasserhaushalt trifft in aktueller Zeit auf die Wirkungen des Klimawandels und die Notwendigkeit der Anpassung daran. Das Mittelbegebiet weist wie viele andere Flüsse somit eine Vorbelastung auf, die die Anpassung an die Folgen des Klimawandels einerseits erschwert und andererseits umso notwendiger erscheinen lässt. Nahezu alle international, national und regional herausragenden „Kultur- und Naturwerte“ im Gebiet sind abhängig von den besonderen Wasserverhältnissen in einer überflutbaren Flussaue mit dem Wechsel der Wasserführung und der auf großer Fläche wirkenden dynamisch-gestaltenden Kraft des fließenden Wassers.

Die in den letzten Jahrzehnten maßgeblich auf die bekannten anthropogen bedingten Veränderungen im Fluss sowie seinem Einzugsgebiet unabhängig von einzelnen Extremereignissen zu beobachtende stetige Verringerung des Wasserdargebotes, der Wasserführung des Flusses, der Wasserstände, der lateralen Vernetzung sowie der morphologischen Strukturvielfalt sind bekannt und vielfach beschrieben. Diese Prozesse verstärken sich selbst in ihren Auswirkungen und treffen verbunden mit nicht eben günstigen Klimaprognosen gemessen an anthropogen wenig gestörten Flussauen auf ein ohnehin schon gestörtes Ökosystem.

Diese Veränderungen haben in der Summe erhebliche kurz-, mittel- und langfristige Folgen für Fluss und Aue sowie die typischen Tier- und Pflanzenarten.

Besondere Alleinstellungsmerkmale des BRME in Deutschland und Mitteleuropa sind u. a. der umfangreiche Bestand an überfluteten Hartholzauenwäldern (> ¼ des Gesamtbestandes in Deutschland) und von wechselfeuchten Auenwiesen (LRT 6510, 6440) sowie von mehr als einem Drittel aller Natura-2000-Gebiete in Sachsen-Anhalt. Die Auenwälder und Auenwiesen sind wie u. a. die Lurche und verschiedene Vogelarten in besonderer Art und Weise vom Wasser abhängig und durch die Auswirkungen des Klimawandels gefährdet.

Die Elbauen sind hinsichtlich der Naturausstattung und der Qualität sowie Großräumigkeit des Ökosystems mindestens in Deutschland einzigartig. Trotzdem müssen wir uns langfristig sehr begründete Sorgen zum weiteren Fortbestand dieses besonderen Ökosystems machen.

Eine enge Zusammenarbeit mit allen relevanten Akteuren, Landnutzern, Personen und Institutionen im BRME in verschiedenen Netzwerken ist Grundlage des „Entwicklungsprozesses Biosphärenreservat“.

Was ist nun zu tun? Dabei ist zu entscheiden, was räumlich und fachlich im Betrachtungsgebiet BRME beeinflussbar ist und was nicht.

Nicht oder nicht ausreichend beeinflussbar sind u. a.:

- Landnutzung sowie insbesondere der Ausbaugrad und die Steuerung des Talsperren-, des Hochwasserschutz- bzw. des Staustufensystems (vor allem Tschechische Republik) im Elbeeinzugsgebiet oberhalb und beidseitig des BRME,
- Entwicklung des Klimawandels.

Direkt oder indirekt in unterschiedlichem Maße beeinflussbar sind u. a.:

- Ausbaugrad, Betrieb und Unterhaltung des Hochwasserschutzsystems einschl. der Linienführung der Deiche im BRME,
- Art und Umfang der Wasserstraßen- und Gewässerunterhaltung,
- morphologische Auen- und Flusstrukturen und besonders die diese Strukturen bildenden Prozesse, Entkopplung von Fluss und Aue,
- Wasserrückhaltung und natürlich Wasserspeicherung,
- Auenmanagement und Landnutzung in der Aue,
- Eindämmung der Sohlerosion.

#### **4.1 Umsetzung des Gesamtkonzeptes und des Sohlstabilisierungskonzeptes Elbe**

Es gibt für die vorgenannten komplexen Problemlagen keine einfachen, schnellen Lösungen, sondern so wie die Ursachen das Ergebnis langer, komplexer, teils fast historischer Prozesse sind, gilt Gleiches für die Lösungen.

Erforderlich ist dabei ein gesamtheitlich ausgerichtetes, an Langfristigkeit und Nachhaltigkeit orientiertes, komplexes und interdisziplinäres Handeln. In diesem Sinne wurde das Gesamtkonzept Elbe von 2012 bis 2017 unter Mitwirkung des Biosphärenreservates Mittelelbe, der Flussgebietsgemeinschaft (FGG) Elbe, der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) sowie von Umwelt- bzw. Wirtschaftsverbänden erarbeitet und vom Bund (BMVI & BMUB 2017) und den Elbeländern gemeinsam verabschiedet. Damit gibt es erstmals eine gute, gesellschaftlich breit getragene Grundlage, die unter den Punkten 2 und 3 geschilderten Probleme in Fluss und Aue auch im Interesse des Fortbestandes der landschaftlichen Qualität der Auen langfristig zu lösen. Das Biosphärenreservat Mittelelbe arbeitete seit 1997

als Vertreter des Landes Sachsen-Anhalt sowie seit 2012 in koordinierender Funktion für die Elbeländer der Länderarbeitsgemeinschaft Biosphärenreservat Flusslandschaft Elbe prioritär an der Ausarbeitung und Umsetzung sowohl des Sohlstabilisierungs- als auch des Gesamtkonzeptes Elbe (GKE) (WSD Ost 2009) mit. In diesen Konzepten gelten die wesentlichen Oberziele:

- die naturnahe Morphodynamik von Fluss und Ufern so weit wie möglich wiederherzustellen, sodass in den besonderen Schutzgebieten keine weiteren Verschlechterungen der lebensraum- und artenbezogenen Erhaltungsziele eintreten,
- der fortschreitenden Erosion und funktionellen Entkopplung von Fluss und Auen so weit entgegenzuwirken, dass in den besonderen Schutzgebieten nachteilige Beeinträchtigungen gestoppt und die naturschutzfachlich notwendigen Entwicklungsmaßnahmen durchgeführt werden können,
- in den rezenten Auen die natürliche Überflutungsdynamik so weit wie möglich wiederherzustellen, um die für auentypische Lebensräume, Habitats und Arten erforderlichen Bedingungen zu schaffen.

Langfristig ist die stark reduzierte Fläche der naturschutzfachlich bedeutenden rezenten Aue im Einklang mit den Landnutzern durch Deichrückverlegungen wieder zu vergrößern. Damit wird auch das Rückhaltevermögen der Auen für den Hochwasserschutz an der Elbe verbessert.

Bei der Erreichung der Ziele ist grundsätzlich von einem Dreiklang mit naturschutzfachlichen, wasserwirtschaftlichen und verkehrlichen Teilzielen auszugehen. Die Realisierung des verkehrlichen Teilziels wirkt insoweit konkurrierend, wenn dadurch Maßnahmen zur Erhaltung bzw. Wiederherstellung und Entwicklung von günstigen Ökosystem-Erhaltungszuständen nicht oder nur eingeschränkt möglich sind oder wenn erhebliche Störungen des Naturraums weiterhin erfolgen. Ein wesentliches Credo des von einer Bund-Länder-Kommission (BLK) koordinierten, von einem Bund-Länder-Gremium (BLG) beaufsichtigten und von Umwelt- und Wirtschaftsverbänden sowie den Kirchen über einen Beirat begleiteten Umsetzungsprozesses ist die gleichrangige Behandlung der Ziele von Wasserwirtschaft, Verkehr und Naturschutz. Insofern darf keine Umsetzungsmaßnahme einseitig zulasten von einem der drei Bereiche umgesetzt werden.

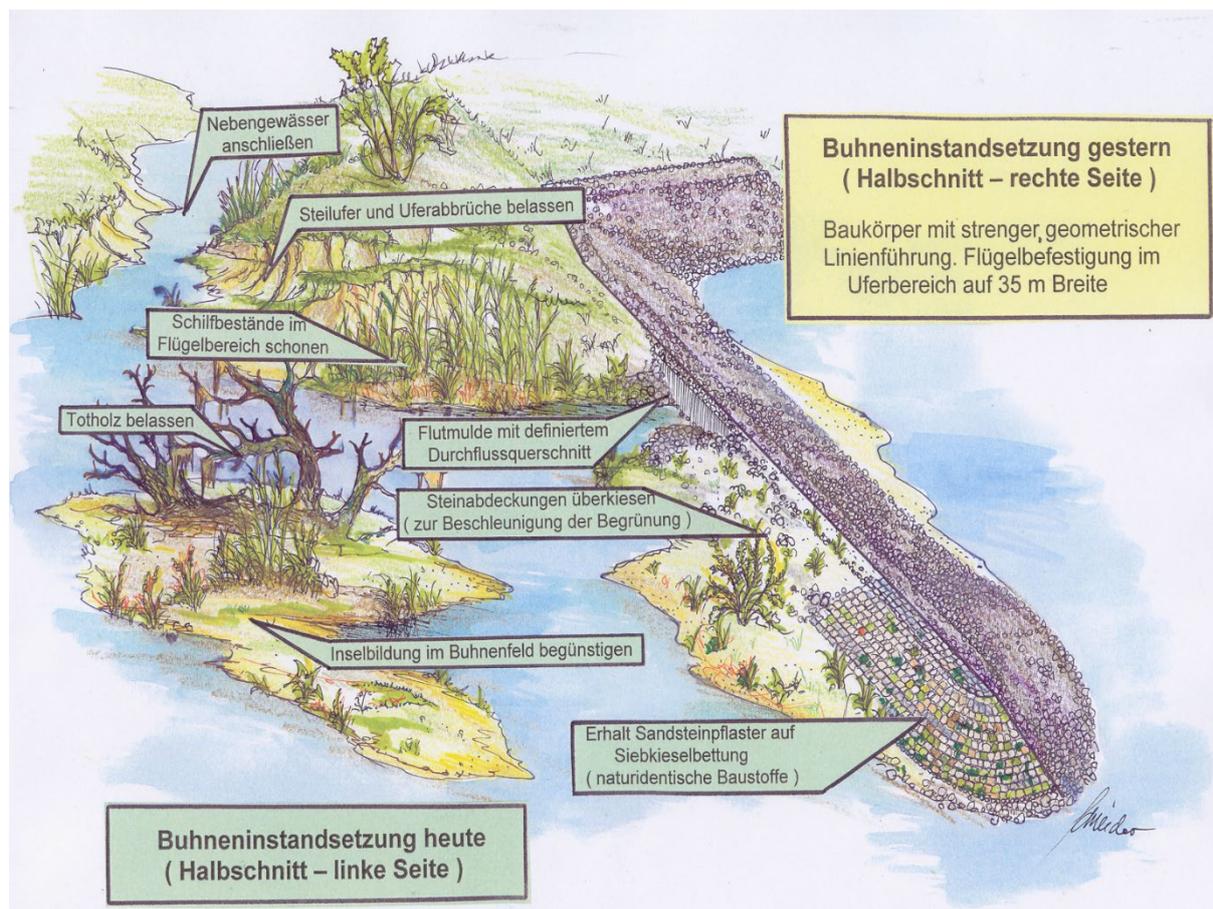


Abb. 6: Maßnahmen zur ökologischen Verbesserung von technischen Bühnenstrukturen. Quelle: Schneider WSA Magdeburg/WSA Elbe

#### 4.2 Initiierung und Durchführung von großräumigen und längerfristigen Naturschutzprojekten im Rahmen der Bundesprogramme chance.natur, Blaues Band Deutschland und Biologische Vielfalt sowie life nature der EU

Im BRME wurde und wird seit 1990 in eigener Verantwortung und vor allem gemeinsam mit Partnern wie dem World Wide Fund For Nature (WWF), dem Naturschutzbund Deutschland (NABU), dem BUND, der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU), dem Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (LHW), EUROPARC Deutschland (heute Nationale Naturlandschaften (NNL) e. V.), den Wasserstraßen- und Schifffahrtsämtern (WSÄ) etc. eine Vielzahl von Naturschutzprojekten unterschiedlicher Größe mit dem Ziel der Verbesserung der Wasserverhältnisse initiiert, vorbereitet und umgesetzt. Die Naturschutzgroßprojekte Untere Havel (2004–2035; Träger: NABU), Mittlere Elbe (2001–2019; Träger: WWF) sowie Mittelelbe-Schwarze Elster (2019–2033; Träger: Heinz Sielmann Stiftung) sowie mehrere weitere Projekte (Abb. 5) zählen dabei zu den bedeutendsten Projekten dieser Art in Deutschland und Europa. Die für Mitteleuropa ungewöhnliche Größe und Ausdehnung des Biosphärenreservates schaffen die Möglichkeit, in anderen Maßstabsebenen zu denken und zu handeln. Die gute Kooperation staatlicher und nicht staatlicher Akteure ist hierfür unumgänglich und ein wichtiger Erfolgsfaktor. Die Biosphärenreservatsverwaltung hat dabei außerhalb eigener Projekte vorrangig eine initiiierende, koordinierende und unterstützende Funktion.

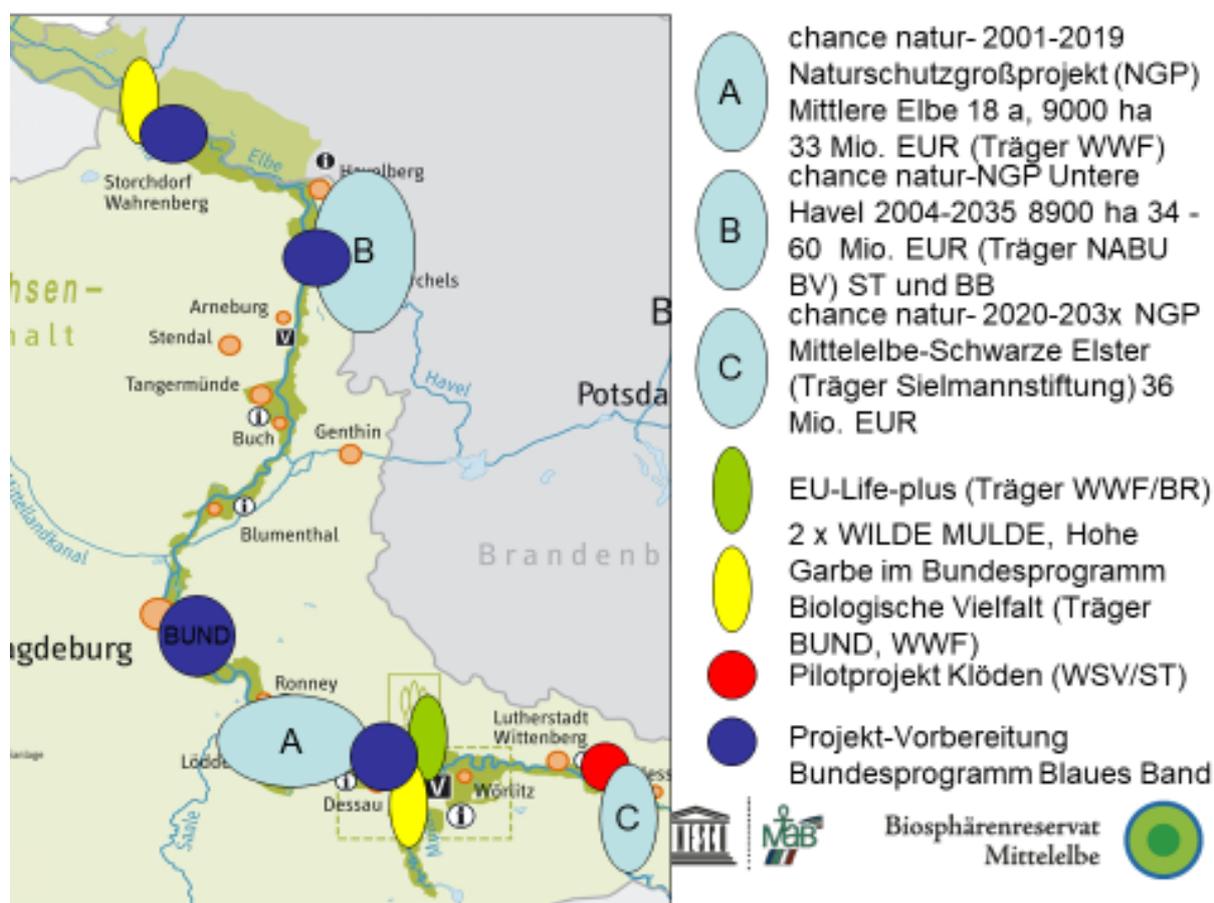


Abb. 7: Auswahl größerer Naturschutzprojekte seit 1998 im BRME. Quelle: Archiv BR Mittelelbe

#### 4.3 Erweiterungen der Hochflutau durch Deichrückverlegung (DRV)

1994/95 wurden von K.-H. Jährling und G. Puhlmann Studien zu Möglichkeiten von Deichrückverlegungen an Elbe, Mulde und Schwarzer Elster im Land Sachsen-Anhalt erarbeitet. Daraus resultierten mehr als 60 Vorschläge, von denen 1995 die erste DRV an der Elbe überhaupt bei Boos/Landkreis Wittenberg und auf Initiative des BRME in späteren Jahren weitere Projekte umgesetzt worden sind. Die größten Deichrückverlegungen wurden im Rahmen der Förderung von Naturschutzprojekten realisiert (s. o.) (Puhlmann & Jährling 2003).

In der Zeit nach dem Sommerhochwasser 2002 und vor allem nach dem Hochwasser 2013 wurde in der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) unter Mitarbeit der Bund-Länderarbeitsgemeinschaft Naturschutz, Landschaftspflege und Erholung (LANA) (BfN und BRME als Beauftragte) ein Nationales Hochwasserschutzprogramm (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser 2014) erarbeitet und beschlossen. Deichrückverlegungen sind dort als gleichrangige Maßnahme des Hochwasserschutzes z. B. mit technischem Hochwasserschutz eingeordnet.

In Sachsen-Anhalt existiert mittlerweile ein ambitioniertes Programm „Mehr Raum für Flüsse“ (Abb. 8), welches vom BRME maßgeblich unterstützt wird. Erweiterungen der Hochflutau mittels Deichrückverlegungen sind ein auenökologisches Erfordernis und ein wesentlicher Teil von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel. Ausgehend von den o. g. Studien zu Deichrückverlegungen (1993/94/95) konnte mit mehreren Projekten im Biosphärenreservat seit den 1990er-Jahren ein Trend initiiert, für das Land stabilisiert und gemeinsam mit dem WWF sowie dem Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (LHW)

das größte Vorhaben dieser Art in Deutschland im Lödderitzer Forst in der Keimzelle des Biosphärenreservates umgesetzt werden (LFU 2020, Eichhorn 2020, Puhlmann 2018).

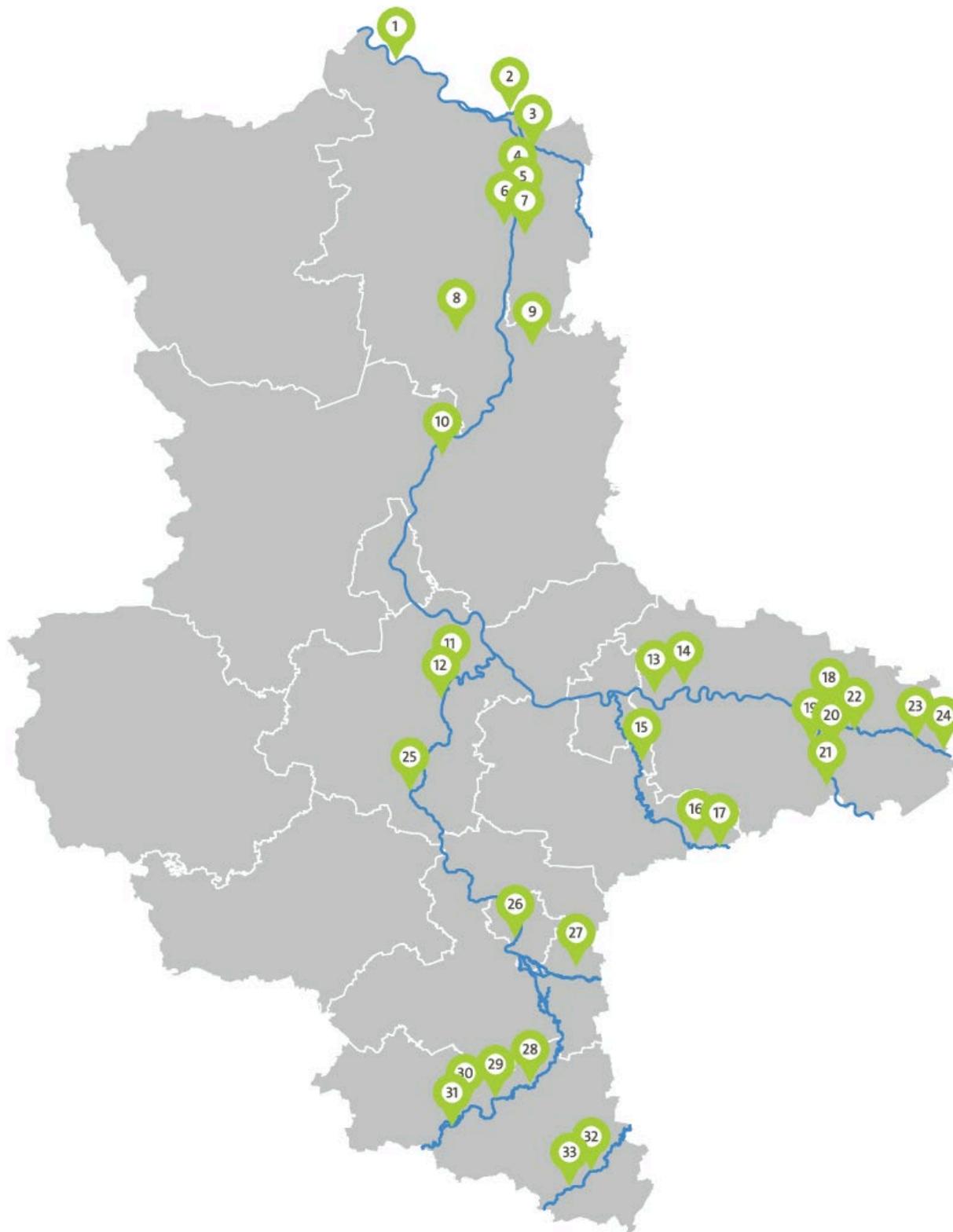


Abb. 8: Deichrückverlegungs- und Polderplanungen im Programm „Mehr Raum für Flüsse in Sachsen-Anhalt“. Quelle: <https://hochwasser.sachsen-anhalt.de/standorte> (letzter Zugriff: 02.08.2023)

#### 4.4 Erhalt wechselfeuchter Auenwiesen

Großräumige magere Flachlandmähwiesen (wechselfeuchte Ausprägung) und Brendolden-Auenwiesen (siehe Abb. 7) sind ein weiteres Alleinstellungsmerkmal des Biosphärenreservates Mittelelbe und von hohen Grundwasserständen und regelmäßigen Überflutungen abhängig. Bleiben diese wie seit 2013 aus, besteht die Gefahr der Verdrängung der typischen Pflanzenarten dieser Lebensraumtypen durch von trockeneren Bedingungen bevorteilte und konkurrenzstärkere Arten. Es drohen somit die an die Aue angepassten Spezialisten unter den Pflanzenarten zugunsten von Vegetationsausbildungen mit „Allerweltsarten“ zu verschwinden. Die Stabilisierung der typischen Wasserverhältnisse u. a. mit der Eindämmung der Sohl-erosion ist neben Fragen der Grünlandbewirtschaftung entscheidend für das großräumige Überleben dieser Lebensraumtypen.

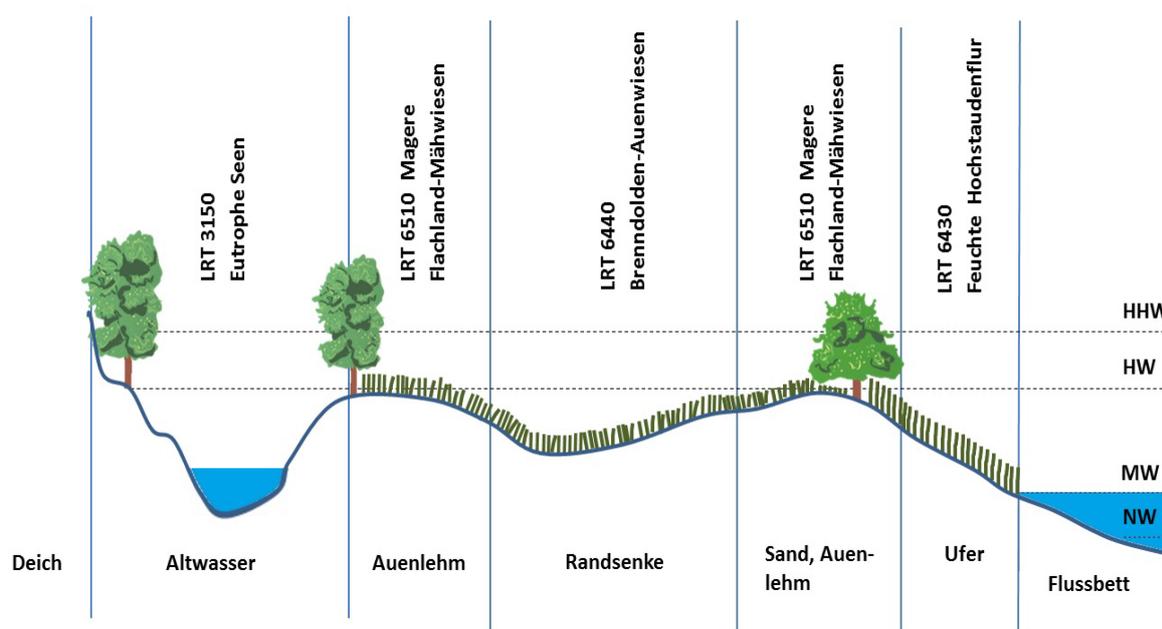


Abb. 9: Lage der FFH-Lebensraumtypen des Kulturgraslandes Brendolden-Auenwiesen und Magere Flachlandmähwiese (wechselfeuchte Ausprägung). Quelle: Dr. P. Kneis und T. Beyer aus [www.gesamtkonzept-elbe.de](http://www.gesamtkonzept-elbe.de)

#### 4.5 Schutz und Entwicklung von Hartholzauenwäldern einschließlich Forschung und Monitoring in Auenbereichen

Laut BfN (2010) befinden sich mehr als 80 % der Hartholzauenwälder Deutschlands im Biosphärenreservat Mittelelbe und dort vor allem in der Region zwischen der Lutherstadt Wittenberg und der Landeshauptstadt Magdeburg. Diese Feuchtwälder sind von den erwarteten Folgen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt der Aue besonders negativ betroffen, zumal ein wesentlicher Teil derselben noch zusätzlich im Regenschatten des Harzes mit geringen örtlichen Niederschlägen konfrontiert ist. Trotz strengen Schutzes des größten Teiles in Kernzonen des Reservates und großräumiger, den örtlichen Wasserhaushalt erfolgreich verbessernder Projekte wie große realisierte Deichrückverlegungen bei Lödderitz (600 ha) und Vockerode (240 ha) sind die Wälder in ihrer bisherigen Ausstattung bedroht. Das seinerzeitige Ulmensterben, das aktuelle Eschensterben, Ahornkrankheiten und die komplexen „Eichenfraßgesellschaften“ von Insekten treffen ein wegen der hydrologischen Bedingungen ohnehin unter

„Stress“ stehendes Ökosystem. Die Veränderungen gerade der letzten vier trockenen Jahre sind auch für „interessierte Laien“ offensichtlich. Die Stabilisierung der Wasserverhältnisse und die Eindämmung der Sohlerosion sowie eine zeitgemäße forstliche Bewirtschaftung außerhalb der Kernzonen sind für die nachhaltige und naturnahe Erhaltung der Hartholzauenwälder von essenzieller Bedeutung. Bei der forstlichen Bewirtschaftung müssen „Fehler der Vergangenheit“ mit allen Beteiligten offen diskutiert und zukünftig vermieden sowie ihre Folgen schrittweise rückgeführt werden.

Aktuelle Untersuchungen von Floren et al. (2021) und Floren (2022) im Auftrag des BRME und der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) Koblenz an Arthropoden-Gesellschaften in den Hartholzauenwäldern um Dessau zeigen, dass diese aktuell infolge des Eschentriebsterbens zunehmend die amerikanische Esche (*Fraxinus pennsylvanica*) quasi als Fluchtart nutzen. Das bisherige Management hatte die Zurückdrängung und Eliminierung dieser Eschenart zum Ziel. Dieses Ziel wird aktuell wegen des flächig auftretenden Eschentriebsterbens infrage gestellt, auch um die Arthropoden-Gesellschaften in ihrem Bestand nicht zu gefährden. Es gilt, weitere Untersuchungen und Forschungen zur Dokumentation sowie handlungsorientierten Begleitung der offensichtlich an Geschwindigkeit bzw. Intensität zunehmenden klimawandelinduzierten Landschaftsveränderungen in allen Auenbereichen und insbesondere im Auenwald vorzunehmen. Eine weitere Ausweitung des seit den 1990-Jahren bestehenden Systems der Dauerbeobachtungsflächen in Wald, Gewässern und Offenland des BRME wird erfolgen (LAU 2009).

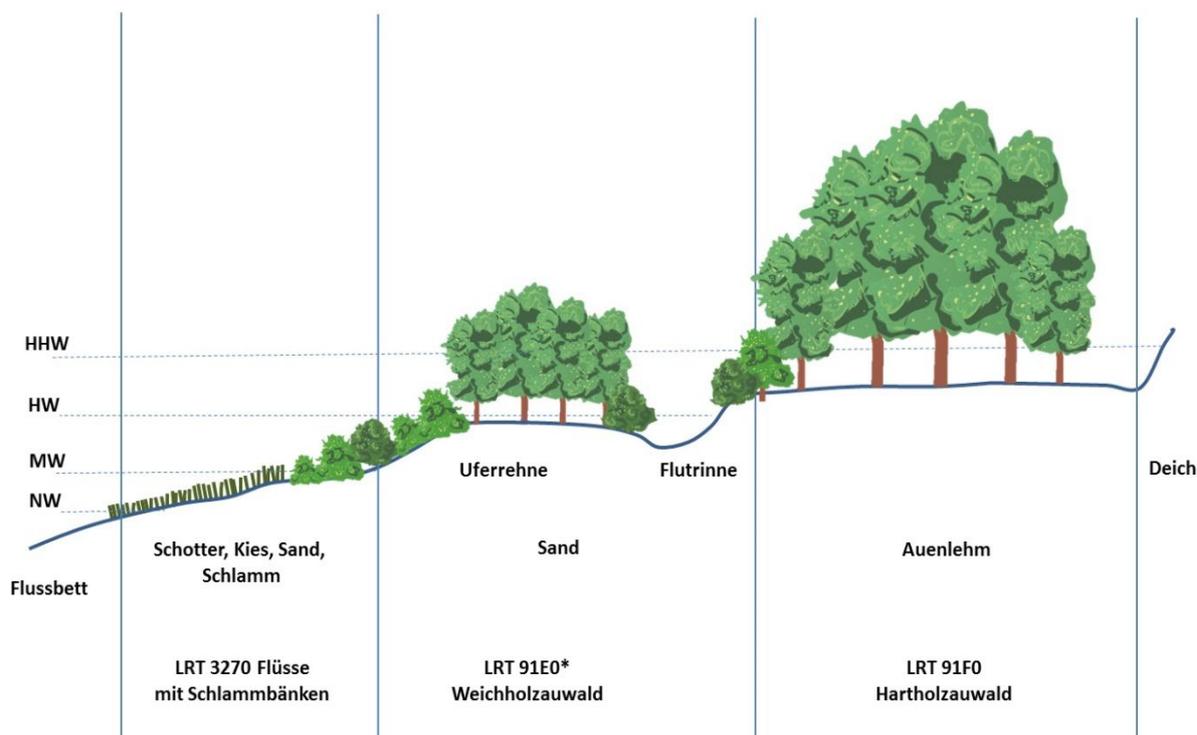


Abb. 10: Natura-2000-Lebensraumtypen in der überfluteten Aue. Quelle: Dr. P. Kneis und T. Beyer aus [www.gesamtkonzept-elbe.de](http://www.gesamtkonzept-elbe.de)

## 5 Jüngste Veränderungen in der Gebietsfauna

Die nachteiligen Veränderungen zeigen sich auch für die Fauna der Auen und des Flusses. Die Reproduktionsraten bei häufigen und typischen „wasserabhängigen Vogelarten“ wie Weiß-

storch und Kranich waren in den letzten Jahren anhaltend unterdurchschnittlich. Der ohnehin starke Rückgang von Kiebitz, Wachtelkönig, Bekassine und Großem Brachvogel hat sich nochmals verstärkt. Eher „steppentypische“ Arten wie Grauammer, Schwarzkehlchen, Bienenfresser und Wiedehopf erobern die Aue, während Wiesenpieper und Braunkehlchen zunehmend verschwinden. Der Flussregenpfeifer und der Flussuferläufer haben offenbar von den trockenen Jahren nicht zuletzt durch größere und nur selten während der Brut überflutete Kiesbänke an Elbe und Mulde profitiert. Amphibien sind die besonders in den letzten Jahren am stärksten negativ vom Klimawandel betroffene Artengruppe. Da das Fortpflanzungsgeschehen der typischen Arten wie Rotbauchunke, Moorfrosch, Laubfrosch und Erdkröte über lange Zeiträume an Gewässer gebunden ist, war die Reproduktion in den letzten Jahren sehr eingeschränkt und teilweise unmöglich. Es ist mit dem zumindest temporären Erlöschen von örtlichen und regionalen Vorkommen zu rechnen. In der rezenten Aue ist eine Wiederausbreitung bei Hochwasserereignissen zukünftig jedoch wahrscheinlich.

## 6 Fazit

Das UNESCO-Biosphärenreservat Mittelelbe mit dem seit 1988 eingebetteten Gartenreich Dessau-Wörlitz bietet als „urwüchsigste“ und großräumigste Fluss- und Auenlandschaft Deutschlands im Kontext mit einzigartig gestalteter historischer Kulturlandschaft vielfältige Möglichkeiten, ursprüngliche natürliche Prozesse und für das menschliche Auge schöne Landschaft zu erleben. In der Vergangenheit durchgeführte Maßnahmenkomplexe verschiedensten Ursprungs verursachten in Fluss und Auen sowie im gesamten Elbeeinzugsgebiet neben den gewünschten positiven Aspekten (Hochwasserschutz, Verkehr, Landwirtschaft) gleichzeitig auch Probleme in den Bereichen Wasserhaushalt, Wasserabfluss, Landnutzung, Ökosystemfunktion, Arteninventar, regionale Wertschöpfung etc. Alle diese „Elbeprobleme“ betreffen dabei auch das Biosphärenreservat und müssen in Zukunft ganzheitlich angegangen werden. Im Hinblick auf den Klimawandel und dessen Folgen sind dabei Aspekte des Wasserhaushalts und der Biodiversität von besonderem Interesse.

Die Fluss- und Auenlandschaft ist nacheiszeitlich „aus dem Wasser geboren, immer wieder vom fließenden Wasser gestaltet“ und somit bis heute maßgeblich vom Wasserhaushalt und den Wasserabflussverhältnissen der Elbe beeinflusst. Zusammenfassend kann man zum Zustand der Elbe und ihrer Auen feststellen: Die Wasserqualität hat sich seit 1989 erheblich verbessert, in Bezug auf Gewässer und Auenstrukturgüte sowie Wasserhaushalt insgesamt leben wir quasi im Ergebnis anthropogener Veränderungen sowohl im Einzugsgebiet als auch in Fluss und Aue von der Substanz. Dominierte in den letzten Jahrhunderten eher ein „Zuviel“ an (Hoch-)Wasser in der Wahrnehmung der auf Extreme reagierenden Gesellschaft, so sind wir heute, abgesehen von „regulären“ Hochwasserereignissen, tendenziell mit dem Tatbestand eines zunehmenden Wasserdefizits durch die Folgen der anthropogenen Eingriffe in Fluss und Aue sowie den Klimawandel konfrontiert.

Die Bewältigung der vorgenannten Situation ist in Verbindung mit den notwendigen Anpassungen an den Klimawandel keine Aufgabe Einzelner, sondern eine große Herausforderung für die Gesellschaft.

Klimawandel und Sohlerosion bedrohen die auentypische Landnutzung, das UNESCO-Welterbe, das Biosphärenreservat und die auentypischen Ökosysteme. Die Auswirkungen der negativen Tendenzen insbesondere bei den Wasserverhältnissen überwiegen auch an der Elbe das, was wir als Gesellschaft trotz aller Fortschritte und erheblicher und national einzigartiger Bemühungen bzw. Umsetzungsprojekte bisher dagegen tun.

Die messbar und auch in der öffentlichen Wahrnehmung weit „schlechter als die schlechtesten“ Prognosen aller Klimamodelle eingetretenen Trockenjahre seit 2018 sind jedoch ähnlich wie die großen Hochwasserereignisse 2002 bzw. 2013 ein wichtiges „Erkenntnisfenster“ für Politik und Gesellschaft auf allen Ebenen.

Ausgehend von den seit Jahren im Biosphärenreservat gemachten Erfahrungen gibt es damit ein aktuell geschärftes Problembewusstsein und somit Möglichkeiten zur praktischen Umsetzung des für die Bewältigung des Klimawandels notwendigen Handelns im Zusammenspiel vieler Verantwortlicher. Das Gesamtkonzept Elbe bietet als Ergebnis langjähriger, solider fachlicher Ausarbeitung unter Beteiligung von Bund, Ländern und wichtigen gesellschaftlichen Organisationen eine ausreichend mittel- bis langfristig orientierte Grundlage und Begründung für das notwendige Handeln. Wie das Sohlstabilisierungskonzept Elbe bietet das GKE als Konzept bei zügiger, breit angelegter Umsetzung eine große Chance für den Fluss und lohnende Aufgabe für mehrere Generationen. Es gibt dabei keine einfachen, schnellen Lösungen, sondern so wie die Ursachen Ergebnis langer, komplexer, teils fast historischer Prozesse sind, gilt Gleiches für die Lösungen. Bei der Umsetzung sind daher auch Geduld, viele Ressourcen und langer „Atem“ gefragt.

Rückschauend, aktuell und vorrausschauend ist also kein Mangel an geeigneten Konzepten und Erkenntnissen sichtbar, sondern ausschließlich ein erhebliches Handlungs- und Umsetzungsdefizit. Bund, Länder und Gesellschaft müssen das als notwendig Erkannte als prioritäre Generationenaufgabe begreifen und weit mehr als bisher in die Umsetzung derselben investieren. Die vielfältigen staatlichen und nicht staatlichen Aktivitäten zur Umsetzung müssen möglichst transparent sein und bedürfen einer kritischen sowie fordernden Begleitung durch breite gesellschaftliche Kreise. Es ist damit konzeptionell ausreichend klar, was wie zu tun ist, und überwiegend auch, von wem. Es gilt, noch mehr als bisher großflächig zu handeln, dabei eher den „Worst Case“ der Klimaprognosen anzunehmen und dieses Handeln über die nächsten Generationen „aufrechtzuerhalten“ und zu forcieren. Begleitende Forschung, Monitoring und Erfolgskontrolle müssen dabei ein selbstverständlicher Teil des Handelns sein. Mit der begonnenen Umsetzung des Pilotprojektes Klöden (Träger: WSA Elbe) und des teilweise integrierten Naturschutzgroßprojektes Mittelelbe-Schwarze Elster (Träger: Heinz Sielmann Stiftung) im Biosphärenreservat Mittelelbe besteht, genauso wie bei weiteren in Vorbereitung befindlichen Projekten zur Umsetzung des GKE in verschiedener Trägerschaft, berechtigte Hoffnung. Das Großschutzgebiet wirkt dabei im Land Sachsen-Anhalt und länderübergreifend als wichtiger Akteur und „Katalysator“.

## 7 Literaturverzeichnis

BfN (Bundesamt für Naturschutz) (2010): Flussauen in Deutschland – Erfassung und Bewertung des Auenzustandes. – Naturschutz und Biol. Vielfalt 87.

BMVI (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur) (2015): KLIWAS Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt in Deutschland. Abschlussbericht des BMVI. Fachliche Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen des Forschungsprogramms KLIWAS. [https://www.kliwas.de/KLIWAS/DE/Service/Downloads/Publikationen/abschlussbericht.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.kliwas.de/KLIWAS/DE/Service/Downloads/Publikationen/abschlussbericht.pdf?__blob=publicationFile) (letzter Zugriff: 02.08.2023).

BMVI & BMUB (2017): Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur & Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit: Gesamtkonzept Elbe – Strategisches Konzept für die Entwicklung der deutschen Binnenelbe und ihrer Auen. [www.gesamtkonzept-elbe.de](http://www.gesamtkonzept-elbe.de) (letzter Zugriff: 02.08.2023).

- Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (Hrsg.) (2014): Nationales Hochwasserschutzprogramm, Beschluss der Umweltministerkonferenz am 24. Oktober 2014. [https://www.bmu.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Binnengewasser/hochwasserschutzprogramm\\_bericht\\_bf.pdf](https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Binnengewasser/hochwasserschutzprogramm_bericht_bf.pdf) (letzter Zugriff: 02.08.2023).
- Eichhorn, A. (2020): Naturschutzgroßprojekt „Mittlere Elbe“ – ein Projektrückblick. – Naturschutz im Land Sachsen-Anhalt 55 (Sonderheft): 58–74.
- Floren, A., Horchler, P. & Müller, T. (2021): Baumkronen als Habitat gefährdeter Käfer am Beispiel von Hartholzauenwäldern in Sachsen-Anhalt, Region Mittelelbe – Natur und Landschaft 96(11): 509–516.
- Floren, A. (2022): Untersuchungen zur Arthropodenfauna auf ausgewählten Dauerbeobachtungsflächen im Biosphärenreservat Mittelelbe – unveröff. Abschlussbericht.
- LAU (Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt) (Hrsg.) (2009): 30 Jahre Biosphärenreservat Mittelelbe. – Naturschutz im Land Sachsen-Anhalt 46 (Sonderheft).
- LAU (Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt) (Hrsg.) (2018): Deichrückverlegung im Naturschutzgroßprojekt „Mittlere Elbe“, Naturschutz im Land Sachsen-Anhalt 55, (Sonderheft).
- Puhlmann, G. & Rast, G. (1997): Zum Feststoffhaushalt der unteren Mulde im Bereich Sachsen-Anhalt – Zustand, Perspektiven und Handlungsempfehlungen aus ökomorphologischer Sicht. – Naturschutz in Sachsen-Anhalt. 34; Sonderheft Mulde: 33–37.
- Puhlmann, G. & Jährling, K.-H. (2003): Erfahrungen mit „nachhaltigem Auenmanagement“ im Biosphärenreservat „Flusslandschaft Mittlere Elbe“. – Natur und Landschaft 78(4): 143–149.
- Puhlmann, G. (2017): Zum Verhältnis Wasserstraße, Naturschutz und UNESCO-Biosphärenreservat, 150 Jahre Elbstrombauverwaltung. – Schriften der DWhG 26: 207–238.
- Puhlmann, G. (2018): Deichrückverlegungen an deutschen Flüssen – Ein- und Ausblicke – Natur und Naturschutz in Mecklenburg-Vorpommern 46: 61–81.
- Scholten, M., Anlauf, A., Büchele, B. Faulhaber, P., Henle, K., Kofalk, S., Leyer, I., Meyerhoff, J., Purps, J., Rast, G. & Scholz, M. (2005): The River Elbe in Germany – Present State, Conflicting Goals, and Perspectives of Rehabilitation. – Arch. Hydrobiol. Suppl. 155 (Large Rivers 15): 579–602.
- UBA (Umweltbundesamt) (2021): Klimawirkungs- und Risikoanalyse für Deutschland 2021. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/folgen-des-klimawandels/risiken-anpassungspotential#das-wichtigste-in-kurze-was-zeigen-die-ergebnisse-der-klimawirkungs-und-risikoanalyse-2021> (letzter Zugriff: 02.08.2023).
- WSD Ost (Wasser- und Schifffahrtsdirektion Ost) (2009): Sohlstabilisierungskonzept für die Elbe von Mühlberg bis zur Saalemündung. [http://www.wsa-dresden.wsv.de/bau/download/Sohlstabilisierungskonzept\\_fuer\\_die\\_Elbe.pdf](http://www.wsa-dresden.wsv.de/bau/download/Sohlstabilisierungskonzept_fuer_die_Elbe.pdf) (letzter Zugriff: 02.08.2023).

### Adresse des Autors:

Guido Puhlmann  
Biosphärenreservat Mittelelbe  
Am Kapenschlösschen 1  
06785 Oranienbaum-Wörlitz  
Postfach 13 82  
06813 Dessau-Roßlau  
E-Mail: [poststelle@mittelelbe.mule.sachsen-anhalt.de](mailto:poststelle@mittelelbe.mule.sachsen-anhalt.de)

E-Mail neu ab Mai 2023

Poststelle-orb@biores.mwu.sachsen-anhalt.de

## Grünland-Ökosysteme im Klimawandel

Andreas von Heßberg, Urte Bauer und Anke Jentsch

### Zusammenfassung

Grünland-Ökosysteme stellen auf fast allen Kontinenten (außer der Antarktis) die zentrale Grundlage für die Viehwirtschaft und somit auch einen wichtigen Bestandteil der kulturellen Entwicklungsgeschichte und Ernährung des Menschen dar. Neben der jahrhundertelangen anthropogenen Nutzung spielen Grünland-Ökosysteme auch eine wichtige Rolle in vielen Schutzgebieten auf unserem Globus. Egal, ob die Nutzung der Grünlandgebiete in Form von Haustier-Weide, Mahd oder Naturweide (Wildtiere) stattfindet – wichtig für diese Systeme ist die Kontinuität der Nutzungsintensität über Jahrzehnte und Jahrhunderte, teils über Jahrtausende. Speziell im mitteleuropäischen Grünland entwickelte sich durch die jahrhundertelange, extensive menschliche Nutzung ein Großteil der Artenvielfalt in unserer Kulturlandschaft. Viele seltene und gefährdete Arten sind auf die Nutzung (= Störungsereignisse) angewiesen. Durch Landnutzungsänderungen, Überdüngung, Landschaftsfragmentierungen und schließlich den Klimawandel ist das Grünland starken Veränderungsprozessen unterworfen. Selbst in Schutzgebieten geraten die Grünlandflächen beispielsweise durch die immer trockener werdenden Vegetationsperioden in Resilienzprobleme.

### Summary

Grassland ecosystems are the basis of livestock farming on almost all continents (except Antarctica) and an important part of the history of human cultural development and nutrition. In addition to centuries of anthropogenic use, grassland ecosystems also play an important role in many nature conservation areas around the globe. Regardless of their use, whether in the form of domestic animal grazing, mowing, or wildlife grazing - the continuity of the use intensity over decades, centuries, and in some cases millennia is important for the maintenance of these systems. A large part of the species diversity in the cultural landscapes of Central European grasslands developed through centuries of extensive human use. Many rare and endangered species depend on the use of these landscapes, also seen as disturbance events. Due to changes in land use, overfertilisation, landscape fragmentation, and finally climate change, grasslands are subjected to strong processes of change. For example increasingly dry vegetative periods, even in protected areas, are causing resilience problems.

### 1 Störungen als Teil der Ökosystem-Dynamik

In der Natur ist nichts so beständig wie die Dynamik und die Veränderung. „Panta rhei“, sagten die altgriechischen Philosophen, wenn sie das Gesetz des ständigen Wandels meinten. Dynamik und Veränderung gehören zum Leben. Ohne sie würden Evolution und Wachstum unmöglich. Veränderungen können durch langsame, schleichende und für die Sinne und Lebensspanne des Menschen fast nicht bemerkbare Prozesse ausgelöst werden (Jentsch & von Heßberg 2020). In den meisten Fällen finden Veränderungen jedoch durch singuläre Ereignisse (Events) statt, d. h. durch zeitlich und räumlich klar abgegrenzte Störungen des vormaligen Zustandes. Diese Störungen wirken als Störungsregime auf die belebte und unbelebte Natur ein, verschieben das ökologische Netzwerk, lassen Vorhandenes (sich) verändern, vergehen und Neues entstehen (Jentsch & von Heßberg 2022). Der Begriff des ökologischen Gleichgewichts wurde noch vor wenigen Jahrzehnten hoch angesehen und auch

vielerorts von Gesellschaft und Politik verinnerlicht. Daraus entstand dann u. a. auch der abschätzigste Begriff „Käseglocken-Naturschutz“, pointiert ausgedrückt und häufig von Naturschutzskeptikern verwendet: „ein Stück schöne Natur – Deckel drauf – keiner darf etwas verändern – alles soll so bleiben, wie es war“. Dumm nur, dass die Natur selbst sich nicht daranhält.



Abb. 1: Aufgrund verschiedener natürlicher Einflussgrößen (Alter, Spechthöhlen, Pilzbefall etc.) wurde diese ca. 300-jährige Fichte instabil gegenüber einem klimatischen Störungsereignis (Sturm) und sorgte für eine Lücke im Kronendach des sonst relativ geschlossenen Fichtenbergwaldes. Die Bodenvegetation wird in den Folgejahren rasch darauf reagieren, darunter auch die Naturverjüngung der Fichte. Fogarasch-Gebirge in 1500 m, Rumänien. Foto: A. von Heßberg

Paradoxe Weise bieten gerade die Störungsregime eine dynamische Stabilität in Ökosystemen. Störungen sind generell wertneutral für die Natur. Erst der Mensch macht daraus negative oder positive Ereignisse, im schlimmsten Fall eine Katastrophe. Für jemanden, der sich mit Störungen von naturwissenschaftlicher und ökologischer Seite befasst, ist das Wort „Störung“ i. d. R. nicht negativ eingefärbt.

Störungen beeinflussen die räumliche Strukturvielfalt, die ökologischen Prozesse in Ökosystemen, die funktionellen Wechselwirkungen zwischen Lebewesen und damit viele Biodiversitätseigenschaften (Walker 1999, White & Jentsch 2001). Störungen wirken als Katalysatoren bei Invasionsprozessen und beschleunigen Auswirkungen des globalen Klimawandels. Sie beeinflussen die Evolution, den Erhalt, aber auch den Verlust der Biodiversität (Jentsch & Beierkuhnlein 2001). Wechselwirkungen zwischen gestörten und ungestörten Bereichen bestimmen das dynamische Gleichgewicht und somit auch den Erhalt biotischer und struktureller Diversität (Wohlgemuth et al. 2019). Diese Grundsätze gelten für alle Ökosysteme der Erde – diejenigen in Schutzgebieten wie diejenigen in der anthropogenen Kulturlandschaft (so auch im Grünland).

## 2 Störungsregime und Störungskaskaden

Ein Beispiel: Für einen Fichtenwald können bestimmte Störungen (z. B. extreme Dürre während eines besonders trockenen Sommers) weitere Störungen (z. B. Borkenkäfer) zur Folge haben, welche nochmals andere Störungen begünstigen (z. B. Waldbrand oder Sturmwurf). Infolge dieser drei Störungsregime kann ohne Weiteres aus einem artenarmen oder gleichförmigen Fichtenwald ein artenreicher und heterogener Pioniermischwald entstehen. Je nach Stärke und Häufigkeit der Ereignisse verändern Störungen die vorhandene Struktur- und Artenvielfalt stärker oder schwächer, länger oder kürzer. Wenn die Störungen zu kleinräumig oder zu gering sind, bleiben im erwähnten Beispiel die Fichten dominant, und andere Baumarten haben kaum eine Chance, ins System einzudringen. Es bleibt somit beim alten Systemzustand. Ist die Störung zu häufig oder zu stark, wird beispielsweise nach dem flächigen Waldbrand eine Grasart so dominant, dass die Baumsamen dazwischen nicht keimen können und sich der beschriebene Mischwald (noch) nicht entwickeln kann. Verschiedene Störungsregime haben unterschiedliche Einflüsse auf das ökologische Netzwerk. Entscheidend für die Auswirkungen und die anschließenden Veränderungen sind die Amplitude (Heftigkeit) und die Frequenz (Häufigkeit) der Ereignisse. Im Extremfall (z. B. Vulkanausbruch) beginnt die Natur ganz am Anfang, am Punkt Null, mit der Primärsukzession.

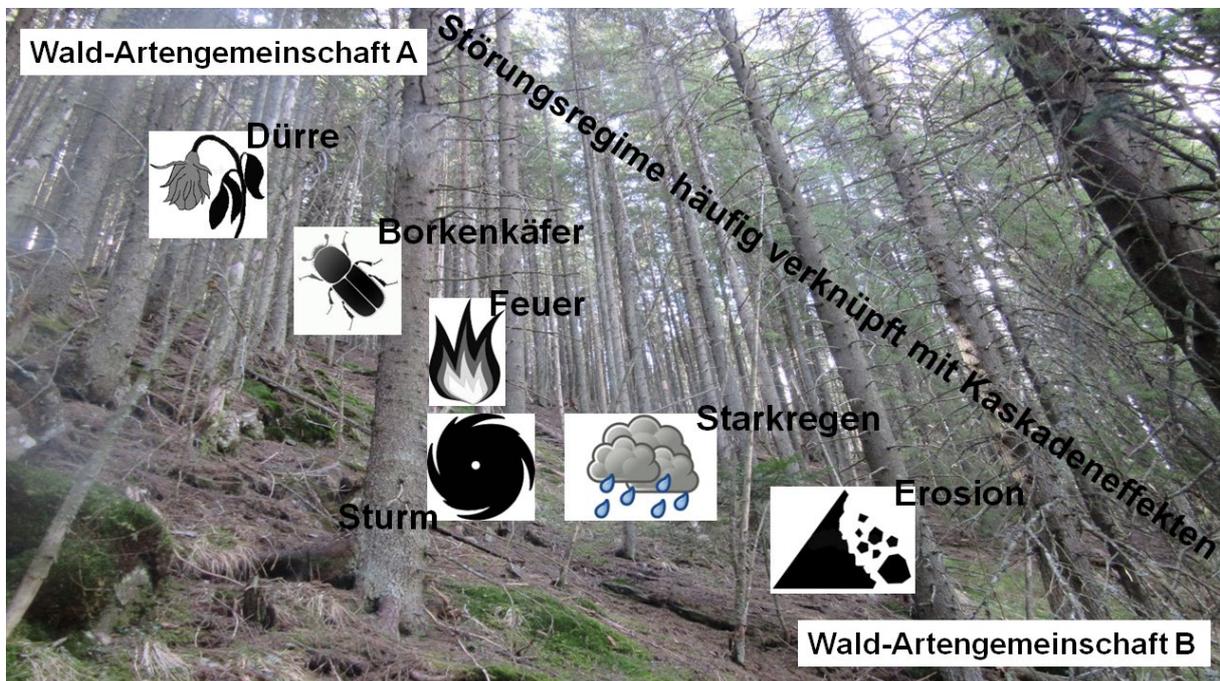


Abb. 2: Kaskadeneffekt von verschiedenen Störungsereignissen bildhaft anhand der Ausgangssituation eines gleichförmigen Fichtenwaldes dargestellt. Foto und Grafiken: A. von Heßberg

Um wieder auf das Beispiel der drei voneinander abhängigen Störungsregime, Trockenheit – Borkenkäfer – Waldbrand, zu kommen: Das Maß der Störungen führt vom einstigen Ausgangszustand zu unterschiedlichen Endzuständen und damit zu unterschiedlichen Struktur- und Artenvielfalten. Die höchste Struktur- und Artenvielfalt entsteht dabei bei einem mittleren Maß an Störungsamplituden und Störungsfrequenzen (Cornell 1978). Dabei spielt es keine Rolle, ob diese Störungsregime natürlich oder anthropogen bedingt sind. Die Natur wertet nicht. Das ökologische Netzwerk hat vielfältige Möglichkeiten, auf solche Störungsereignisse zu reagieren und die dynamisierten Landschaftsausschnitte entweder in den ursprünglichen Zustand

oder in ein neues, verändertes Arten- und Strukturgefüge zu bringen. Ein Grundgesetz der Ökologie lautet: „Die Natur findet einen Weg.“

So entstehen nach großflächigen Störungen wie Vulkanausbrüchen, Waldbränden, Lawinengebängen oder Überflutungen entweder ein neues dynamisches Gleichgewicht oder Folge-landschaften. Diese können für die Region zusätzliche und ganz neue Störungsregime, ökologische Netzwerke und Artenzusammensetzungen mit sich bringen. Eine Störung ist für den dynamisierten Landschaftsausschnitt keine Katastrophe, sondern eine Voraussetzung für arten- und strukturreiche Landschaften, da diese Störungsregime einer Landschaft immer auch inhärent sind (von Heßberg & Jentsch 2022). Nur für den Menschen mit seiner für Auslenkungen empfindlichen Infrastruktur und Wirtschaftsweise ist eine Störung manchmal eine Katastrophe. Das gilt im besonderen Maß, wenn mit solchen Störungsereignissen menschliches Leid verbunden ist. Für die Natur jedoch ist selbst ein 1000-jähriges Hochwasser Bestandteil des natürlichen Inventars einer Flusslandschaft: Auch wenn an manchen Orten einzelne Individuen der dort lebenden Organismen zu Schaden kommen, finden andere dort einen neuen Lebensraum.

### **3 Der Klimawandel kommt hinzu**

Einen bedeutenden Einfluss auf natürliche Störungsregime in Ökosystemen haben die zurzeit beobachteten Änderungen der meteorologischen Mittel- und Extremwerte sowie der klimatischen Variabilitäten (IPCC 2013). In den kommenden Jahrzehnten ist nochmals mit einer Verstärkung dieser Entwicklung zu rechnen (Abb. 3). An graduelle Klimaänderungen können sich Organismen und Ökosysteme oft sehr gut anpassen. Klimatische Extremereignisse führen dagegen oft zu Störungsevents im obigen Sinn (Jentsch et al. 2007). Treten diese Extremereignisse mit höherer Frequenz und Amplitude auf als zuvor, so ist die Phase der Regeneration verkürzt und unvollständig. Der Klimawandel wirkt auf die belebte Natur i. d. R. nicht linear, da Störungen oft erst durch das Über- oder Unterschreiten von Schwellenwerten ausgelöst werden. Die bedeutsamsten klimatischen Grenzwerte werden durch die Temperatur, Windstärke oder Niederschlagsmengen beeinflusst (Seidl & Rammer 2017). Das enge Zusammenspiel von Klima, Vegetation und Störungsregimen ist grundsätzlich sehr dynamisch und wird durch den Klimawandel noch dynamischer und damit weniger vorhersagbar (Seidl & Kautz 2019).

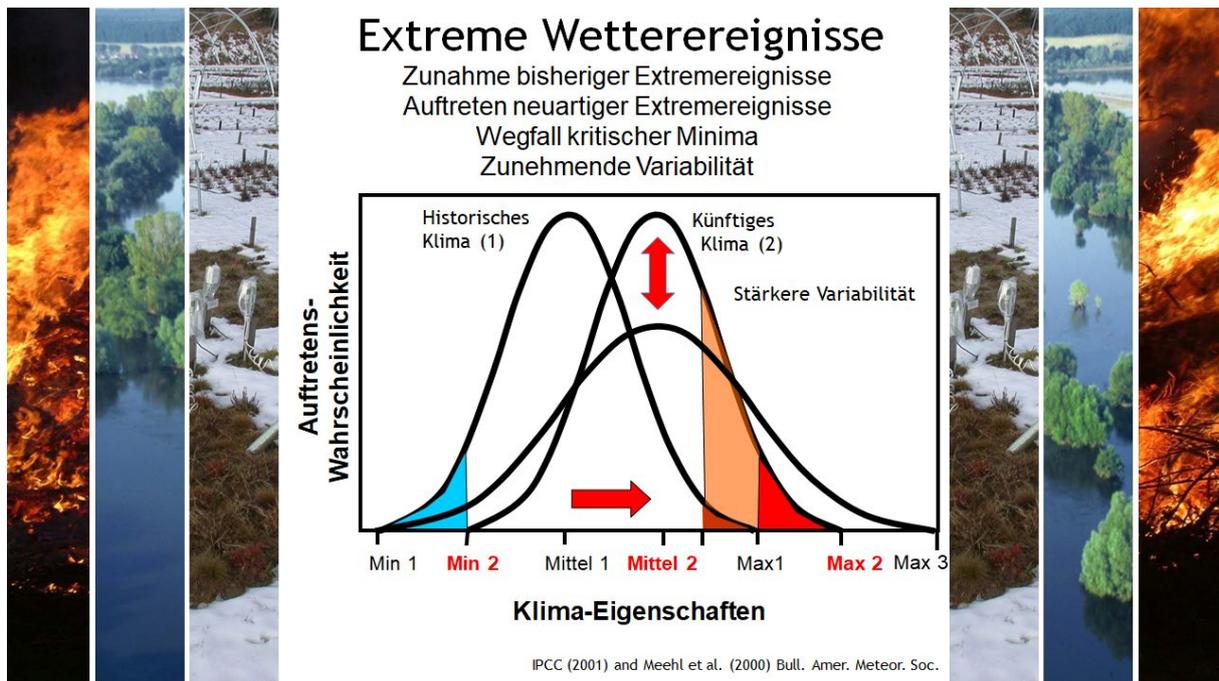


Abb. 3: Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer umweltrelevanten Einflussgröße im Klimawandel (beispielsweise der Temperatur) in Form einer Verteilungskurve für das historische Klima und ein zukünftiges Klima. Die früher auftretenden Minima (blau) verschwinden, die früher aufgetretenen Maxima (kleines rotes Eck) vervielfachen sich (orange) und werden ergänzt durch extreme Maxima, die früher nicht auftraten (große rote Ecke). Zusätzlich bekommt die Auftretenswahrscheinlichkeit eine stärkere Variabilität. Randfotos: A. Jentsch

#### 4 Auswirkungen auf das Grünland

Viele unserer mitteleuropäischen Kulturlandschaften sind traditionell artenreiche Ökosysteme, wie beispielsweise die arten- und blütenreichen Wiesen, Äcker mit ihren vielfältigen Beikräutern und Insektenarten, Nieder- und Mittelwälder sowie Obst- und Weinanbaugebiete. Viele seltene und gefährdete Arten sind auf die Kontinuität der anthropogenen Störungsregime angewiesen, denn sowohl Nutzungsaufgabe als auch Nutzungsintensivierung gefährden ihre Lebensräume (Bahn et al. 2019). In der Grünlandbewirtschaftung Mitteleuropas sind durch die Mechanisierung, den massiven Einsatz von Düngern und Pflanzenschutzmitteln sowie die starken Veränderungen von Mahdfrequenzen in den letzten sechs Jahrzehnten relativ artenarme und damit vulnerable Grünland-Ökosysteme entstanden. Die Erkenntnisse aus der störungsökologischen Forschung bieten hier die Chance, diese anthropogenen Kunstprodukte wieder in artenreiche und damit auch in Zeiten des Klimawandels notwendige klimaresiliente Systeme zurückzuführen. Einer der Schlüssel dafür ist das Wieder-Zulassen oder Initiieren von natürlichen Störungsprozessen und Dynamiken. Dort, wo solche Störungsregime nicht mehr existieren (weil beispielsweise Großherbivore als Schlüsseltierarten ausgerottet wurden), kann ein anthropogenes Störungsregime eingesetzt werden. Beweidung und Mahd sind die wichtigsten anthropogenen Störungen im Grünland (Bahn et al. 2019), während der Einsatz von Feuer in Mitteleuropa zur Offenhaltung von Grünlandflächen nicht so üblich ist. Die Auswirkungen von Beweidung und Mahd sind recht unterschiedlich und führen auch zu unterschiedlichen Struktur- und Artenvielfalten. So erhöht Beweidung die Heterogenität durch eine selektive Entnahme von Biomasse und schafft kleinräumige Unterschiede in Nährstoffverfügbarkeiten, Bodenverdichtungen oder Artenzusammensetzungen (Milchunas & Lauenroth 1993, Adler et al. 2001).

Grünland, speziell Weiden, Mähwiesen und die Mischform aus beidem, wird seit Jahrtausenden für Nutztiere benötigt (Fleisch, Milchprodukte, Wolle). Allerdings geraten in Zeiten des Klimawandels die äußerlich auf den ersten Blick immer konstant robust wirkenden Wiesen und Weiden in Resilienzprobleme. Heiße und trockene Vegetationsperioden bringen einige typische Grünlandarten über ihre Schwellenwerte (z. B. brach auf unseren Experimentalflächen nach den Trockenjahren 2018/2019 die Population von *Plantago lanceolata* zusammen), vegetationsfreie Strukturen entstehen (oft bis zu 20 % der Fläche, auch wegen verstärkter Ameisenaktivitäten), neue (oft unerwünschte) Arten wandern ein (z. B. *Lupinus polyphyllus*, *Jacobaea vulgaris*).

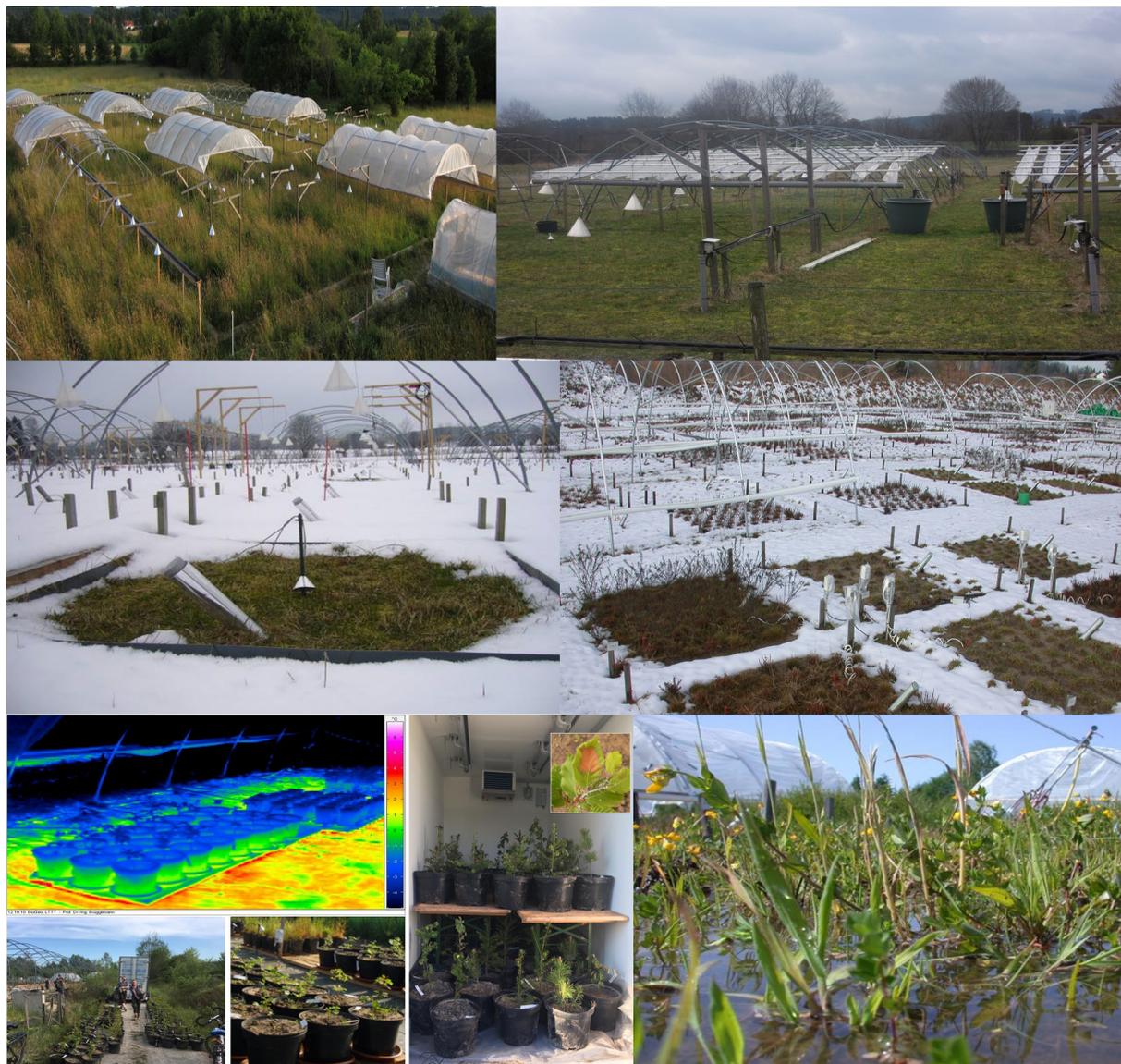


Abb. 4: Seit vielen Jahren werden Grünlandflächen auf den Experimentalflächen des Ökologisch-Botanischen Gartens der Universität Bayreuth verschiedenen klimatischen Behandlungen ausgesetzt, um Resilienzen, Resistenzen, Toleranzen, Erholungsraten und Schwellenwerte von Arten und Artengemeinschaften zu ermitteln. Obere Reihe: keine Niederschläge und 40 % weniger Niederschläge; mittlere Reihe: Wintererwärmung und Frost-Auftau-Zyklen; untere Reihe: Spätfrost und Überflutung. Fotos: A. Jentsch und A. von Heßberg

Seit 20 Jahren beschäftigt sich die Bayreuther Störungsökologie mit Dynamiken und ökologischen Messgrößen im Grünland, sowohl im langjährigen experimentellen Ansatz auf großer Fläche als auch in der Freilandforschung im Wirtschaftsgrünland der Umgebung von Bayreuth. In mehreren internationalen Verbundprojekten (Event, DroughtNet, HerbDivNet, NutNet, DragNet, NPKD-Net, Signal, SusAlps) werden Versuchsflächen mit verschiedenen Störungsregimen behandelt und deren Resilienzen, Resistenzen, Toleranzen und Regenerationsfähigkeiten beobachtet. Dies umfasst partielle und komplette saisonale Trockenheit, Sommer- und Wintererwärmungen, Frostauftauzyklen, Schneentfernung, Spätfrostbehandlungen, Überflutungen, Düngungen und Mahdregime (Jentsch & Pennisi 2022). Ein weiteres Experiment beschäftigt sich mit den Auswirkungen der Versetzung ganzer Vegetations-Boden-Einheiten aus verschiedenen Grünlandflächen des alpinen und subalpinen Gebiets nach Bayreuth. Dadurch werden die versetzten Grünland-Artengemeinschaften einer plötzlichen Temperaturerhöhung und einem anderen Niederschlagsregime ausgesetzt (Berauer et al. 2019). Viele der aufgelisteten Freilandexperimente an der Universität Bayreuth laufen seit 10 bis 15 Jahren. Insbesondere durch diese experimentellen Forschungsansätze können Prognosen für das Verhalten von Grünland-Artengemeinschaften unter den Einflüssen des Klimawandels aufgezeigt werden. Die Erkenntnisse werden in Zeiten des voranschreitenden Klimawandels sowohl von Landwirten als auch für das großflächige Management und den Schutz der Kulturlandschaft benötigt. Aber auch in Naturschutzgebieten mit Anteilen von Grünlandflächen, beispielsweise in den Alpen an oder über der Baumgrenze, oft beweidet von Hirschen, Gämsen oder robusten Haustierarten, spielen die Erkenntnisse zu den beobachteten Reaktionsgrößen infolge des Klimawandels eine bedeutsame Rolle für das Managementkonzept (von Heßberg et al. 2021).

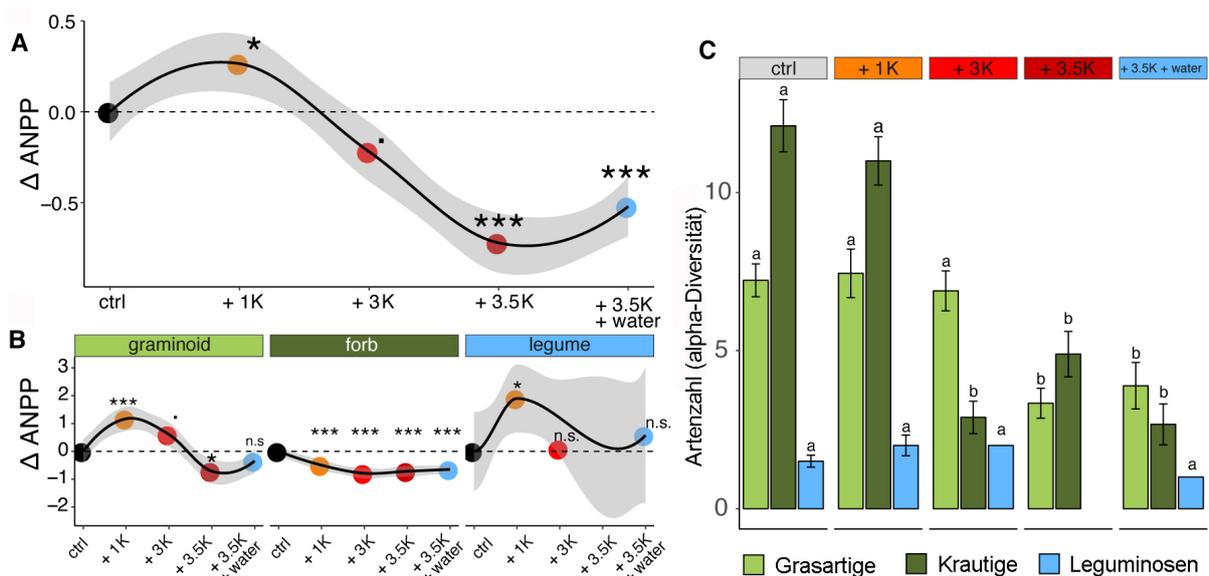


Abb. 5: Ergebnisse eines Experiments mit versetzten Pflanzen-Boden-Einheiten aus einer Bergwiese auf 1300 m (Oberbayern) nach 900 m, 600 m und Bayreuth (350 m) (ctrl. = die am Ursprung verbliebene Kontrollgruppe). A: Gezeigt werden die Änderung der oberirdischen Netto-Primärproduktion (Aboveground Net Primary Production ANPP) gegenüber der Kontrollgruppe in Abhängigkeit von Temperaturerhöhungen um 1 °C, 3 °C, 3,5 °C und der Variante +3,5 °C mit guter Wasserversorgung. B: wie A, nur für Grasartige, Krautige und Leguminosen getrennt dargestellt. C: Veränderung der Alpha-Diversität von Grasartigen, Krautigen und Leguminosen von 1300 m zu den drei vorgenannten Orten. Daten und Grafiken: nach Schuchardt et al. 2021

Die Ergebnisse der Langzeitexperimente im Grünland auf den Flächen des Ökologisch-Botanischen Gartens der Universität Bayreuth erbringen kontinuierlich vielfältige Einsichten in die Reaktionen von Grünland-Artengemeinschaften unter veränderten Klimabedingungen. Beispielsweise wurden bei dem Projekt SusAlps Pflanzen-Boden-Einheiten aus alpinen Standorten nach Bayreuth gebracht und dem Bayreuther Klima ausgesetzt. Ziel war es, die Pflanzeneinheiten über die Schwellenwerte zu bringen, um deutliche Reaktionen zu erkennen. Bei einem Experiment wurden von einer oberbayerischen Bergwiese (Esterbergalm, 1300 m; in Abb. 5 als Ctrl dargestellt) Pflanzen-Boden-Einheiten nach Graswang (900 m; +1 °C), nach Fendt (600 m; +3 °C) und nach Bayreuth (350 m; +3,5 °C) gebracht. Entsprechend den klimatischen Veränderungen gibt es große Unterschiede in der Reaktion auf erhöhte Jahresdurchschnittstemperaturen bei Grasartigen, Krautigen und Leguminosen (Abb. 5 B). Grasartige scheinen bei einer geringen Temperaturerhöhung produktiver zu werden und erst zwischen +3 °C und +3,5 °C mit ihrer Biomasseproduktion unter dem Wert der auf der Esterbergalm verbliebenen Kontrollgruppe zu liegen. Dagegen reagieren die Krautigen schon ab einer geringen Temperaturerhöhung mit niedrigerer oberirdischer Biomasse (ANPP). Die Leguminosen scheinen bei diesen Veränderungen keine Einbußen an Biomasse zu zeigen. Im Vergleich zur Kontrollgruppe haben die versetzten Wiesengemeinschaft einen Schwellenwert um die 2 °C, ab der die Biomasseproduktion zurückgeht (Abb. 5 A). Haben die Artengemeinschaften trotz einer Erwärmung von +3,5 °C ausreichend Wasser zur Verfügung, dämpft das zwar den Einbruch der Biomasseproduktion, kann diesen aber nicht komplett kompensieren bis zum Wert der Kontrollgruppe. Interessant ist auch die Reaktion der Artenvielfalt auf die abrupte Veränderung der Umweltbedingungen (Abb. 5 C). Auch hier besitzen die Grasartigen einen Schwellenwert zwischen +3 °C und +3,5 °C, ab dem die Hälfte der Arten ausfällt. Dagegen reagieren die Krautigen sehr viel früher (Temperaturerhöhungen im Bereich von +1 °C bis +3 °C) und sehr viel empfindlicher (Zusammenbruch auf ein Viertel der Artenzahl) (Schuchardt et al. 2021, Schucknecht et al. 2020).

## 5 Das Ende der Grünlandbewirtschaftung?

Sind die aufgezeigten Ergebnisse und Analysen ein Schreckensszenario für das Grünland bei zu erwartenden zukünftigen Temperaturerhöhungen von mehr als 2 °C? Welcher Landwirt wird bei derartigen Einbußen der Biomasseproduktion noch seine Kühe satt bekommen, geschweige denn die Milchproduktion auf einem rentablen Niveau halten können? Mit angesäeten Leguminosen-Mischungen könnte man sich da noch etwas retten. Aber gesunde Kühe kann man nicht nur von Leguminosen und Maissilage ernähren. Daher lag ein wichtiger Fokus bei den vorgestellten Untersuchungen mit den versetzten Pflanzen-Boden-Einheiten auf der Menge der jährlichen Biomasse in Abhängigkeit von den verschiedenen passiven Temperaturerhöhungen. In einer weiteren Analyse dieser Langzeiterfassung wurde statt der Jahresdurchschnittstemperatur nur die Temperaturerhöhung während der Vegetationsperiode verwendet und alle Standorte mit in die Darstellung einbezogen. Im Extremfall betrug die abrupte Veränderung der vegetationsrelevanten Temperatur +9,2 °C (vom Schweizer Furkapass auf 2400 m Höhe nach Bayreuth mit 350 m Höhe) (Abb. 6; Niu et al. 2023).

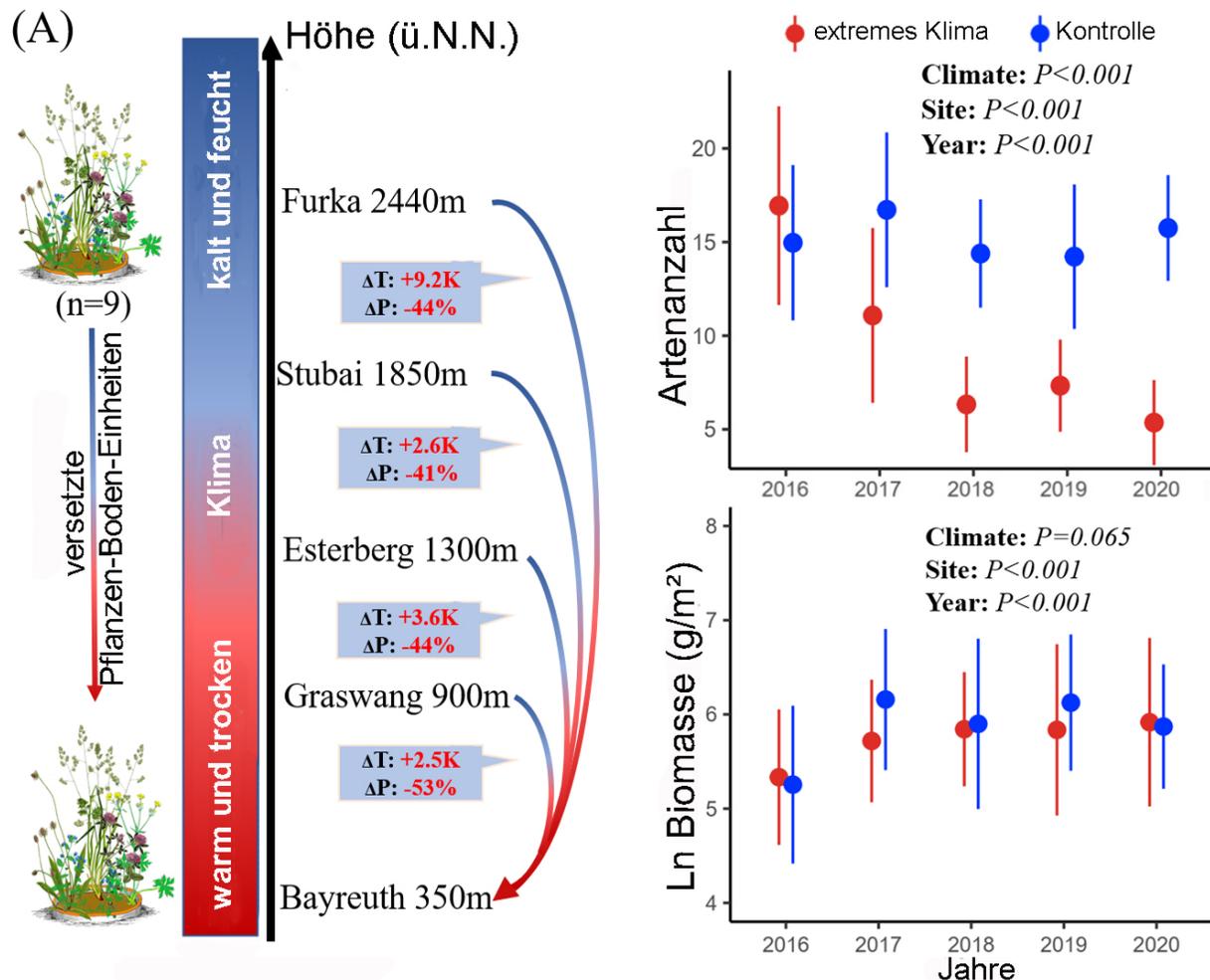


Abb. 6: Die Artenzahl der versetzten Pflanzen-Boden-Einheiten geht unter klimatischen Extremsituationen in den ersten vier Jahren um 73 % bis 94 % zurück. Allerdings bleibt die gesamte Biomasse über die Jahre gegenüber den Kontrollgruppen relativ unverändert. In dieser Darstellung wurde für die Gruppe „extremes Klima“ über alle involvierten Standorte gemittelt. Gleiches gilt für die Gruppe „Kontrolle“, die alle Kontrolleinheiten beinhaltet, die an den jeweiligen Ursprungsorten verblieben. Grafik: modifiziert nach Niu et al. 2023

Die Ergebnisse zeigen, dass der durch die Klimaextreme (starke Erwärmung im Zusammenspiel mit Trockenheit) verursachte Artenverlust (zwischen 73 % und 94 % Rückgang der Alpha-Diversität) die Biomasse der Gemeinschaft nicht verringert hat. Selbst ohne die spontane Etablierung nicht heimischer Arten (aus dem Umgebungspool der Untersuchungsfläche in Bayreuth) blieb die Biomasse der ursprünglichen Arten in den versetzten Einheiten während des Zusammenbruchs der Artenzahl stabil (Niu et al. 2023). Trotz eines derartigen Zusammenbruchs der Alpha-Diversität bleibt der Verlust an Biomasse gering – eine doch relativ erstaunliche Erkenntnis. Die durch die Erwärmung und Trockenheit entstandenen Lücken werden von anderen Arten eingenommen. Weggebrochene funktionale Attribute werden ersetzt. Die Gemeinschaft bleibt als Ökosystem „stabil“, wird dann aber nur von wenigen Arten unterstützt.

## 6 Fazit

Daran können die Einsichten knüpfen, die aus den anderen Klima-Freilandexperimenten (Abb. 4) gewonnen wurden und die wir in störungsökologische Grundgesetze geformt haben:

- Je höher die Biodiversität einer Gemeinschaft oder Landschaft ist, umso widerstandsfähiger ist diese bei zusätzlichen, von außen kommenden Störungen.
- Je höher die Biodiversität einer Gemeinschaft oder Landschaft ist, umso schneller und besser erholen sich diese auch nach zusätzlichen, von außen kommenden Störungen.
- In wechselnden Extremsituationen sind Gemeinschaften stabil durch die Unterschiedlichkeit ihrer Mitglieder.
- Eine hohe Artenvielfalt sichert der gesamten Landschaft eine hohe Widerstandsfähigkeit (*resistance*) und Belastbarkeit (*resilience*) gegenüber zusätzlichen Störungen und beschleunigt nach solchen Störungen die Regeneration (*recovery*).

Besonders aus dem letzten Punkt wird klar, wie wir Ökosysteme, egal ob in Naturschutzgebieten oder im Wirtschaftsgrünland, in Zeiten verstärkter und häufiger Stressfaktoren im Zuge des Klimawandels betrachten und (notfalls) behandeln müssen. Klimaanpassungsstrategien für eine höhere *resilience* und *recovery* gibt es über den Schlüsselfaktor Artenvielfalt. Diese gibt es über Habitatvielfalt. Diese gibt es über die Schaffung von Strukturvielfalt und diese wird geschaffen durch Störungsevents. Der Schutz der systeminhärenten, in den Landschaften innewohnenden Störungsevents und deren natürlicher Antworten darauf führt zu den gewünschten Strukturen, Habitaten und Artendiversitäten und damit zu einer Zukunftsresilienz in unsicheren Zeiten.

## 7 Literaturverzeichnis

- Adler, P.B., Raff D. & Lauenroth W.K. (2001): The effect of grazing on the spatial heterogeneity of vegetation. – *Oecologia* 128: 465–479.
- Bahn, M., Ingrisch, J. & Jentsch A. (2019): Grünlandnutzung. In: Wohlgemuth, T., Jentsch, A. & Seidl R. (Hrsg.): Störungsökologie. Haupt Verlag, Bern: 304–324.
- Berauer, B.J., Wilfahrt, P.A., Arfin-Khan, M.A., Eibes, P., von Heßberg, A., Ingrisch, J., Schloter, M., Schuchardt, M.A. & Jentsch, A. (2019): Low resistance of montane and alpine grasslands to abrupt changes in temperature and precipitation regimes. – *Arctic, Antarctic, Alpine Research* 51: 215–231.
- Cornell, J.H. (1978): Diversity in tropical rain forests and coral reefs. – *Science* 199(4335): 1302–1310.
- IPCC 2013: Climate Change (2013): The physical science basis. Working Group I contribution to the IPCC fifth assessment report. – Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Jentsch, A. & Beierkuhnlein, C. (2001): Explaining biogeographical distributions and gradients: floral and faunal responses to natural disturbances. In: Millington, A., Blumer, M.K. & Schickhoff, U. (Hrsg.): *The SAGE Handbook of Biogeography*. Sage Publications, Los Angeles: 119–211.
- Jentsch, A., Kreyling, J. & Beierkuhnlein, C. (2007): A new generation of climate-change experiments: events, not trends. – *Front. Ecol. Environ.* 5: 365–374.
- Jentsch, A. & von Heßberg, A. (2020): Bitte stören – Wälder in Bewegung. – *LWF aktuell* 127(4): 9–12.
- Jentsch, A. & von Heßberg, A. (2022): Bitte stören! – Dynamik gehört zu einer intakten Landschaft. – *Naturmagazin Berlin-Brandenburg* 36(1): 4–8.
- Jentsch, A. & Pennisi, E. (2022): Interview (Plant Ecology) with A. Jentsch: Global drought experiment reveals the toll on plant growth: Artificial drought sharply cut carbon storage. – *Science* 6609: 909–910.
- Milchunas, D.G. & Lauenroth, W.K. (1993): Quantitative effects of grazing on vegetation and soils over a global range of environments. – *Ecol. Monogr.* 63: 327–366.

- Niu, Y., Schuchardt, M., von Heßberg, A. & Jentsch A. (2023): Stable plant community biomass production despite species richness collapse under simulated extreme climate in the European Alps. – *Science of the Total Environment* 864, 161166.
- Schuchardt, M., Berauer, B., von Heßberg, A., Wilfahrt, P. & Jentsch A. (2021): Drought effects on montane grasslands nullify benefits of advanced flowering phenology due to warming. – *Ecosphere* 12(7): e03661.
- Schucknecht, A., Krämer, A., Asam, S., Mejia-Aguilar, A., Garcia-Franco, N., Schuchardt, M., Jentsch, A. & Kiese, R. (2020): Vegetation traits of pre-Alpine grasslands in southern Germany. – *Scientific Data* 7, 316.
- Seidl, R. & Rammer, W. (2017): Climate change amplifies the interactions between wind and bark beetle disturbances in forest landscapes. – *Landscape Ecol.* 32: 1485–1498.
- Seidl, R. & Kautz, M. (2019): Einfluss des Klimawandels auf Störungen. In: Wohlgemuth, T., Jentsch, A. & Seidl, R. (Hrsg.): *Störungsökologie*. Verlag Haupt, Stuttgart: 325–336.
- Von Heßberg, A., Jentsch, A., Berauer, B., Ewald, J., Fütterer, S., Görgen, A., Kluth, S., Krämer, A., Koellner, T., Scharmman, M., Schloter, M., Schmitt, T.M., Schödl, M., Schuchardt, M.A., Schucknecht, A., Steinberger, S., Vidal, A., Voith, J., Wiesmeier, M. & Dannenmann, M. (2021): Almen in Zeiten des Klimawandels: Schutz der Artenvielfalt durch (Wieder-)Beweidung? Die Fallstudie Brunnenkopfbalm im Ammergebirge. – *Naturschutz und Landschaftsplanung* 53(3): 28–36.
- Von Heßberg, A. & Jentsch, A. (2022): Die Vegetationszonen der Erde und deren typische Störungsregime und Klimaextreme. – *Regio Basiliensis* 63(2): 99–111.
- Walker, L.R. (1999): *Ecosystems of disturbed ground*. Amsterdam. – Elsevier, Amsterdam [u. a.].
- White, P.S. & Jentsch, A. (2001): Towards generality in studies of disturbance and ecosystem dynamics. – *Progress in Botany* 61: 399–450.
- Wohlgemuth, T., Jentsch, A. & Seidl, R. (2019): *Störungsökologie: Ein Leitfaden*. In: Wohlgemuth, T., Jentsch, A. & Seidl R. (Hrsg.): *Störungsökologie*. Haupt Verlag, Bern: 13–19.

### **Adresse der Autoren\*innen:**

Dr. Andreas von Heßberg

Urte Bauer

Prof. Dr. Anke Jentsch

Universität Bayreuth

Universitätsstr. 30

95447 Bayreuth

E-Mail: andreas.hessberg@uni-bayreuth.de

E-Mail: urte.bauer@uni-bayreuth.de

E-Mail: anke.jentsch@uni-bayreuth.de



## Klimawandel trifft Mittelgebirge: Veränderungen von Arten und Lebensräumen im UNESCO-Biosphärenreservat Rhön

Tobias Birkwald, Alana Steinbauer und Tina Bauer

### Zusammenfassung

Das UNESCO-Biosphärenreservat Rhön im Dreiländereck zwischen Bayern, Hessen und Thüringen umfasst eine Vielzahl mosaikartig vernetzter Lebensräume. Gerade feuchte oder kühl-gemäßigte Habitats beherbergen eine Vielfalt geschützter Tier- und Pflanzenarten. Doch bereits in den letzten Jahrzehnten stieg hier die Jahresmitteltemperatur um +1,2 °C, Klimaprojektionen rechnen mit einem weiteren Temperaturanstieg um bis zu +3,6 °C bis zum Ende des Jahrhunderts, verbunden mit einer Verschiebung der Jahresniederschläge und zunehmenden Trockenphasen. Verschiedene Erfassungen von Artexperten/Innen und ehrenamtlichen Bürgerwissenschaftlern/Innen zeigen bereits jetzt Ausbreitungen wärmeliebender Arten in eigentlich kühle Hochlagen der Rhön. Bei fortschreitendem Klimawandel ist mit dem Verlust zahlreicher kühl-angepasster Tier- und Pflanzenarten und einer weiteren Zunahme von wärmeliebenden Generalisten zu rechnen.

### Summary

Located between Bavaria, Hesse and Thuringia is the UNESCO biosphere reserve Rhoen, featuring a variety of highly interconnected habitat types. Especially wet meadows and temperate biomes are prevalent here and comprise numerous highly protected species. However, climate change has already led to a regional increase in annual temperature by +1.2 °C with models suggesting a further increase of +3.6 °C by the end of the century, combined with shifts in annual precipitation and prolonged periods of drought. Already, both professional ecologists as well as citizen scientists have demonstrated range expansions of various thermophilic species into the hitherto temperate uplands. Ongoing climate change will likely lead to local extinction of specialised species requiring wet and temperate habitats with a further increase of thermophilic generalists.

### 1 Die Landschaftsvielfalt der Rhön

Im Dreiländereck zwischen Bayern, Hessen und Thüringen liegt die Rhön, eine Mittelgebirgslandschaft vulkanischen Ursprungs. Extensive Grünlandgebiete sind hier kleinflächig verzahnt mit montanen Buchenwaldgesellschaften, naturnahen Fließgewässern und Blockschuttwäldern, die in den Tieflagen oft von artenreichen Muschelkalkhabitats umsäumt werden. Die Rhön zählt aufgrund dieser Lebensraumvielfalt zu den abwechslungsreichsten Kulturlandschaften Deutschlands und gilt als „Hotspot der Biodiversität“ (Ackermann & Sachteleben 2012). Von Südwesten nach Nordosten ausgerichtet, erreicht das Basaltplateau der Rhön auf der hessischen Wasserkuppe eine Höhe von 950 m ü. NN. Das länderübergreifende UNESCO-Biosphärenreservat Rhön umspannt auf 2433 km<sup>2</sup> neben diesem Hochrhönzug auch das Rhönvorland, Teile des Grabfeldgaus im Naturraum der Mainfränkischen Platten und wärmebegünstigte Regionen der Fränkischen Saale auf ca. 180 m ü. NN.



Abb. 1: Typisches Landschaftsmosaik der Rhön: naturnaher Buchenmischwald, umgeben von kleinflächigen Wiesen, Gehölzreihen und Bachläufen. Dreienberg bei Friedewald. Foto: A. Müller

Diese vielseitige Geografie der Rhön sorgt für ein vielfältiges Klima: Von Nordwesten kommende atlantische Luft trifft auf den Hochrhönzug, kühlt beim Aufsteigen ab und führt dort zu hohen Jahresmittelniederschlägen von über 1100 mm (DWD 2022). Die im Regenschatten dieses Mittelgebirges gelegenen Städte Bad Königshofen und Bad Kissingen hingegen zählen zu den trockensten Orten Bayerns. Während im südlichen Bereich des Biosphärenreservats Rhön um die Stadt Hammelburg bei einer Jahresdurchschnittstemperatur von über 9 °C Wein angebaut wird, liegt die Durchschnittstemperatur auf der Hochrhön bei ca. 5 °C (DWD 2022).

## 2 Heiße Aussichten für das kühle Mittelgebirge

In Deutschland sind Mittelgebirge besonders vom Klimawandel betroffen, vor allem kühlangepasste Arten und verinselte Habitate sind verstärkt bedroht (Streitberger et al. 2016). Der Klimawandel und seine Folgen machen auch vor dem UNESCO-Biosphärenreservat Rhön keinen Halt. Einige der Auswirkungen sind schon heute deutlich bemerkbar, und Klimamodelle deuten darauf hin, dass sich die Mittelgebirgsregion in Zukunft großen Herausforderungen stellen muss. Die mittlere Jahrestemperatur der Rhön ist bereits in den vergangenen Jahrzehnten um ca. +1,2 °C angestiegen, was jetzt schon zu heißeren Sommern und wärmeren Wintern führt, wie die Messergebnisse des Deutschen Wetterdienstes belegen (DWD 2021b, Änderungen 1991–2020 zu 1961–1090). Wie stark die zukünftigen Klimaänderungen ausfallen, hängt von unserem Handeln und unseren Entscheidungen ab.

Auf welchem Klimaweg wir uns aktuell befinden, veranschaulichen die Auswertungen des bayerischen Klimazentrums für die Region Spessart-Rhön (Abb. 2). Die gemessenen Werte zeigen aktuell noch höhere und damit wärmere Temperaturen als das Szenario ohne Klimaschutz. Wir können noch etwas tun, aber schnelles Handeln im Bereich Klimaschutz ist gefragt.

### Mittlere Sommertemperatur (Juni–August) im Vergleich zum Bezugszeitraum 1971–2000 in der Klimaregion Spessart-Rhön

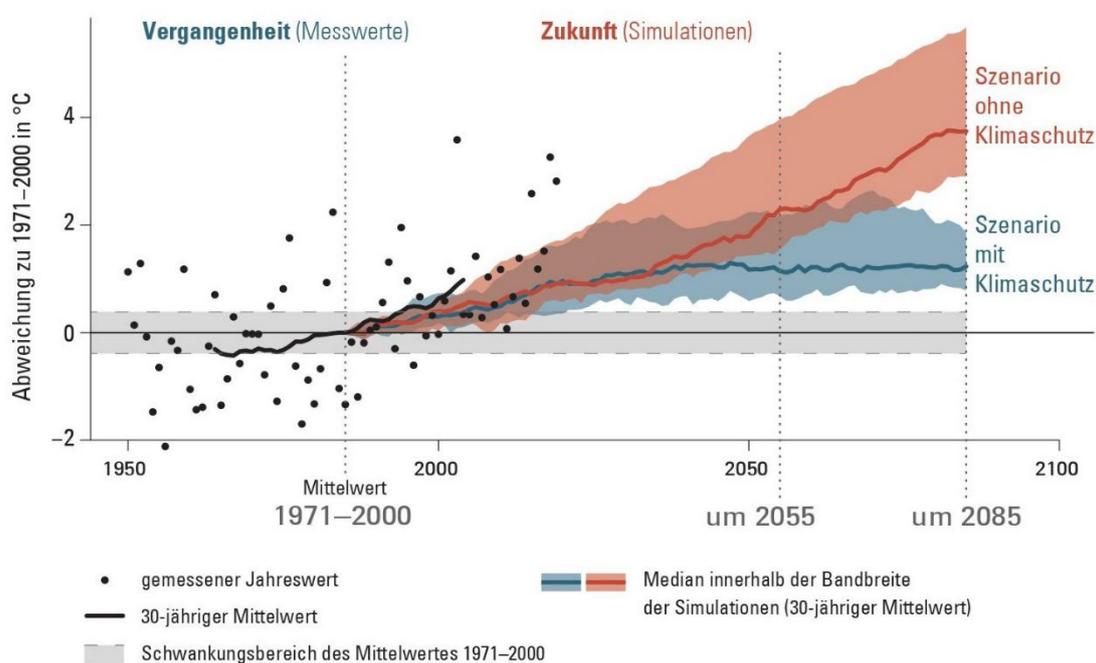


Abb. 2: Mittlere Sommertemperatur in der Klimaregion Spessart-Rhön. Die schwarze Linie stellt die aktuellen Messungen dar (30-jähriger Mittelwert), die rote und die blaue Linie die zukünftige Klimaentwicklung mit und ohne Klimaschutz (Median innerhalb der Bandbreite der Simulationen) für die mittlere Sommertemperatur dar. Quelle: LfU 2021a

Wenn wir weitermachen wie bisher (der sogenannte repräsentative Konzentrationspfad des Weltklimarats RCP-Szenario 8.5), werden noch zusätzlich +2,1 °C bis Mitte des Jahrhunderts und +3,6 °C bis Ende des Jahrhunderts für das Biosphärenreservat Rhön erwartet (Abb. 3, LfU 2021b). Auch die Hitzetage – Tage mit einer maximalen Temperatur von über 30 °C – werden stark zunehmen, zu den aktuell vier Tagen werden bis Ende des Jahrhunderts noch 20 Tage dazu kommen (LfU 2021b). Nach diesem Szenario werden in den Gebieten der Hochrhön Temperaturen vorherrschen, wie sie aktuell in den Tieflagen Deutschlands zu finden sind.

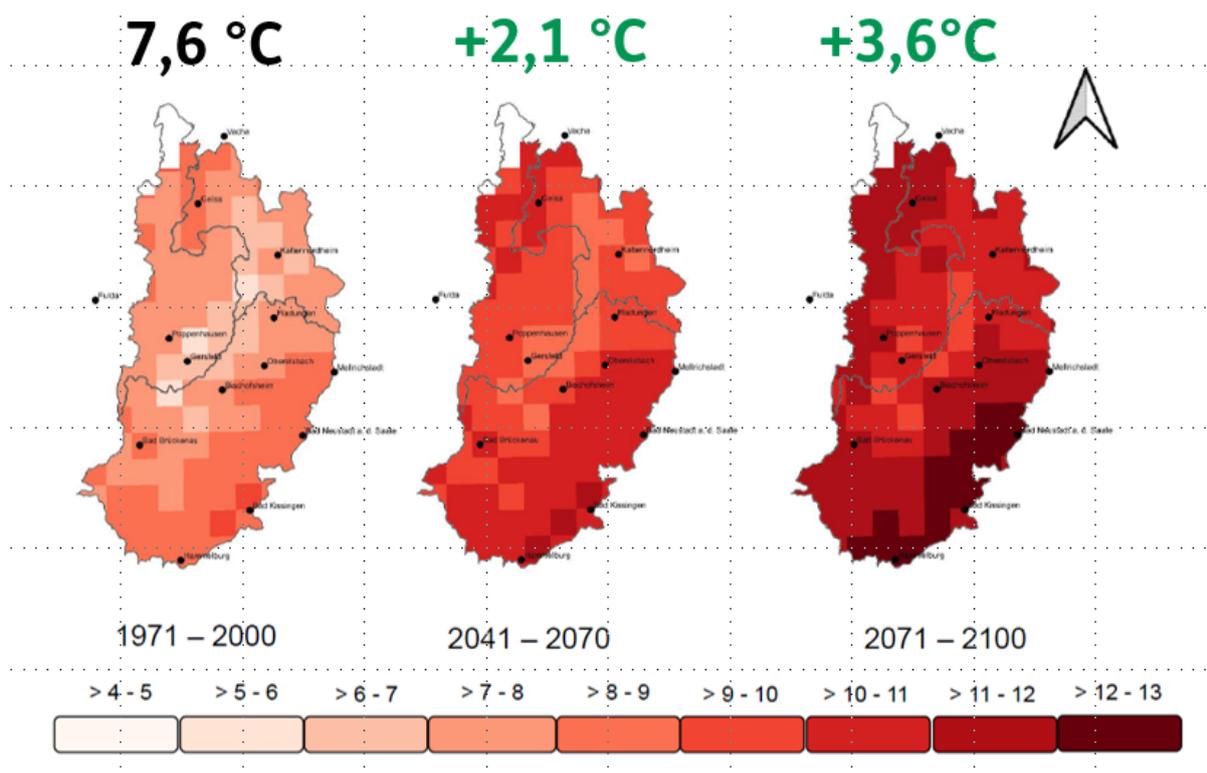


Abb. 3: Absolutwerte der Temperatur im Biosphärenreservat Rhön im 30-jährigen Mittel im Referenzzeitraum, der mittleren Zukunft und der fernen Zukunft. Die Zahlen darüber stellen den Mittelwert des gesamten Gebietes für die Referenzperiode und die mittleren Änderungen in der Zukunft dar. Szenario RCP 8.5, bayerisches Klimaensemble. Datengrundlage: LfU 2021b

### 3 Veränderung der Niederschläge

Während sich bei den Klimaprojektionen für die nächsten Jahrzehnte im Gesamtniederschlag kaum Änderungen zeigen, bekommt man ein anderes Bild, wenn man die Verteilung des Niederschlags über das Jahr betrachtet. In der Vergangenheit sind die Sommer bereits trockener geworden (DWD 2021b). Dieser Trend setzt sich in der Zukunft fort, es werden weitere Abnahmen von -14 % der Sommerniederschläge bis Ende des Jahrhunderts erwartet (LfU 2021b). Durch die Kombination aus weniger Sommerniederschlägen und deutlich steigenden Temperaturen entsteht mehr Verdunstung, was zu insgesamt trockeneren Bedingungen vor allem in den Sommermonaten führt.

Starkniederschläge stellen in der Rhön aufgrund der Topografie mit kleinen Einzugsgebieten bereits ein deutliches Problem dar. Sie lassen sich oftmals schlecht messen, da sie lokal sehr kleinräumig auftreten und daher von Wetterstationsdaten oft nicht erfasst werden. Hochaufgelöste Messungen des Deutschen Wetterdienstes mit Radardaten werden hier in Zukunft abhelfen. Bekannt ist jedoch, dass die Intensität von Starkregen um bis zu 7 % pro °C Erwärmung zunimmt (Bildungsserver 2023). Somit ist auch im Biosphärenreservat Rhön in der Zukunft mit häufigeren und stärkeren Starkregenereignissen zu rechnen.

### 4 Untersuchung der Quellschüttung

Quellen stellen ökologische Sonderstandorte zwischen Grundwasser und Oberflächenwasser dar und sind wichtige und gleichzeitig sehr sensible Biotope. Mit einem Quellmonitoring Klimawandel werden in einem Messprogramm in der Rhön an neun Quellen die Auswirkungen

des Klimawandels untersucht (angelehnt an Lichtenwöhler et al. 2022). Die Dauerbeobachtungen sollen zeigen, welche Auswirkungen der Klimawandel auf Quellen und den Wasserhaushalt der Region zeigt. Erste Daten aus dem Jahr 2022 deuten bereits auf ein temporäres Trockenfallen von Quellstandorten in den Sommermonaten hin.

## 5 Reduktion der Eistage

Die Rhön war lange bekannt für ihre kühlen, schneereichen Winter. In der Referenzperiode 1971–2000 gab es hier durchschnittlich 28 Eistage pro Jahr – also Tage mit Höchsttemperaturen unter 0 °C. In Zukunft wird der Jahresverlauf deutlich milder ausfallen; bis Ende des Jahrhunderts wird sich die Anzahl der Eistage voraussichtlich mit durchschnittlich neun Tagen auf ein Drittel reduzieren (LfU 2021b).

### Glazialrelikte der Rhön

Glazialrelikte sind Überreste von Artengemeinschaften, die zum Ende der letzten Eiszeit weitverbreitet waren. Diese besonders kälteangepassten Arten zogen sich mit zunehmender Erwärmung immer weiter in die letzten Kälteinseln zurück. Die Hochrhön bietet immer noch einigen Glazialrelikten Lebensraum. Hierzu gehört z. B. die bundesweit als *stark gefährdet* geltende Alpenspitzmaus (*Sorex alpinus*), der sonst nur aus den Hochgebirgen bekannte Alpen-Blasssporrübling (*Gymnopus alpicola*) oder der extrem seltene Kurzflügelkäfer *Boreaphilus henningiatus*, der deutschlandweit nur noch in der Rhön vorkommt und dessen nächste Vorkommen in Skandinavien und Karelien liegen.

## 6 Libellen reagieren schnell auf Klimaveränderungen

Da Libellen sich durch eine sowohl aquatische als auch terrestrische Lebensweise auszeichnen, sind sie besonders gut geeignet, um grundsätzliche Lebensraumveränderungen anzuzeigen (Ott 2012). Klimatische Faktoren und damit einhergehende Habitatveränderungen haben einen maßgeblichen Einfluss auf die Zusammensetzung von Libellen-Artengemeinschaften. Daher eignen sich Libellen gut als Klimaindikator (Bush et al. 2013). Durch klimatische Veränderungen können bei Libellen phänologische Verschiebungen auftreten (Hassal et al. 2007) oder eine Ausbreitung in Gebiete stattfinden, die bis vor wenigen Jahren noch als zu kühl-gemäßigt für die jeweiligen Arten galten (Termaat et al. 2019). Diese Ausbreitung kann sowohl durch horizontale Verschiebung des Verbreitungsgebietes in Richtung Norden als auch durch vertikale Verschiebung in höhere Lagen geschehen. Thermophile und generalistische Arten profitieren hiervon, während kälteadaptierte Arten und Habitatspezialisten durch Konkurrenzdruck und Lebensraumverinselung zunehmend gefährdet sind. Vor allem in Mittelgebirgen gibt es für diese kälteangepassten Arten nur wenig Möglichkeiten, in noch höhere Gebirgslagen auszuweichen (Streitberger et al. 2016).

Im Rahmen einer Libellenerfassung wurden 2019 (ergänzt durch einzelne Begehungen 2020 und 2021) verschiedene Lebensräume der Hochrhön, darunter Quellbereiche, Steinbruchseen und Moore im Hinblick auf vorkommende Libellenarten untersucht. Die festgestellte Artenzusammensetzung wurde anschließend mit den Daten einer umfassenden Bestandserhebung derselben Standorte in den Jahren 1984 und 1985 (Beck 1986) verglichen.

Hierbei zeigte sich eine Ausbreitung wärmeliebender Arten in die Hochrhönlagen: Die Blaue Federlibelle (*Platycnemis pennipes*) konnte im Vergleich zu 1984/85 für die Hochrhön neu nachgewiesen werden (Bauer 2021). Im letzten Jahrzehnt wurden für diese Tieflandart vermehrt Arealausweitungen beobachtet (Conze et al. 2010), auch in die höheren Lagen anderer Mittelgebirge (Martens et al. 2015). Auch der wärmeliebende Südliche Blaupfeil (*Orthetrum brunneum*) konnte im Jahr 2019 in der Rhön auf ca. 800 m ü. NN neu nachgewiesen werden. Von dieser Libellenart ist bekannt, dass 90 % der Fundorte unter 500 m ü. NN liegen. Hingegen scheinen Libellenarten, die Moore und Kleinstgewässer bewohnen, abzunehmen. Die Schwarze Heidelibelle (*Sympetrum danae*) wurde in den 1980er-Jahren in der Hochrhön noch an insgesamt 15 verschiedenen Standorten nachgewiesen. Acht dieser Lebensräume wurden in den Jahren 2019–2021 wiederholt untersucht, wobei die Schwarze Heidelibelle nur noch an zwei der Standorte wiedergefunden wurde. Demnach kann von einem deutlichen Rückgang der Art in der Hochrhön ausgegangen werden, welcher auch bundesweit zu erkennen ist (Ott et al. 2015).

Der Klimawandel wird das Vorkommen spezialisierter Libellenarten in der Hochrhön zukünftig stark einschränken. Zunehmende Austrocknung und chemische Veränderung von Moorgewässern werden tyrphobionte Arten weiter stark gefährden. Quellbewohnende Arten könnten aufgrund von veränderter Quellschüttung und Erwärmung der Oberläufe Lebensräume verlieren, auf Kleinstgewässer spezialisierte Arten werden durch ein zu frühes Trockenfallen der Gewässer bedroht (Menke & Conze 2009). In der isolierten Mittelgebirgslage der Hochrhön gibt es wenig Möglichkeiten für diese spezialisierten Arten, in nördlichere Gebiete oder höhere Gebirgslagen auszuweichen. Durch Konkurrenzdruck infolge der vermehrten Ausbreitung von Habitatgeneralisten und wärmeliebenden Tieflandarten könnte die Situation noch weiter verschärft werden.



Abb. 4: Zunehmende Trockenperioden führen zu Veränderungen von Feuchtlebensräumen wie hier im Schwarzen Moor. Foto: T. Bauer

## 7 Bürgerwissenschaftler/Innen untersuchen Ausbreitung wärmeliebender Insekten

Die Unterstützung interessierter Bürgerwissenschaftler/Innen bei ökologischer Forschung spielt im UNESCO-Biosphärenreservat Rhön eine wichtige Rolle. Ehrenamtliche Erfassungen (Citizen Science) sind eine effektive Methode, um die aktuelle Verbreitung gut bestimmbarer Arten zu ermitteln. Hierzu gehören beispielsweise die Blauschwarze Holzbiene (*Xylocopa violacea*) und der Trauer-Rosenkäfer (*Oxythyrea funesta*). Beide Arten sind wärmeliebende Insekten, die sich in den letzten Jahren in Deutschland stark ausgebreitet haben. Sowohl die Holzbienen, die durch ihr charakteristisches Aussehen mit den blauschimmernden Flügeln und dem schwarz-glänzenden Körper einfach bestimmbar sind, als auch der Trauer-Rosenkäfer, der als Blütenbesucher im Feld auch für Laien leicht zu entdecken ist, gelten als geeignete Modellarten für Citizen-Science-Projekte (Hoffmann et al. 2021). Da beide Arten auch in der eher kühlen Rhön in den letzten Jahren vermehrt gesichtet wurden, rief die Biosphärenverwaltung im Sommer 2021 zu einer bürgerwissenschaftlichen Suche nach diesen wärmeliebenden Arten auf.



Abb. 5: Die Blauschwarze Holzbiene (links) zeichnet sich durch ihre blauschimmernden Flügel und die beachtliche Größe von bis zu 3 cm aus, während der etwa 1 cm große Trauer-Rosenkäfer (rechts) von anderen Rosenkäfer-Arten durch die auch auf dem Halsschild vorhandenen weißen Flecken zu unterscheiden ist. Fotos: iStock.com/emmer1940, iStock.com/ A. Hasenkampf

Insgesamt gingen im Erfassungszeitraum vom 01.05.–31.07.2021 516 Meldungen ein, davon 450 Holzbiene-Meldungen und 66 Beobachtungen von Trauer-Rosenkäfern. Schwerpunkt der beiden wärmeliebenden Insektenarten im Biosphärenreservat waren Höhenlagen zwischen 250 und 400 m ü. NN. Auf 550 m ü. NN. lag der höchste Fundort des Trauer-Rosenkäfers, während die Blauschwarze Holzbiene bis über 700 m ü. NN nachgewiesen wurde. Somit befand sich ein Großteil der Fundorte in den wärmebegünstigten Gebieten des Biosphärenreservats, an welchen die monatliche Durchschnittstemperatur im Erfassungszeitraum von Mai bis Juli 2021 mindestens 14 °C betrug. Hochlagen mit einer Durchschnittstemperatur von weniger als 13 °C wurden von beiden Arten eher gemieden (Bauer et al. 2021).

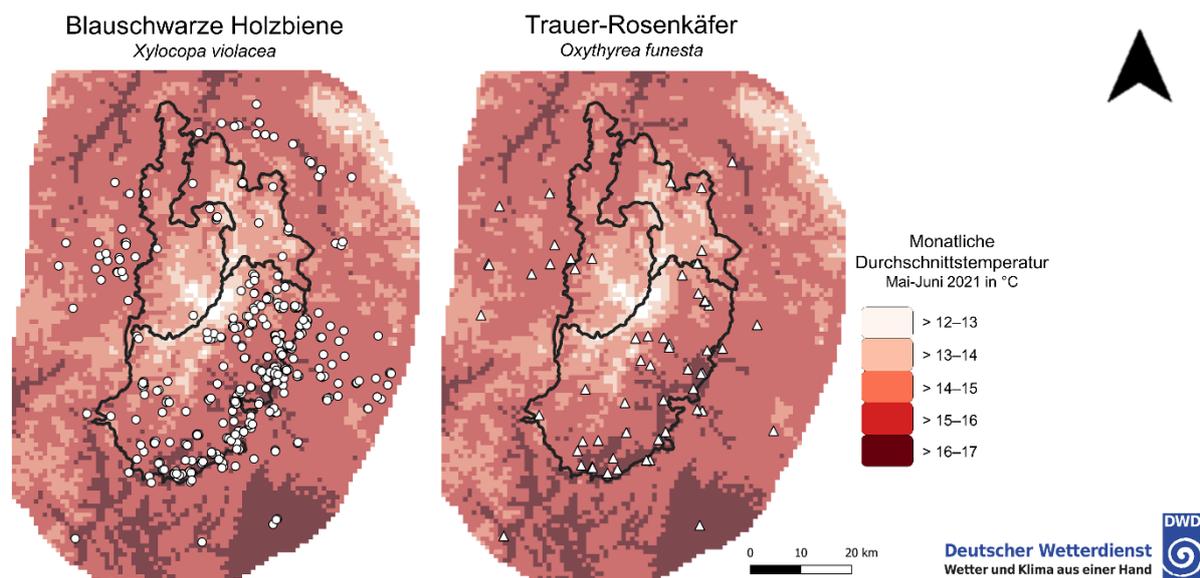


Abb. 6: Funde der Blauschwarzen Holzbiene (*Xylocopa violacea*, links) und des Trauer-Rosenkäfers (*Oxythyrea funesta*, rechts) im Vergleich zur Mitteltemperatur der Sommermonate. Klimadaten: Deutscher Wetterdienst

Der Trauer-Rosenkäfer war lange Zeit in Deutschland sehr selten zu finden, weswegen er auf der Roten Liste Bayerns als „vom Aussterben bedroht“ geführt wird (Jungwirth 2003). Im Laufe der letzten 30 Jahre konnte bundesweit eine rasante Ausbreitung beobachtet werden (Hoffmann et al. 2021), für die Bussler (2007) einen direkten Zusammenhang mit dem Klimawandel vermutet. Die 66 Funde mit 147 Individuen aus der bürgerwissenschaftlichen Erfassung zeigen, dass die Art auch in der Rhön mittlerweile nicht mehr selten ist.

Auch bei der Blauschwarzen Holzbiene als ursprünglich mediterrane Art ist seit einigen Jahren bayernweit eine deutliche Ausbreitung zu beobachten, die sehr wahrscheinlich auf die Temperaturerhöhung zurückzuführen ist (Banaszak et al. 2019). Im Jahr 1992 noch als „vom Aussterben bedroht“ eingestuft (Rebhahn 2015), gilt die Art mittlerweile bundesweit als „ungefährdet“ (Westrich et al. 2011). Dies zeigen auch die 450 Holzbiene-Meldungen aus dem bürgerwissenschaftlichen Projekt im Biosphärenreservat. Nur acht Teilnehmende gaben an, die Blauschwarze Holzbiene schon seit 2011 oder länger in der Region zu beobachten. Insgesamt haben die Sichtungen vor allem in den letzten Jahren zugenommen, und auch wenn diese Angaben nur retrospektiv erfolgt sind, fällt auf, dass in besonderem Maße die Jahre 2019 und 2020 als Erstauftreten der Holzbiene in der Region genannt werden. Vor allem im Jahr 2020 gibt es wesentlich mehr Fundpunkte in den höhergelegenen Bereichen der Rhön als in den Jahren davor. Dies lässt einen direkten Zusammenhang mit dem Klimawandel vermuten, da es in den Jahren 2018–2020 bundesweit drei Jahre in Folge überdurchschnittliche Jahresmitteltemperaturen gab. Das Jahr 2020 gilt dabei nach dem Jahr 2018 sogar als zweitwärmstes Jahr seit Beginn systematischer Wetteraufzeichnungen (DWD 2021a). Vermutlich konnte sich die Blauschwarze Holzbiene so, begünstigt durch die wärmeren Temperaturen in den letzten Jahren, im Biosphärenreservat auch in den etwas höheren Lagen ausbreiten.

## 8 Kernzonenforschung gibt Einblick in Artenveränderungen

Die Kernzonen des Biosphärenreservats Rhön umfassen länderübergreifend über einhundert verschiedene Waldflächen unterschiedlichster Nutzungshistorie, die sich teilweise seit Jahrzehnten im Prozessschutz befinden, also ohne weitere Bewirtschaftung sich selbst überlassen werden. In ausgewählten Kernzonen sollen ökologische Langzeituntersuchungen verschiedener Artengruppen im Rahmen eines Dauermonitorings Veränderungen der Waldlebensräume durch diese Nutzungsaufgabe, aber auch durch lokale Folgen des globalen Klimawandels aufzeigen. Einige Artengruppen eignen sich durch ihre weite Verbreitung, gute Kenntnisse zu deren Ökologie und vor allem durch das Vorkommen zahlreicher Habitatspezialisten besonders als Indikatoren für natürliche Waldentwicklung (Dorow et al. 1992). Unter den Insekten sind hier vor allem Käfer und Nachtfalter hervorzuheben.



Abb. 7: Flugelektor im Rahmen einer Insektenuntersuchung in einer Kernzone des Biosphärenreservats Rhön. Foto: T. Bauer

Allein in Bayern gibt es knapp 3000 Nachtfalterarten. Hiervon sind manche so eng an bestimmte Waldlebensräume gebunden, dass von deren Nachweis direkte Rückschlüsse auf die Lebensraumqualität, aber auch auf Veränderungen der Wälder getroffen werden können (Hacker & Müller 2006, Hacker 2008). Das Blaue Ordensband (*Catocala fraxini*) beispielsweise gehört mit einer Flügelspannweite von 80–100 mm zu den größten mitteleuropäischen Nachtfaltern. Als Charakterart warmer Flusstäler wurde lange angenommen, das Blaue Ordensband würde Hochlagen der Mittelgebirge meiden (Ebert 1997). Bei einer Suche nach Präimaginalstadien dieser besonders geschützten Falterart in 20 Kernzonenwäldern der Rhön konnte das Blaue Ordensband in jedem untersuchten Waldgebiet, einschließlich der kalten Hochlagen, nachgewiesen werden (Gerlach & Theobald 2021). Ob diese flächendeckende Verbreitung auf

die angewandte Nachweismethodik zurückzuführen ist oder ob klimatische Veränderungen schon zu einer Ausbreitung dieser Falterart geführt haben, ist bisher nicht geklärt.

Auch der Gesprenkelte Pappelspanner (*Stegania cararia*) gilt bundesweit als *stark gefährdet* (Trusch et al. 2011). Der wärmeliebende Nachtfalter bewohnt warme Tallagen. Ebert (2003) nennt für Baden-Württemberg den Verbreitungsschwerpunkt in der Oberrheinebene. Im überdurchschnittlich warmen Sommer 2022 wurde die Art in der Rhön in der Kernzone „Eisgraben“ auf über 700 m ü. NN nachgewiesen.



Abb. 8: Der Gesprenkelte Pappelspanner (*Stegania cararia*) gilt als wärmeliebende Art tieferer Lagen, wurde im überdurchschnittlich warmen Sommer 2022 aber auch in der Hochrhön nachgewiesen. Kernzone „Eisgraben“, 20.06.2022, Foto: P. Birkwald

Weitere Nachtfalterarten wie der Linden-Sichelflügler (*Sabra harpagula*), der Hügelmeisterspanner (*Cataclysmis rignata*), das Weiße Ordensband (*Catephia alchymista*), die Olivgrüne Schmuckeule (*Valeria oleagina*) oder die Graslilieneule (*Episema glaucina*) gelten als charakteristische Bewohner warmer Lebensräume, die inzwischen auch im Biosphärenreservat Rhön festgestellt wurden (Birkwald et al. 2021, Gerlach et al. 2022).

Ebenso wie Nachtfalter bieten sich Käfer – die mit Abstand artenreichste Insektenordnung – hervorragend als Indikatoren für Lebensraumqualität und Umweltveränderungen an. Bisherige Untersuchungen in Kernzonen des Biosphärenreservats Rhön zeigen eine Vielzahl unterschiedlicher Käferarten, darunter auch Charakterarten kühl-gemäßigter Waldlebensräume wie den Bergwald-Rehschröter (*Platycerus caprea*) und den Schluchtwald-Laufkäfer (*Carabus*

*irregularis*). Für letztgenannte Art hat Deutschland eine besondere Verantwortung, wobei *C. irregularis* als empfindlich gegenüber Klimaveränderungen gilt (Schmidt & Trautner, 2016).

Neben diesen typischen Bewohnern kühler Mittelgebirgswälder werden in den Kernzonen des Biosphärenreservats Rhön aber auch immer mehr wärmeliebende Käfer nachgewiesen. So wurden in den letzten Jahren der wärmeliebende Pilzkäfer *Triplax lepida* und der xerotherme Lebensräume bewohnende Brachkäfer *Rhizotrogus aestivus* gleich in mehreren Kernzonen gefunden (Gerlach & Schmidt 2022), auch der schwerpunktmäßig im Mittelmeerraum verbreitete Pillendreher (*Sisyphus schaefferi*) wurde in einer Rhöner Kernzone nachgewiesen.

## 9 Ausblick

Auch im UNESCO-Biosphärenreservat Rhön sind für die nächsten Jahrzehnte weitgehende klimabedingte Veränderungen zu erwarten. Neben der bereits festgestellten Erhöhung der Jahresdurchschnittstemperatur von über 1 °C seit der Jahrtausendwende wird es zu einem weiteren Temperaturanstieg kommen. Wie stark dieser in der Rhön ausfallen wird, ist abhängig von den aktuellen globalen Anstrengungen im Bereich des Klimaschutzes. Neben dem Anstieg der Jahresmitteltemperatur steht eine weitere Zunahme von Hitzetagen und eine Reduktion der Eistage bevor. Verschiebungen des Jahresniederschlags mit zunehmenden Trockenperioden in den Sommermonaten und vermehrt Starkniederschlägen werden eine große Herausforderung für Mensch und Flächenbewirtschaftung darstellen.

Zukünftig wird der Klimawandel wohl noch stärker zu Veränderungen der Lebensräume und des Arteninventars führen. Glazialrelikte, die seit mehreren Jahrtausenden über Mitteleuropa hinweg nur noch letzte Kälteinseln bewohnen, werden wahrscheinlich in der Rhön ihre letzten Lebensräume verlieren. Einige spezialisierte Tier- und Pflanzenarten, die feuchte oder kühl-gemäßigte Habitate besiedeln, werden zunehmend bedroht und womöglich von wärmeliebenden Generalisten verdrängt werden. Es ist zu erwarten, dass die bereits jetzt beobachteten Einwanderungen wärmeliebender Tier- und Pflanzenarten aus dem mediterranen Raum in den nächsten Jahrzehnten stark zunehmen werden. Auch wenn es weiterhin gelingt, das für das UNESCO-Biosphärenreservat Rhön so charakteristische strukturreiche Lebensraummosaik zu erhalten, wird der Klimawandel zu großen Veränderungen der Artenzusammensetzung sowie der Art und Weise der Flächenbewirtschaftung führen.

## 10 Literaturverzeichnis

- Ackermann, W. & Sachteleben, J. (2012): Identifizierung der Hotspots der Biologischen Vielfalt in Deutschland. – BfN Skripten 315, Bonn.
- Banaszak, J., Banaszak-Cibicka, W. & Twerd, L. (2019): Possible expansion of the range of *Xylocopa violacea* L. (Hymenoptera, Apiformes, Apidae) in Europe. – Turkish Journal of Zoology 43: 650–656.
- Bauer, T. (2021): Die Libellenfauna der Hochrhön im Zeichen des Klimawandels. Unveröffentlichte Masterarbeit. Biodiversität und Umweltbildung. Pädagogische Hochschule, Karlsruhe.
- Bauer, T., Wiblishauser, M. & Gerlach, T. (2022): Wärmeliebende Insekten als Zeiger des Klimawandels – Beispiele und Potenziale bürgerwissenschaftlicher Arterfassungen. – ANLiegen Natur 44(1): 141–148.
- Beck, P. (1986): Libellen in der hohen Rhön: Endbericht an den Naturwissenschaftlichen Verein Würzburg e. V. Erhebung botanischer und faunistischer Daten im NSG „Lange Rhön“ 1984/85. Unveröffentlichter Bericht.
- Bildungsserver 2023: <https://bit.ly/47qubHu> (letzter Zugriff: 28.12.2022).

- Birkwald, P., Jungklaus, O. & Gerlach, T. (2021): Die Nachtfalterfauna vier unterschiedlicher Waldschutzgebiete Unterfrankens. – Abhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins Würzburg 55: 6–47.
- Bush, A., Theischinger, G., Nipperes, D., Turak, E. & Hughes, L. (2013): Dragonflies: climate canaries for river management. – Diversity and Distributions 19: 86–97.
- Bussler, H. (2007): Wärmeliebende Rosenkäfer im Bayerischen Wald. – LWF aktuell 57: 58.
- Conze, K.-J., Grönhagen, N., Lohr, M. & Menke, N. (2010): Trends in occurrence of thermophilous dragonfly species in North Rhine-Westphalia (NRW). – BioRisk 5: 31–45.
- Dorow, W., Flechtner, G. & Kopelke, J.-P. (1992): Naturwaldreservate in Hessen. Band 3: Zoologische Untersuchungen. – Mitteilungen der Hessischen Landesforstverwaltung, Wiesbaden.
- DWD (Deutscher Wetterdienst) (2021a): Klimastatusbericht Deutschland Jahr 2020. – Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach am Main.
- DWD (Deutscher Wetterdienst) (2021b): Daten extrahiert vom Deutschen Wetterdienst Climate Data Center (CDC): [https://opendata.dwd.de/climate\\_environment/CDC/grids\\_germany/annual/](https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/grids_germany/annual/). Raster der Lufttemperatur (2 m), Hitzetage, Frosttage und Niederschläge für Deutschland, abgerufen am 03.03.2021. – Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach am Main.
- DWD (Deutscher Wetterdienst) (2022): Klimastation Wasserkuppe – Niederschlag & Klimatabelle: [https://www.dwd.de/DE/wetter/wetterundklima\\_vorort/hessen/wasserkuppe/\\_node.html#5390403](https://www.dwd.de/DE/wetter/wetterundklima_vorort/hessen/wasserkuppe/_node.html#5390403) (letzter Zugriff: 28.12.2022).
- Ebert, G. (1997): Die Schmetterlinge Baden-Württembergs. Band 5: Nachtfalter III. – Ulmer, Stuttgart.
- Ebert, G. (2003): Die Schmetterlinge Baden-Württembergs. Band 9: Nachtfalter VII. – Ulmer, Stuttgart.
- Gerlach, T. & Theobald, J. (2021): Habitatbindung und Nachweismethodik des Blauen Ordensbandes *Catocala fraxini* (Linnaeus, 1758) und Verbreitung der Art in unterschiedlichen Waldlebensräumen der bayerischen Rhön. – Nachrichtenblatt der bayerischen Entomologen 70(1/2), 9–16.
- Gerlach, T., Birkwald, P., Jungklaus, O. & Doczkal, D. (2022): Ein weiteres Vorkommen der vom Aussterben bedrohten Graslieneule *Episema glaucina* (Esper, 1789) (Lepidoptera: Noctuidae) in Unterfranken. – Faunistische Notizen der Beiträge zur bayerischen Entomofaunistik 21: 117–128.
- Gerlach, T. & Schmidt, L. (2022): Die Käferfauna in bayerischen Prozessschutzgebieten des UNESCO-Biosphärenreservats Rhön. – Beiträge zur bayerischen Entomofaunistik (21): 71–91.
- Hacker, H. & Müller, J. (2006): Die Schmetterlinge der bayerischen Naturwaldreservate. Eine Charakterisierung der süddeutschen Waldlebensraumtypen anhand der Lepidoptera. – Arbeitsgemeinschaft Bayerischer Entomologen e. V., Bamberg.
- Hacker, H. (2008): Mit Schmetterlingen Wälder taxieren. – LWF aktuell 63: 10–13.
- Hassal, C. & Thompson, D. J. (2008): The impacts of environmental warming on Odonata: a review. – International Journal of Odonatology 11: 131–153.
- Hoffmann, H., Boetzel, F.A., Medger, G., Rolke, D. & Benisch, C. (2021): Beitrag zum Vorkommen und Ausbreitung des Trauer-Rosenkäfers *Oxythyrea funesta* (PODA, 1761) (Coleoptera, Scarabaeidae) in Deutschland: ein Citizen-Science-Projekt. – Contributions to Entomology: Beiträge zur Entomologie 71(1): 137–146.
- Jungwirth, D. (2003): Rote Liste gefährdeter Blatthornkäfer (Coleoptera: Lamellicornia) Bayerns. – [www.lfu.bayern.de/natur/rote\\_liste\\_tiere/2003/doc/tiere/lamellicornia.pdf](http://www.lfu.bayern.de/natur/rote_liste_tiere/2003/doc/tiere/lamellicornia.pdf) (letzter Zugriff: 14.02.2022).
- LfU (2021a): Bayerisches Landesamt für Umwelt: Bayerns Klima im Wandel – Klimaregion Spessart-Rhön.

- LfU (2021b): Eigene Auswertungen BRR Datengrundlage: Bayerisches Landesamt für Umwelt, Bayerisches Klimainformationssystem BayKIS, <https://klimainformationssystem.bayern.de>, Daten erhalten vom Bayerischen Klimazentrum 2020.
- Lichtenwöhler, K., Leonhardt, G., Seifert, L., Hotzy, R., Schubert, E., Gerecke, R., Cantonati, M., Blattner, L., Lotz, A. & Poschlod, B. (2022): Erfassung von Klimawandelfolgen an Quellen in Bayern. Leitfaden für eine langfristige Beobachtung von Quellen zur Erfassung von Klimawandelfolgen in Bayern. In: Nationalparkverwaltung Berchtesgaden (Hrsg.): Forschungsbericht 57. Verlag Plenk, Berchtesgaden.
- Martens, A., Petzold, F. & Brockhaus, T. (2015): *Platycnemis pennipes* (Pallas, 1771). – Libellula supplement 14: 126–129.
- Menke, N. & Conze, K.-J. (2009): Libellen. In: Behrens, M., Fartmann, T. & Hölzel, N. (Hrsg.): Auswirkungen von Klimaänderungen auf die biologische Vielfalt: Pilotstudie zu den voraussichtlichen Auswirkungen des Klimawandels auf ausgewählte Tier- und Pflanzenarten in Nordrhein-Westfalen: Teil 1: Fragestellung, Klimaszenario, erster Schritt der Empfindlichkeitsanalyse – Kurzprognose. Institut für Landschaftsökologie, Westfälische Wilhelms-Universität Münster: 48–56.
- Ott, J. (2012): Libellen. – In: Moosbrugger, V., Brasseur, G., Schaller, M. & Stibrny, B. (Hrsg.): Klimawandel und Biodiversität: Folgen für Deutschland. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt: 268–270.
- Ott, J., Conze, K.-J., Günther, A., Lohr, M., Mauersberger, R., Roland, H.-J. & Suhling, F. (2015): Rote Liste und Gesamtartenliste der Libellen Deutschlands mit Analyse der Verantwortlichkeit, dritte Fassung, Stand 2012 (Odonata). – Libellula Supplement 14: 395–422.
- Rebhahn, H. (2015): Trauer-Rosenkäfer (*Oxythyrea funesta*) und Große Holzbiene (*Xylocopa violacea*) in Oberfranken – Gewinner des Klimawandels? – Berichte der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft Bayreuth XXVII: 523–529.
- Schmidt, J. & Trautner, J. (2016): Herausgehobene Verantwortlichkeit für den Schutz von Laufkäfervorkommen in Deutschland: Verbesserter Kenntnisstand und kritische Datenbewertung erfordern eine Revision der bisherigen Liste. – Angewandte Carabidologie 11: 31–57.
- Streitberger, M., Jedicke, E. & Fartmann, T. (2016): Auswirkungen des rezenten Klimawandels auf die Biodiversität in Mittelgebirgen. – Naturschutz und Landschaftsplanung 48(2): 37–45.
- Termaat, T., Kalkman, V. & Bouwman, J. (2010): Changes in the range of dragonflies in the Netherlands and the possible role of temperature change. – BioRisk 5: 155–173.
- Trusch, R., Gelbrecht, J., Schmidt, A., Schönborn, C., Schumacher, H., Wegner, H. & Wolf, W. (2011): Rote Liste und Gesamtartenliste der Spanner, Eulenspinner und Sichelflügler (Lepidoptera: Geometridae et Drepanidae) Deutschlands. – In: Binot-Hafke, M., Balzer, S., Becker, N., Gruttke, H., Haupt, H., Hofbauer, N., Ludwig, G., Matzke-Hajek, G. & Strauch, M. (Red.): Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands, Band 3: Wirbellose Tiere (Teil 1). – Münster (Landwirtschaftsverlag). – Naturschutz und Biologische Vielfalt 70(3): 287–324.
- Westrich, P., Frommer, U., Mandery, K., Riemann, H., Ruhnke, H., Saure, C. & Voith, J. (2011): Rote Liste und Gesamtartenliste der Bienen (Hymenoptera, Apidae) Deutschlands. – Naturschutz und Biologische Vielfalt 70(3): 373–416.

### Adresse der Autor\*innen:

Dr. Tobias Birkwald

Alana Steinbauer

Tina Bauer

Regierung von Unterfranken, UNESCO-Biosphärenreservat Rhön

Oberwaldbehrunger Str. 4  
97656 Oberelsbach  
E-Mail: tobias.birkwald@reg-ufr.bayern.de  
alana.steinbauer@reg-ufr.bayern.de  
tina.bauer@reg-ufr.bayern.de



## Wassermanagement im Naturpark Südschwarzwald

Bernd Wippel, Roland Schöttle und Axel Weinreich

### Zusammenfassung

Auch im bislang ausreichend mit Wasser versorgtem Südschwarzwald wird das Wasser im Wald und im Offenland knapp. Für diese Region wurden deshalb Maßnahmen zu einem verbesserten Wassermanagement unter Einbeziehung von Betrieben der Land- und Forstwirtschaft entwickelt. Im Fokus stehen Maßnahmen, die einen raschen Wasserabfluss verhindern oder verlangsamen und den Wasserspeicher in der Landschaft erhöhen. Im Grünland wirken Maßnahmen im Bereich der Arten- und Sortenwahl sowie einer verbesserten Agronomie. Besonders wirkungsvoll in Bezug auf den Bodenspeicher ist die Einführung von Agroforstsystemen im Offenland z. B. durch eine gelenkte Pflanzensukzession. Wasserretentionsflächen werden durch die Bildung von Gewässerrandstreifen, den Einbau von Hindernissen oder durch Wasserzulaufregulierung bei Mooren geschaffen. An einem Beispielbetrieb wurden diese Maßnahmen auf die Fläche im Südschwarzwald projiziert und in einem einfachen Niederschlags-/Abflussmodell kalkuliert. Dabei wurden 25 % der Offenlandfläche in Agroforstflächen überführt. Anhand der Modellierung wurde gezeigt, dass sich die Trockenstresstage und die Länge der Trockenperioden durch die Maßnahmen deutlich reduzieren. Allerdings steht die Umsetzung der Maßnahmen im Widerspruch zu bisherigen Strategien der Landschaftsnutzung, wie z. B. der Entfernung von Gehölzen auf zuwachsenden Flächen. Auch die Anforderungen von Naturschutzkulissen hinsichtlich eines Veränderungsverbots, wenn es z. B. um die Frage der Maßnahmenplanung in FFH-Gebieten geht, stehen mit einer Maßnahmenumsetzung in Konflikt. Notwendig sind weitere Pilotvorhaben sowie ein langfristiges Wirkungsmonitoring.

### Summary

In the southern Black Forest, which has so far been sufficiently supplied with water, water is becoming scarce in forests and agriculture. Measures for improved water management have been developed for this region. Forest owners and farmers were intensively involved. The focus is on measures that prevent or slow down rapid water runoff and increase water storage in the landscape. In grassland, species selection as well as improved agronomy are evaluated as effective methods. Particularly effective in terms of soil storage are agroforestry systems. In addition, water retention areas are created through the formation of riparian strips, the installation of obstacles, and through water inflow regulation in peatlands. Using an example farm, these measures were projected onto the area in the southern Black Forest and calculated in a simple Precipitation Runoff Modeling System. In the process, 25 % of the open land area was converted to agroforestry areas. Based on the modeling, it was shown that dry stress days and the length of dry periods are significantly reduced by these measures. However, the implementation conflicts with traditional landscape management strategies, such as the removal of woody plants on succession areas. Also, the requirements of nature conservation landscapes with regard to a prohibition of change, for example when it comes to the question of planning measures in FFH areas, are in conflict with a measure implementation. Further pilot projects and long-term impact monitoring are necessary.

## 1 Hintergrund – aus der Wasserfülle in die Knappheit

Der Südschwarzwald ist der topografisch höchste und am stärksten exponierte Teil des Schwarzwaldes. Sowohl Hoch- als auch Niedrigwasserabflüsse zeigen, dass der Klimawandel bereits drastische Auswirkungen auf die regionale Wasserverfügbarkeit hat. Die Niedrigwasserereignisse sind eine Folge der extremen Trockenheit der letzten Jahre. Wasser steht nicht mehr in der gewohnten Menge zur Verfügung. Die Erwärmung der Lufttemperatur führt zu einer Erhöhung der Verdunstung und damit zu einer engeren klimatischen Wasserbilanz mit vermehrten Trockenperioden (Kopp et al. 2018, S. 62–76). Die Grundwasserspende und -neubildung nehmen drastisch ab. Der prognostizierte jährliche Niederschlag unterscheidet sich zwar kaum von den aktuellen Werten, in naher (2021–2050) und ferner (2071–2100) Zukunft wird sogar mit einer Zunahme des Niederschlags von 1,3 % gerechnet, jedoch mit einer deutlichen zeitlichen Verschiebung. Trotz steigendem Niederschlagstrend kann so der Sommerniederschlag von aktuell 305 mm bis 2100 im Schnitt um knapp 15 % auf 260 mm sinken (LUBW 2017). Für die Zukunft ist vor allem diese Saisonalität von Bedeutung: In Zeiten hohen Wasserbedarfs mit zunehmend niedrigen Grundwasserständen und Quellschüttungen werden vor allem die nutzbaren Grundwasservorräte schnell beeinträchtigt. Gleichzeitig nimmt auch die Intensität von Starkregenereignissen zu, mit den Auswirkungen eines starken, für die Vegetation und das Grundwasser nicht nutzbaren Oberflächenabflusses sowie einer erhöhten Gefahr von Erosionsschäden.

Vor diesem Hintergrund wurde eine Machbarkeitsstudie für den Südschwarzwald erarbeitet, deren Ziel es war, Empfehlungen für ein verbessertes Management von Wasser in der Land- und Forstwirtschaft aufzuzeigen. In den vorausgehenden Untersuchungen „Landschaft im Klimawandel“ (Wippel et al. 2016, van Dijk et al. 2019) hatte sich der Naturpark mit den Konsequenzen für Naturschutz sowie land- und forstwirtschaftliche Produktion auseinandergesetzt. Mit der vorliegenden Untersuchung „Landschaft als Wasserspeicher“ rücken die Möglichkeiten von kompensatorischen Maßnahmen, deren konkrete Umsetzung auf Betriebs- und Landschaftsebene und deren Nutzen in den Vordergrund.

Das Projekt „Landschaft als Wasserspeicher“ (Laufzeit 2020–2022) wurde mit Mitteln des Landes Baden-Württemberg, Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz (MLR), gefördert und von den Unternehmen Schwarzwaldmilch, NaturEnergie und aquavilla finanziell unterstützt.

## 2 Methoden

Zunächst erfolgte die Identifikation von Modellbetrieben, die verschiedene Betriebszweige und unterschiedliche Landnutzungsformen beinhalteten. Aufbauend auf der Analyse dieser Betriebe wurde eine Evaluierung von angepassten, geplanten Maßnahmen für ein verbessertes Wassermanagement durchgeführt. Die Basis hierfür waren Experten- und Praxiseinschätzungen sowie Literaturlauswertungen. Für diese Maßnahmen wurde ein Umsetzungskonzept mit konkretem Betriebsbezug erstellt. Es beinhaltet GIS-Analysen, Kosten-Wirksamkeitsvergleiche, eine Beurteilung rechtlicher Grundlagen und die Beschreibung von Umsetzungshemmnissen. Ein einfaches Niederschlags-/Abflussmodell (Abb. 1) unterstützte den Modellierungsansatz auf Betriebsebene.

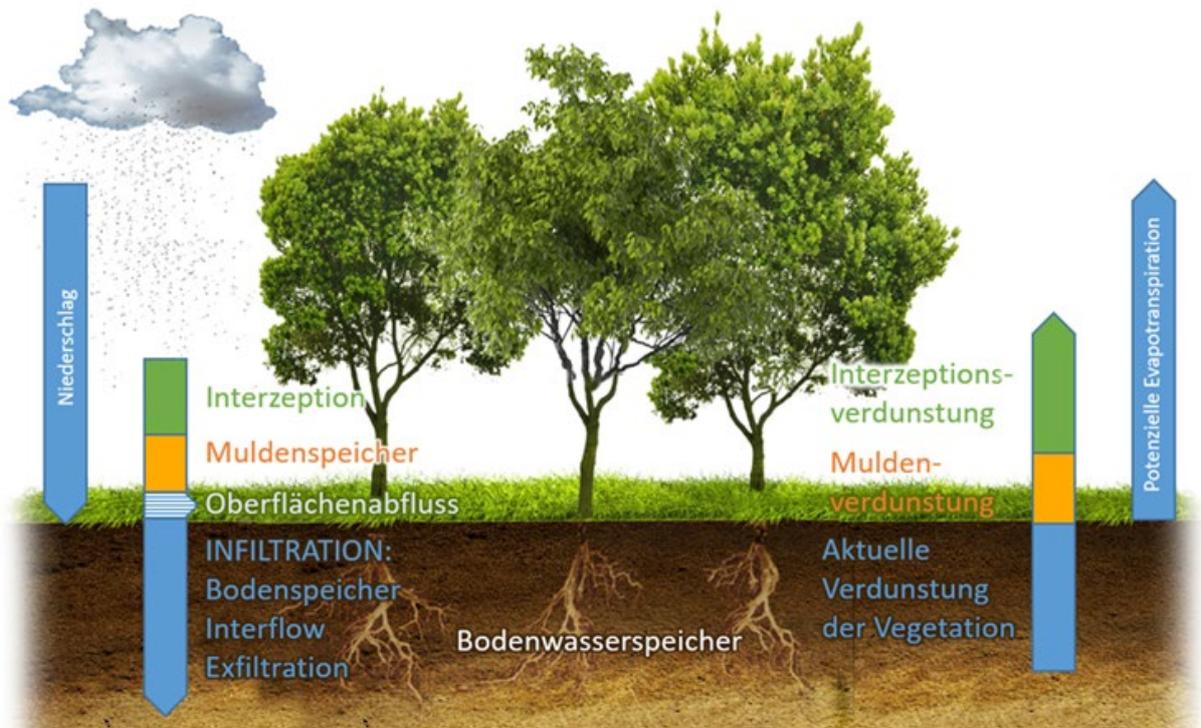


Abb. 1: Für die Modellierung verwendetes einfaches Wasserbilanzmodell. Grafik: Unique/Fischer Teamplan

### 3 Identifizierte Maßnahmentypen

Im Fokus der Untersuchung standen folgende wirkungsbezogene Maßnahmentypen:

- Raschen Oberflächenabfluss vermeiden. Dieser Teil des Niederschlags geht unproduktiv für Land- und Forstwirtschaft sowie die Wasserversorgung verloren oder trägt zur Erosion des wichtigen humusreichen Oberbodens bei.
- Gewässerabfluss verlangsamen, Infiltration in Gewässernähe verbessern. Dadurch soll einfallender Niederschlag bevorzugt direkt am Ort im „Landschaftsschwamm“ gespeichert werden.
- Wasserspeicher in der Landschaft erhöhen. Dies geschieht durch eine Verbesserung der Speicherkapazitäten von Boden und Humus.
- Retentionsräume schaffen. Diese liegen bevorzugt weit oben in der Landschaft. Erreicht wird dies durch Sammeln von Wasser und die Infiltration über einen längeren Zeitraum.
- Den spezifischen Wasserverbrauch der jeweiligen Bewirtschaftungsform verringern.

#### 3.1 Landnutzungsbezogene Maßnahmen

Für unterschiedliche Landnutzungsformen wurden rund 20 verschiedene Maßnahmen mit einem ausdifferenzierten Flächen- und Wirksamkeitspotenzial entwickelt.

Maßnahmen im Grünland liegen bei der Arten- und Sortenwahl sowie einem veränderten Wiesenmanagement, wie z. B. angepasster Düngung und Schnitthöhen. Die Maßnahmen zielen auf eine verbesserte Durchwurzelung, höhere Infiltrationsraten und eine durch stärkere Beschattung reduzierte Verdunstung. Maßnahmen zu einem verbesserten Weidemanage-

ment bezwecken eine intensivere Wurzelbildung, die Erhöhung des Humusgehalts sowie die Reduktion von Direktabflüssen (Baumgärtel 2018).

Agroforstsysteme lassen sich durch das Anlegen von hangparallelen Baum- und Heckenstreifen auf Weideflächen, eine Kombination von Baumgruppen oder auch die Sukzession von Feldgehölzen einbringen (Abb. 2 und 5). Diesen Maßnahmen wird durch die Verringerung von Oberflächenabfluss, einhergehend mit erhöhter Infiltration, die Schutzwirkungen vor Wind- und Wassererosion und die tiefere Durchwurzelung ein sehr hohes Potenzial zugeordnet (Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft 2017, Bundesinformationszentrum Landwirtschaft 2022). Allerdings stehen Agroforstsysteme zu den klassischen Strategien der Gehölzreduktion im Grünland im Widerspruch. Sie bedürfen einer neuen Politik der Förderung und eines Umdenkens von jahrzehntelanger Sukzessionsbekämpfung hin zu Sukzessionssteuerung.

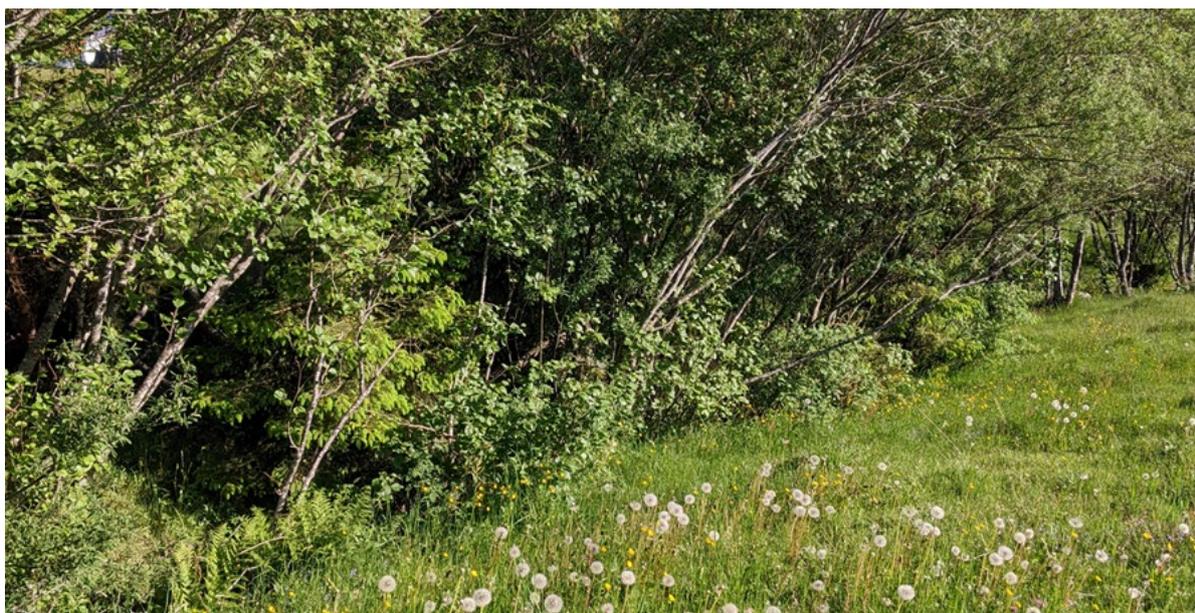


Abb. 2: Gewässerrandstreifen reduzieren den Direktabfluss von Gewässern. Foto: Unique



Abb. 3: Natürliche Retentionsmulde. Foto: Unique

Retentionsflächen (Abb. 3 und 4) werden durch die Schaffung von Gewässerrand- oder Pufferstreifen, den Einbau von Hindernissen in Gewässern (Steinschüttungen), die Anlage von Flächen mit Vertiefungen oder durch Wasserzulaufregulierung bei Mooren gebildet oder verbessert (Billen et al. 2017). Durch diese Maßnahmen werden u. a. die Infiltrationskapazitäten der Landschaft erhöht, Direktabflüsse und Erosion reduziert und Zwischenspeicherkapazitäten geschaffen. Im Ackerbau sind Maßnahmen der konservierenden Bodenbearbeitung (Mulchsaat, Direktsaat) sowie die Nutzung von trockenresistenten Kulturen sinnvoll. Die Wirkungen liegen in einer verbesserten Durchwurzelung, erhöhter Infiltrationskapazität, Schaffung eines höheren Humusgehalts der Böden sowie in einer verringerten Evaporation (Flaig 2013).



Abb. 4: Ehemalige Löschteiche als Retentionsflächen und Bewässerungsreservoir. Foto: Unique

Im Wald wirken sich Verbesserungen am forstlichen Wegenetz durch Rückbau oder Maßnahmen der Wasserführung (Durchlässe in kürzeren Abständen zur besseren Verteilung, talseitige Abflusshindernisse an Durchlässen, Schaffung von Retentionsflächen flankierend zur Wegepflege) positiv auf die Wasserverfügbarkeit aus. Die Effekte liegen in einer Erhöhung der Infiltration und der Wasserspeicherung, der Verringerung der Bündelungswirkung für oberflächennahen Abfluss sowie in einer reduzierten Erosion.

Wirkungsvolle waldbauliche Maßnahmen sind die Schaffung von Laub-Nadel-Mischbeständen bei intensiver einzel- bis gruppenweiser Mischung sowie die Wahl von standortangepassten Baumarten. Die Wirkung hinsichtlich eines erhöhten Bodenspeichers wird durch eine Verbesserung der Humusform und damit verbundener erhöhter Infiltrationskapazität erzielt. Eine kleinflächige natürliche Verjüngung in bestehenden oder geschaffenen Bestandslücken sorgt außerdem für eine verbesserte Durchwurzelung des Bodens.



Abb. 5: Sukzessionsflächen verbessern die Wasserverfügbarkeit und den Wasserrückhalt und unterbrechen einen raschen Hangwasserfluss. Foto: Unique

Maßnahmen der Waldbewirtschaftung und der Grünflächenbewirtschaftung haben wegen ihres hohen Flächenanteils im Naturpark Südschwarzwald auch eine insgesamt hohe Flächenwirksamkeit. Ebenfalls berücksichtigt werden muss, dass die identifizierten Maßnahmen nicht nur zielgerichtet die Wasserverfügbarkeit verbessern, sondern durch sie gleichzeitig zusätzliche Ökosystemleistungen (z. B. CO<sub>2</sub>-Senkenleistung) erbracht werden. Faktoren, wie der Erhalt der Biodiversität oder die Kohlenstoffspeicherung in der Landschaft, die in einem stark verknüpften und wechselwirksamen Ökosystem wie dem Südschwarzwald vorhanden sind, müssen hier simultan mitberücksichtigt werden.

### 3.2 Maßnahmenplanung am Beispielbetrieb

Für einen Beispielbetrieb (Hof Baur in der Gemeinde Bernau) wurden die konkret ausgewählten – und für eine Umsetzung vorgesehenen – Maßnahmen auf einer Weide- und Mähfläche mit einzelnen Gehölz- und Baumflächen exemplarisch dargestellt und in das Niederschlags-/Abflussmodell eingepflegt. Die Abbildung 6 zeigt auf einer Gesamtfläche von ca. 250 Hektar die Anlage von Retentionsflächen und Zisternen im Ober- und Mittelhang. In den höher gelegenen Bereichen wurden größere Agroforstflächen auf heute als Grünland genutzten Flächen geplant. In Fließrichtung hangabwärts sind gewässerbegleitende Baum- und Strauchstreifen vorgesehen. Quer zum Hang sind Agroforsthecken in Weiden und Mähwiesen vorgesehen. Die durch diese Maßnahmen „verbrauchte“ Grünlandfläche beträgt ca. 25 %. Die erwarteten Wirkungen der einzelnen Maßnahmen sind zum einen direkt auf der Maßnahmenfläche wirksam. Sie haben aber auch Auswirkungen auf die Gesamtfläche durch Abflussverzögerung, Retention, Speicherung und Minderung von Wind- und Wassererosion. Konflikte aus naturschutzfachlicher Sicht, aber auch aus Sicht der Wirtschaftlichkeit würden bei einer Umsetzung durch die Veränderung von FFH-Lebensräumen, die Veränderung der Landnutzung (Grünland/Wald-Verhältnis) oder die Verringerung der produktiven Grünlandfläche auftreten (Briemle et al. 2018, Elsässer 2018). Aber auch die Akzeptanz der direkt Betroffenen, also der Bewirtschafter und Eigentümer, sowie der Bevölkerung und Besucher müsste geklärt werden.

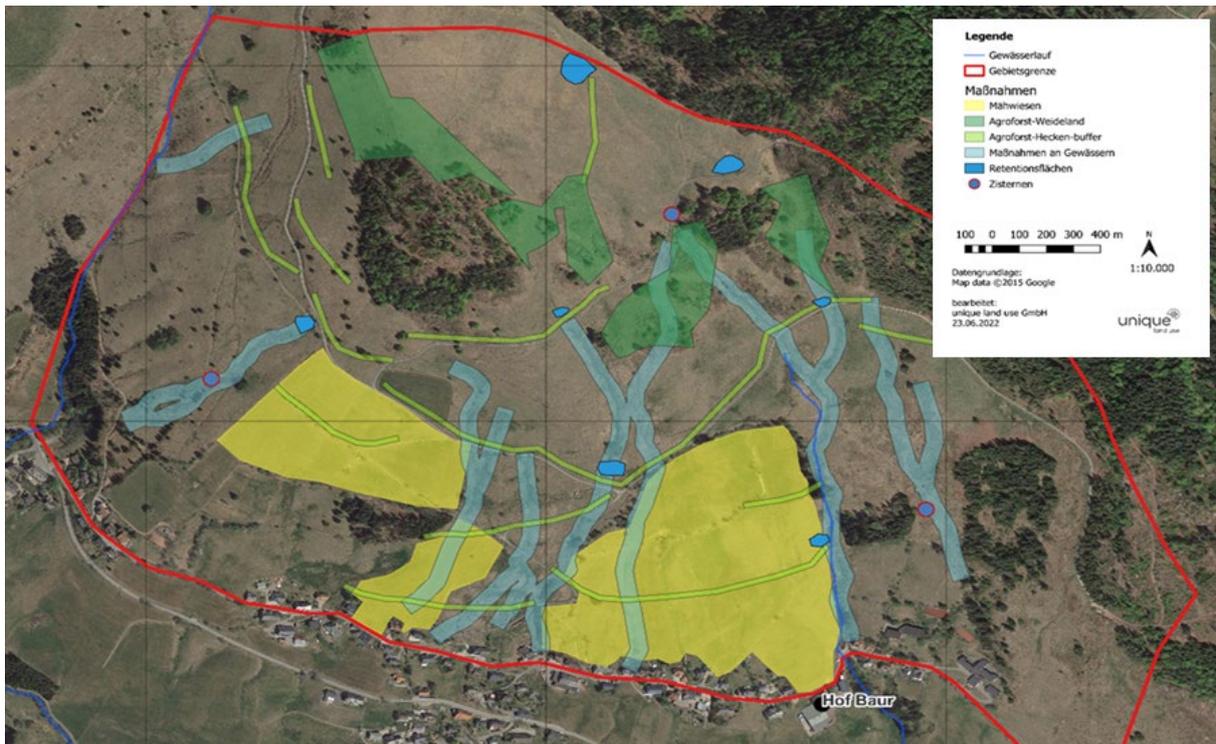


Abb. 6: Beispielfläche Hof Baur in Bernau. Quelle: Unique

### 3.3 Unterstützung durch ein einfaches Niederschlags-/Abflussmodell

Für die Modellierung wurde das unter Punkt 2 beschriebene einfache Niederschlags-/Abflussmodell entwickelt und an den konkreten Flächen des Betriebs in Bernau angewandt. Die Wirkungen wurden anhand von drei Beispieljahren (2012 und 2018 mit realen Daten; 2050 mit Annahmen) analysiert. Durch eine Weidfeld-Baumbestockung, Querriegel und bachbegleitende Gehölze wurden die Wirkungen, wie z. B. die Erhöhung des Bodenspeichers durch eine gesteigerte und tiefere Durchwurzelung, dargestellt. Die Abbildung 7 stellt die Wasserbilanz im Jahr 2018 als beispielhaftem Trockenjahr dar, welches als Baseline diente. Im Vergleich dazu zeigt die Abbildung 8 die Wasserbilanz im Jahr 2018 mit den vorgesehenen Agroforstmaßnahmen. In Summe reduzieren sich in dem Modell die Trockenstresstage und die Länge der Trockenperioden. Ursache hierfür ist die mit einer tieferen Durchwurzelung, der Steigerung des Muldenspeichers sowie der Erhöhung des Interzeptionsspeichers verbundene Verbesserung der Bodenspeicherkapazität der Flächen.

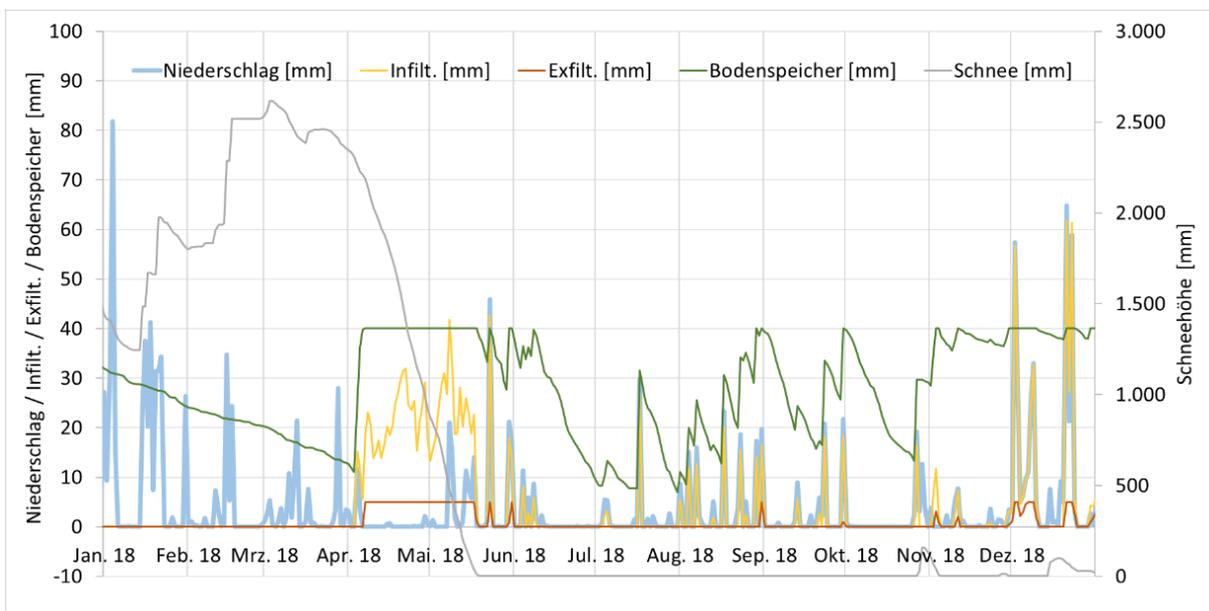


Abb. 7: Wasserbilanz Weide Baseline 2018, Hof Baur. Grafik: Unique und Fischer Teamplan

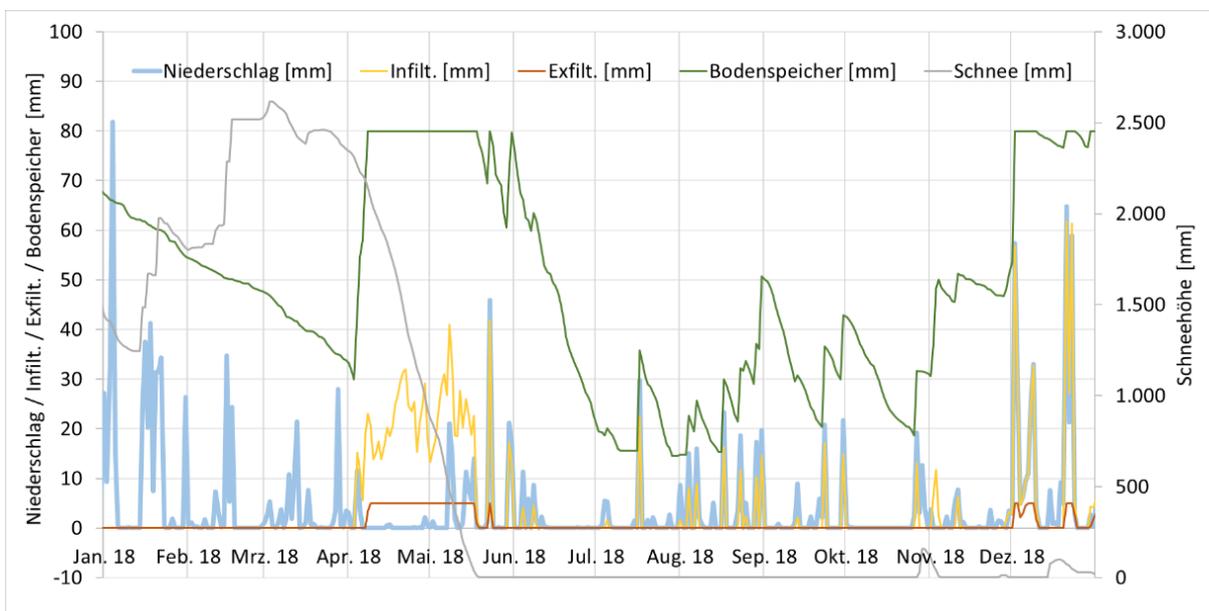


Abb. 8: Wasserbilanz Agroforstmaßnahmen 2018, Hof Baur. Grafik: Unique und Fischer Teamplan

#### 4 Ausblick

Die Untersuchung zeigt, dass durch geeignete und angepasste land- und forstwirtschaftliche Maßnahmen die Folgen des Klimawandels in der Landschaft mit Blick auf den Wasserhaushalt abgemildert werden können. Sie stehen zum Teil im Widerspruch zu bisherigen Strategien der Landschaftsnutzung und insbesondere der Naturschutzstrategien in Mittelgebirgsregionen, wenn es z. B. um die Frage der Maßnahmenplanung in FFH-Gebieten kommt (Elsäßer 2018). Um land- und forstwirtschaftliche Betriebe für eine Umsetzung zu gewinnen, spielt neben der Überzeugung von den Wirkungen auch die Finanzierbarkeit eine wichtige Rolle. Finanzierungsinstrumente liegen zum einen in der Förderung. Andererseits sollten auch marktbasierende Instrumente und freiwillige (Klima- oder Wasser-)Partnerschaften mit der Wirtschaft angestrebt werden. Leuchtturmprojekte, verbunden mit einem langfristigen Monitoring ihrer Wirkungen,

liefern anschauliche Beispiele für eine anschließende breitere Umsetzung, flankierende politische Maßnahmen und auch Akzeptanz in der Bevölkerung. Mit der Verabschiedung der Nationalen Wasserstrategie im März 2023 (BMUV 2023) und dem dazugehörigen Aktionsprogramm rückt das Thema Wasser weiter in den Fokus der Öffentlichkeit und Politik. Sie betont die Bedeutung einer nachhaltigen Wasserwirtschaft und eines besseren Wassermanagements, um den steigenden Herausforderungen durch den Klimawandel und den Rückgang der Wasserressourcen zu begegnen. Die genannten Maßnahmen zur Abmilderung der Folgen des Klimawandels im Hinblick auf den Wasserhaushalt der Landschaft tragen somit auch zur Umsetzung der Nationalen Wasserstrategie bei. Weitere Ansätze gibt es aus dem Projektportfolio der Naturparke, aus Leader-Projekten oder aus dem Projekt Boden:ständig ([www.boden-staendig.eu](http://www.boden-staendig.eu)) in Bayern. Um die notwendigen Erfahrungen zu sammeln und in die Fläche zu bringen, muss das Beratungsangebot bei den unteren Landwirtschafts-, Forst-, Wasser-, Boden- und Naturschutzbehörden weiter verbessert werden. Das Thema Wasser und die Nutzung der Landschaft als Wasserspeicher sollte Bestandteil von Bildungsangeboten sein. Eine flächendeckende Umsetzung der Maßnahmen erfordert auch eine Änderung bisheriger Naturschutz-Strategien und hätte deutlich sichtbare Auswirkungen auf das Landschaftsbild. Die Wirkungen und insbesondere der Nutzen eines verbesserten Wassermanagements müssen daher auch aktiv in der Öffentlichkeit kommuniziert und dort um Akzeptanz geworben werden.

## 5 Literaturverzeichnis

- Baumgärtel, T. (2018): Tipps zur zum Umgang mit dürrebeschädigtem Grünland. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft 2018. [https://www.tll.de/www/daten/pflanzenproduktion/futterbau\\_gruenland/dgl0818.pdf](https://www.tll.de/www/daten/pflanzenproduktion/futterbau_gruenland/dgl0818.pdf) (letzter Zugriff: 15.03.2023).
- Billen, N., Kempf, J., Assmann, A., Puhlmann, H. & von Wilpert, K. (2017): Klimaanpassung durch Stärkung des Wasser- und Bodenrückhalts in Außenbereichen (KliStaR). Reihe KLIMOPASS-Berichte. <https://pudi.lubw.de/detailseite/-/publication/68225> (letzter Zugriff: 08.10.2022).
- Bundesinformationszentrum Landwirtschaft (2022): <https://www.praxis-agrar.de/pflanze/ackerbau/ackern-gegen-die-duerre> (letzter Zugriff: 29.03.2023).
- Bundesministerium für Naturschutz, Umwelt und nukleare Sicherheit (2023): Nationale Wasserstrategie, Kabinettsbeschluss vom 15. März 2023. [https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Binnengewasser/nationale\\_wasserstrategie\\_2023\\_bf.pdf](https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Binnengewasser/nationale_wasserstrategie_2023_bf.pdf) (letzter Zugriff: 29.03.2023).
- Briemle, G., Elsässer, M., Engel, S., King, K., Nußbaum, H., Oppermann, R., Seither, M. & Tonn, B. (2018): FFH-Mähwiesen. Grundlagen – Bewirtschaftung – Wiederherstellung. [https://fortbildung-lazbw.lgl-bw.de/lazbw/webbasys/download/Shop/2018\\_GL\\_lazbw\\_FFH\\_Maehwiesen\\_Grundlagen.pdf](https://fortbildung-lazbw.lgl-bw.de/lazbw/webbasys/download/Shop/2018_GL_lazbw_FFH_Maehwiesen_Grundlagen.pdf) (letzter Zugriff: 15.10.2022).
- Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft (2017): Bodenhydrologie in Agroforstsystemen: Konkurrenz um Wasser oder positive Baum-Nutzpflanze-Interaktion? Jahrestagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft. Göttingen, 02.–07.09.2017. [https://eprints.dbges.de/1598/1/abstracts\\_DBG2017\\_306.pdf](https://eprints.dbges.de/1598/1/abstracts_DBG2017_306.pdf) (letzter Zugriff: 29.03.2023).
- Elsässer, M. (2018): Trockenheit und Hitzestress lassen Graserträge schrumpfen. [https://lazbw.landwirtschaft-bw.de/pb/site/pbs-bw-new/get/documents/MLR.LEL/PB5Documents/lazbw\\_2017/lazbw\\_gl/Gr%C3%BCnlandwirtschaft\\_und\\_Futterbau/Gr%C3%BCnlandbewirtschaftung/Intensiv/Dokumente\\_intensiv/2018\\_Trockenheit%20und%20Hitze.pdf?attachment=true](https://lazbw.landwirtschaft-bw.de/pb/site/pbs-bw-new/get/documents/MLR.LEL/PB5Documents/lazbw_2017/lazbw_gl/Gr%C3%BCnlandwirtschaft_und_Futterbau/Gr%C3%BCnlandbewirtschaftung/Intensiv/Dokumente_intensiv/2018_Trockenheit%20und%20Hitze.pdf?attachment=true) (letzter Zugriff: 05.12.2022).
- Flaig, H. (2013): Anpassungsstrategie Baden-Württemberg an die Folgen des Klimawandels. Fachgutachten für das Handlungsfeld Landwirtschaft. <https://pudi.lubw.de/detailseite/-/publication/95300> (letzter Zugriff: 29.03.2023).

Kopp, B., Baumeister, C., Gudera, T., Hergsell, M., Kampf, J., Morhard, A. & Neumann, J. (2018): Entwicklungen von Bodenwasserhaushalt und Grundwasserneubildung in Baden-Württemberg, Bayern, Rheinland-Pfalz und Hessen von 1951 bis 2015. Seite 62 – 76. [https://www.kliwa.de/\\_download/Kopp%20et%20al.%20HyWa2-2018.pdf](https://www.kliwa.de/_download/Kopp%20et%20al.%20HyWa2-2018.pdf) (letzter Zugriff: 08.10.2022).

LUBW (2017): Monitoring-Bericht zum Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg – Teil I Klimafolgen und Anpassung. 1. Auflage. Juni 2017. [https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/mum/intern/Dateien/Dokumente/2\\_Presse\\_und\\_Service/Publicationen/Klima/20170705\\_Monitoringbericht\\_zum\\_Klimaschutzgesetz\\_Teil1\\_Klimafolgen\\_und\\_Anpassung.pdf](https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/mum/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publicationen/Klima/20170705_Monitoringbericht_zum_Klimaschutzgesetz_Teil1_Klimafolgen_und_Anpassung.pdf) (letzter Zugriff: 05.12.2022).

Van Dijk, S., Wippel B. & Weinreich, A. (2019): Landschaft im Klimawandel – neue Nutz- und Schutzkonzepte für den Naturpark Südschwarzwald. Reihe KLIMOPASS-Berichte. <https://www.naturpark-suedschwarzwald.de/eip/pages/klimopass.php> (letzter Zugriff: 20.10.2022).

Wippel, B., van Dijk, S., Weinreich, A. & Schöttle, R. (2016): Landschaft im Klimawandel – Anpassungsstrategien für den Naturpark Südschwarzwald. Reihe KLIMOPASS-Berichte. <https://www.naturpark-suedschwarzwald.de/eip/pages/klimopass.php> (letzter Zugriff: 20.10.2022).

### **Adresse der Autoren:**

Bernd Wippel

Axel Weinreich

unique land use GmbH

Schnewlinstraße 10

79098 Freiburg

E-Mail: [bernd.wippel@unique-landuse.de](mailto:bernd.wippel@unique-landuse.de)

E-Mail: [axel.weinreich@unique-landuse.de](mailto:axel.weinreich@unique-landuse.de)

Roland Schöttle

Naturpark Südschwarzwald e. V

Haus der Natur, Dr.-Pilet-Spur 4

79868 Feldberg

E-Mail: [roland.schoettle@naturpark-suedschwarzwald.de](mailto:roland.schoettle@naturpark-suedschwarzwald.de)

## Neue Wege der Forschung im Nationalpark Berchtesgaden in Zeiten des Klimawandels

Roland Baier

### Zusammenfassung

Im Nationalpark Berchtesgaden wurde ab dem Jahr 2017 eine strategische Neuausrichtung der Forschung angestrebt, die Ende 2019 in einer Kooperation mit der Technischen Universität München (TUM) mündete. Der vorliegende Beitrag gibt einen Überblick über die Überlegungen und die Inhalte sowie einen Rückblick auf die ersten drei Jahre der Kooperation. Wesentliche Kennzeichen der Kooperation sind die gemeinsame Einrichtung der Professur „Ökosystemdynamik und Waldmanagement in Gebirgslandschaften“ und deren Übernahme der Forschungsleitung im Nationalpark Berchtesgaden. Die Professur ist seitdem Bindeglied zwischen der Exzellenzuniversität TUM und dem Nationalpark Berchtesgaden. Viele der aktuell adressierten wissenschaftlichen Fragestellungen sind gerade mit Blick auf den Klimawandel von großer Relevanz für den Nationalpark. Diese Verbindung ermöglicht einen Brückenschlag zwischen exzellenter Wissenschaft und deren Anwendung in der Praxis im Kontext des Naturschutzmanagements. Am Beispiel der Waldentwicklungsplanung für die Pflegezone des Nationalparks wird aufgezeigt, wie diese dank der Ergebnisse zahlreicher wissenschaftlicher Studien zur natürlichen Bergwalddynamik weiterentwickelt werden konnte. Heute wird die Waldentwicklung auch in der Pflegezone des Nationalparks Berchtesgaden im Wesentlichen von natürlichen Prozessen gesteuert.

### Abstract

In the Berchtesgaden National Park, a strategic reorientation of research was aimed for starting in 2017, which resulted in a cooperation with the Technical University of Munich (TUM) at the end of 2019. This article provides an overview of the considerations, the contents and a review of the first three years of the cooperation. Key features of the cooperation are the joint establishment of the professorship „Ecosystem Dynamics and Forest Management in Mountain Landscapes“ and its assumption of research management in the Berchtesgaden National Park. Since then, research as a key domain of universities has been the link between the University of Excellence TUM and the Berchtesgaden National Park. Many of the scientific questions are of great relevance, especially with regard to climate change. This connection enables a bridge between excellent science and its application in practice in the context of nature conservation management. Using the example of forest development planning for the maintenance zone of the national park, it is shown how the management approach was further improved thanks to the results of numerous scientific studies on natural mountain forest dynamics. Today, forest development in the maintenance zone of the Berchtesgaden National Park is essentially controlled by natural processes.

### 1 Forschung im Nationalpark Berchtesgaden

Der 20 808 Hektar große Nationalpark Berchtesgaden wurde am 1. August 1978 als zweiter Nationalpark in Deutschland gegründet. Bis heute ist er der einzige Nationalpark in den deutschen Alpen. Der große Höhengradient von 603 m ü. NN (Spiegel Königssee) bis 2713 m ü. NN (Watzmann-Mittelspitze), der auf engstem Raum verwirklicht wird, in Kombination mit einer

hohen geologischen Vielfalt und verschiedensten Expositionen, ergibt in Summe eine sehr hohe Lebensraum- und Artenvielfalt im Schutzgebiet. Mit über 40 % Anteil an Almen, alpinen Matten und Felsregionen besitzt der Nationalpark Berchtesgaden einen sehr hohen Offenlandanteil. Eine Besonderheit ist zudem die Integration der traditionellen Almwirtschaft als Teil der Kulturlandschaft in die Pflegezone des Nationalparks. Innerhalb der Schutzgebietskulissen im Alpenraum ist die durchgehende Erstreckung von der submontanen bis zur nivalen Höhenstufe als weitere Besonderheit des Nationalparks hervorzuheben, da die meisten Schutzgebiete in den Alpen aufgrund der Zersiedelung der Talräume ihren Gebietsschwerpunkt erst ab 1000 m ü. NN aufweisen. Mit dem im Jahr 2023 publizierten Nationalparkplan wurden 75 % bzw. 16 000 Hektar Kernzone festgeschrieben. Hier stehen die natürlichen Prozesse ohne menschliche Eingriffe im Vordergrund, Wildbestandsregulierung oder Maßnahmen im Wald unterbleiben hier vollständig.

Die Naturausstattung und der stabile administrative Rahmen, die der Nationalpark bietet, stellen eine einmalige Chance für langfristige wissenschaftliche Beobachtungen dar. Nachfolgend wird dargestellt, welche Vorüberlegungen und Strukturen eine ideale Umsetzung der Zielsetzung des § 24 BNatSchG für die Nationalparkforschung im Allgemeinen und die Klimawandelforschung im Speziellen ermöglichen.

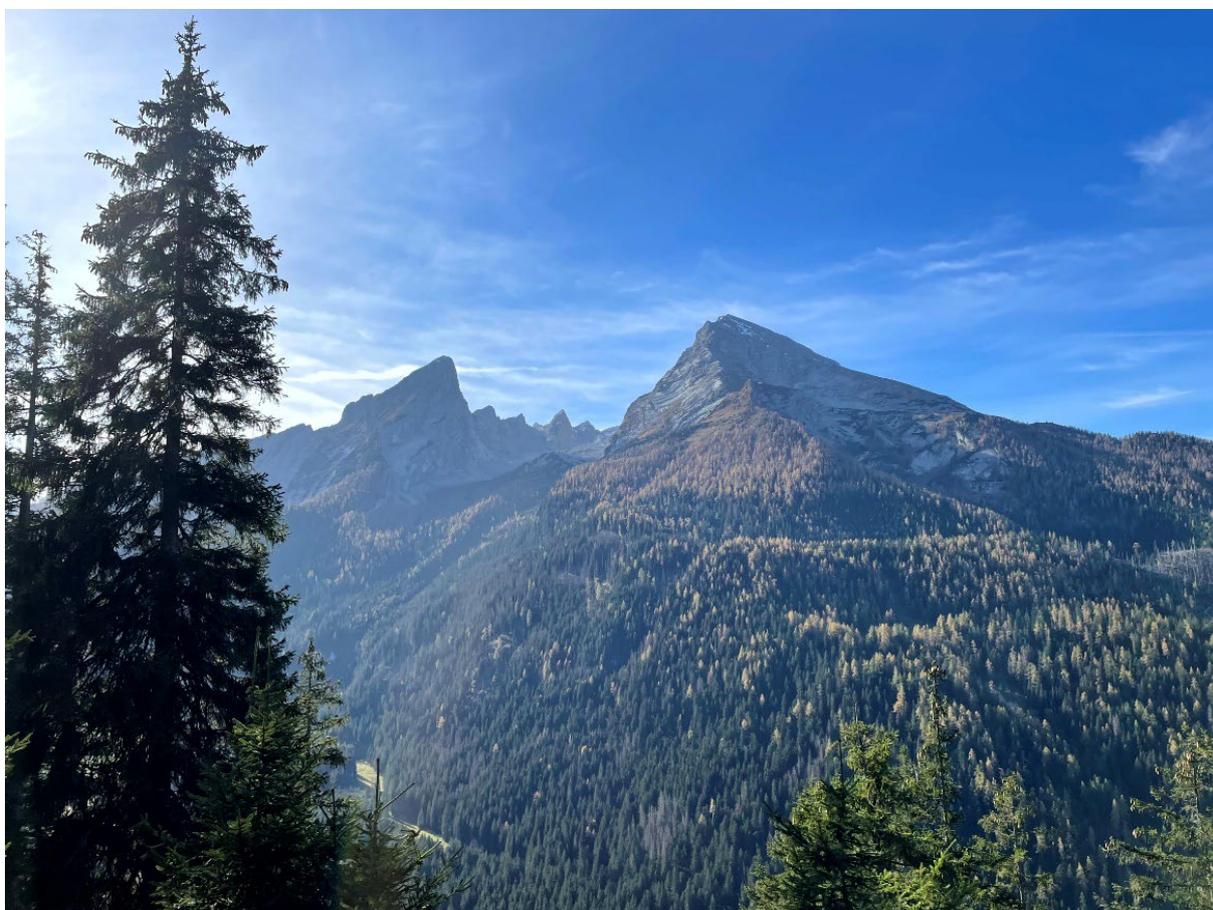


Abb. 1: Von der submontanen bis zur alpinen Höhenstufe: der Watzmann im Nationalpark Berchtesgaden. Foto: Roland Baier

## 2 Strategische Neuausrichtung der Forschung seit November 2019 und ein erster Rückblick

### 2.1 Überlegungen zur strategischen Neuausrichtung der Forschung

Mit dem Wechsel in der Nationalparkleitung wurden ab August 2017 mit Unterstützung des Bayerischen Ministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz umgehend Überlegungen zur strategischen Neuausrichtung der Forschung im Nationalpark Berchtesgaden aufgenommen. Von Anfang an bestand die Grundüberlegung, eine enge Kooperation mit einer Universität einzugehen, wie es der Nationalpark Bayerischer Wald bereits erfolgreich vorexerziert. Dort ist der Leiter des Sachgebietes Forschung in Personalunion Professor an der Universität in Würzburg. Für den Nationalpark Berchtesgaden war eine enge Kooperation mit der Exzellenzuniversität Technische Universität München (TUM) vorgezeichnet, die in geringer räumlicher Distanz zum Nationalpark Berchtesgaden zum damaligen Zeitpunkt eine Forschungsstation mit ökologischen Schwerpunkten plante, um ihren Forschungsschwerpunkt in den Alpen auszubauen. Die TUM Forschungs- und Lehrstation Friedrich N. Schwarz wurde schließlich im Juli 2019 am Roßfeld eröffnet.

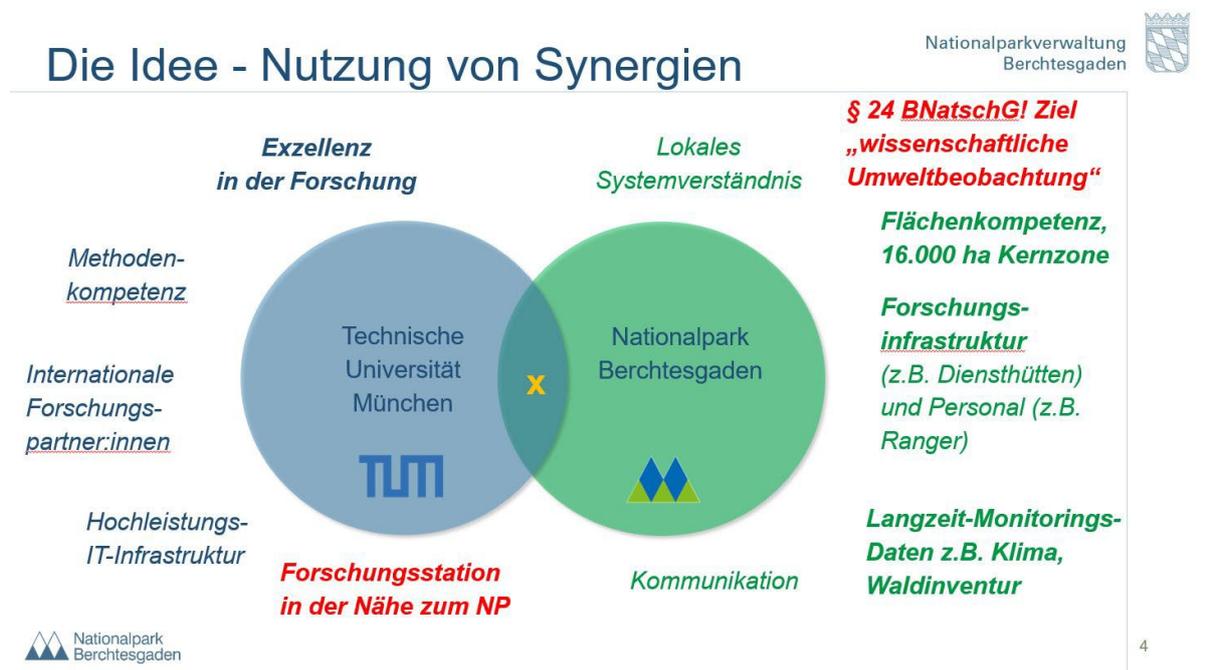


Abb. 2: Synergien einer Kooperation zwischen der Technischen Universität München (TUM) und dem Nationalpark Berchtesgaden. Quelle: eigene Darstellung

Neben dem Ziel der personellen und fachlichen Stärkung der Nationalparkforschung zur bestmöglichen Umsetzung des § 24 BNatSchG war es das Ziel, ein möglichst breites Spektrum an Synergien einer solchen Kooperation zu schaffen und zu nutzen. Für die Wissenschaft bringt der Nationalpark Berchtesgaden mit knapp 16 000 Hektar Kernzone über sämtliche Höhenzonen eine Forschungslandschaft für vom Menschen möglichst unbeeinflusste Prozesse ein. Diese Prozessschutzbereiche sind gerade für Forschungsfragen zur Wirkung des Klimawandels auf natürliche Systeme wichtig. Gleichzeitig stellt der Nationalpark selbst Forschungsinfrastruktur wie Dienststätten und Personal zur Verfügung. Ein wichtiger Aspekt für die TUM waren die umfangreichen Daten aus dem Langzeitmonitoring des Nationalparks (z. B. dichtes

Netz an 15 Klimastationen und 3700 Waldinventurpunkten mit bisher drei Wiederholungsaufnahmen), die zahlreiche weiterführende Auswertungen oder darauf aufbauende Forschungsansätze erlauben.

Für den Nationalpark sollte die Forschung auf ein möglichst hohes Niveau gehoben und damit an die originäre Aufgabe einer Universität angebunden werden. Neben der Methodenkompetenz und einem internationalen Netzwerk an potenziellen Partnern sollte ebenso die IT-Infrastruktur der Universität genutzt werden können.

## **2.2 Zwischenschritte bis zur Unterschrift des Kooperationsvertrages**

Vom ersten Telefonat zu der Idee zwischen dem Leiter des Nationalparks, Dr. Roland Baier, und dem damaligen Präsidenten der TUM, Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Wolfgang A. Herrmann, im August 2017 bis zum Beginn der eigentlichen Kooperation im November 2019 waren mehr als zwei Jahre an Verhandlungen notwendig. Diese Vorabstimmungen zwischen TUM und Nationalparkverwaltung waren wichtig, um die optimale Struktur und die administrative Ausgestaltung des Kooperationsvertrages festzulegen. Erste Überlegungen befassten sich beispielsweise damit, an welchen Lehrstuhl eine solche Kooperation an der TUM School of Life Sciences angebunden werden könnte. Richtungsweisend war eine Besprechung am 31. Januar 2018 zwischen Vertretern der TUM mit dem damaligen Präsidenten, Vertretern des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz (StMUV) mit seinem Amtschef und dem Leiter des Nationalparks. Bei diesem Treffen wurden die Ziele und Eckpunkte der Kooperation sowie die Beiträge der beiden Partner besprochen und festgelegt. Von grundlegender Bedeutung war dabei, dass eine neue Professur eingerichtet und die Ausrichtung der Professur zudem auf die Erfordernisse der Nationalparkforschung abgestimmt werden sollte. Ein weiterer wichtiger Meilenstein war die Unterzeichnung der Absichtserklärung zur Errichtung einer W3-Professur für „Ökosystemdynamik und Waldmanagement in Gebirgslandschaften“ am 1. August 2018 anlässlich des Festaktes zum 40-jährigen Jubiläum des Nationalparks Berchtesgaden. Dabei wurde vom damaligen Präsidenten Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Wolfgang A. Herrmann und dem damaligen Bayerischen Staatsminister für Umwelt und Verbraucherschutz, Dr. Marcel Huber, folgendes Ziel vereinbart:

„Der Nationalpark Berchtesgaden plant mit Unterstützung durch das Bayerische Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (StMUV), die bestehende Kooperation mit der TUM zu vertiefen und gemeinsam eine Professur in der Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt (WZE) der TUM einzurichten. Die Professur soll zusätzlich am Standort Berchtesgaden präsent sein und die Leitung der Forschung des Nationalparks Berchtesgaden übernehmen. Alle Partner erkennen in der angestrebten Kooperation vielfältige Synergiepotentiale und sind bestrebt, ein gemeinsames Forschungskonzept mit internationaler Sichtbarkeit zu etablieren.“ (Absichtserklärung 2018, unveröffentlicht)

Auf dieser Basis wurde schließlich in der Folgezeit vom Leiter des Nationalparks Berchtesgaden und dem TUM-Präsidialbüro die Kooperationsvereinbarung entworfen, von Juristen der TUM und des StMUV geprüft und schließlich am 18. Dezember 2019 vom Präsidenten der TUM, Prof. Dr. Thomas Hofmann, und dem Bayerischen Staatsminister für Umwelt und Verbraucherschutz, Thorsten Glauber, unterzeichnet. Der Lehrstuhl „Ökosystemdynamik und Waldmanagement in Gebirgslandschaften“ wurde schließlich mit Prof. Dr. Rupert Seidl besetzt.

Die wesentlichen Inhalte der Kooperationsvereinbarung sind in der nachfolgenden Textbox dargestellt:

### Wesentliche Inhalte der Kooperationsvereinbarung

- Schaffung einer neuen Professur mit dem Ziel der Erforschung der Ökosystemdynamik in Gebirgslandschaften. Damit sollte nicht nur ein neuer, bisher von keiner Universität verfolgter Forschungsbereich, sondern zudem eine möglichst große Breite an ökologisch relevanten Forschungsfeldern abgedeckt werden. Ein besonderer Fokus gilt dabei Schutzgebieten, da nur dort natürliche Prozesse der Ökosystemdynamik beobachtet werden können.
- Regelungen zum jährlichen finanziellen Ausgleich durch den Nationalpark für die von der TUM im Rahmen der Kooperation neu geschaffenen Stellen.
- Enge fachliche Abstimmung der Forschungsaktivitäten und Verfassen eines gemeinsamen Forschungskonzeptes.
- Enge personelle Verknüpfung mit Etablierung eines Forschungsstandortes der Professur am Nationalpark Berchtesgaden und Schaffung einer Stelle eines(r) „Forschungskordinator:in“ als Bindeglied zwischen der Professur an der TUM School of Life Sciences und der Nationalparkleitung.
- (Teil-)Abordnung von Prof. Dr. Rupert Seidl und des Personals der TUM mit Dienstort Berchtesgaden an den Nationalpark. Damit vollständige administrative Einbindung des TUM-Personals in den Personalkörper des Nationalparks.

### 2.3 Drei Jahre Kooperation – ein erster Rückblick

Seit Beginn der Kooperation wurde die Teambildung der rund 20 Lehrstuhlmitarbeitenden an der TUM School of Life Sciences in Freising mit den rund 20 Mitarbeitenden im Sachgebiet Forschung und Monitoring des Nationalparks Berchtesgaden aufgenommen und sukzessive weiterentwickelt. Heute bilden die Mitarbeitenden in Freising und in Berchtesgaden weitgehend ein Team, das eine breite Methodenkompetenz abdeckt und sich bei wissenschaftlichen Fragestellungen und im entsprechenden Rahmen (z. B. monatliches Literaturcafé) ergänzt. Damit stehen eigene Expertisen im Team für Walddynamik, Modellierung, Fernerkundung, Insekten/Biodiversität, Wildbiologie, Bewegungsökologie, Hydrologie/Klima und Botanik zur Verfügung.

Folgende Aufgaben werden heute von der TUM im Rahmen der Forschungsleitung am Nationalpark übernommen:

### Aufgaben der TUM-Forschungsleitung im Nationalpark

- Neu: eigene Forschung im Nationalpark bzw. zu nationalpark-relevanten Themenfeldern (bisher: reine Koordination von Forschungsanfragen Dritter)
- Neu: Fachgruppe Datenmanagement
- Akquise von Drittmitteln (z. B. 2 × „ERC Grant“ des Europäischen Forschungsrates)

- Betreuung der Monitoring-Programme (z. B. Klima, Biodiversität, Quellen etc.)
- Erhalt der Forschungsinfrastruktur
- Koordination der Forschung von externen Forschungspartner:innen
- Repräsentation des Nationalparks in nationalen und internationalen Netzwerken
- Kommunikation von Forschungsergebnissen (intern & extern; Bsp. GEO 8/2022)
- Unterstützung des Managements bei Fachfragen

Zentrales Thema der Nationalparkforschung ist die Untersuchung der natürlichen Ökosystemdynamik im Kontext des für den Nationalpark charakteristischen vertikalen Gradienten. In der Kernzone des Nationalparks kann die natürliche Entwicklung von Ökosystemen weitgehend ungestört vom Menschen beobachtet und erforscht werden. Der Höhenunterschied von mehr als 2000 m im Gebiet des Nationalparks bedingt eine hohe Variabilität an klimatischen Bedingungen. Diese trägt nicht nur zur hohen Biodiversität des Gebiets bei, sondern bietet auch eine einzigartige Chance zur Untersuchung von Klimaeffekten. Aufgrund der Vielzahl an durch Forschung und Monitoring kreierten Daten nimmt das Datenmanagement im Nationalpark eine Schlüsselrolle ein. Neben der Integration verschiedener Quellen sorgt das Datenmanagement auch für deren nachhaltige Verfügbarkeit.

Aktuell tragen sieben Lehrende in sechs verschiedenen TUM-Studiengängen zur Bachelor-, Master- und Doktorandenausbildung bei. Damit ist der Nationalpark Berchtesgaden ein wichtiger Lernort für Studierende geworden, die damit einen Zugang zu Nationalpark- und Naturschutzthemen erhalten, der bisher vielfach in der universitären Ausbildung fehlte. Die Lehre weckt zudem ein großes Interesse an Abschlussarbeiten im Nationalpark Berchtesgaden. So konnten hier von November 2019 bis November 2022 20 BSc.- und MSc.-Thesis angefertigt werden. Für die besten BSc.- und MSc.-Abschlussarbeiten können durch die großzügige Unterstützung des Vereins „Freunde des Nationalparks Berchtesgaden“ seit dem Jahr 2022 Förderpreise vergeben und damit junge Nachwuchswissenschaftler:innen früh in ihrer Laufbahn ausgezeichnet werden.

Seit Ende 2019 bis November 2022 wurden 87 Peer-Review-Publikationen, unter anderem zwei in *Nature* und eine in *Science* veröffentlicht. Die Veröffentlichungen waren zweimal auf dem Cover der jeweiligen Zeitschriften, nämlich von *Nature* und *Global Change Biology*. Allein im Jahr 2022 wurden von dem Team 50 Publikationen neu eingereicht. Die herausragende Publikationstätigkeit spiegelt das gute und hoch motivierte wissenschaftliche Umfeld und den soliden finanziellen und administrativen Rahmen für die Umsetzung entsprechender Projekte wider.



Abb. 3: Teilnehmer des internationalen Fachaustausches zum Thema „Störungsökologie“ vom 19.–22. September 2022 im Haus der Berge. Foto: Nationalparkverwaltung

Ein schönes Beispiel für die internationale Vernetzung und verstärkte Sichtbarkeit der Nationalparkforschung war die im September 2022 durchgeführte Fachtagung „Forest Disturbances and Ecosystem Dynamics in a Changing World“ bzw. zum Thema „Störungsökologie“ mit 100 internationalen Gästen im Haus der Berge. Hierbei wurden acht Keynote-Vorträge von international führenden Wissenschaftler:innen gehalten. Im Rahmen der Tagung wurde zudem eine ganztägige Exkursion in den Nationalpark angeboten und das Schutzgebiet mit seinen aktuellen Forschungsschwerpunkten den Gästen nahegebracht. Die Tagung erlaubte vielfältige Kontakte der Nachwuchswissenschaftler:innen mit führenden Wissenschaftler:innen in ihrem Fachbereich und Anregungen für künftige gemeinsame Projekte.

#### **2.4 Neue interne Kommunikationsstrukturen**

Neben dem zunehmenden medialen Interesse an der Nationalparkforschung (Print und Fernsehen) war es wichtig, entsprechende Strukturen für eine möglichst umfassende, zeitnahe und transparente interne Kommunikation zu etablieren. Dies war vor allem deshalb notwendig, da zum einen durch die Kooperation die Qualität und Möglichkeiten für Forschungsarbeiten sowie das Personal vor Ort gestiegen sind. Zum anderen bewegt sich die Forschung durch ihre Sichtbarkeit im Gelände des Nationalparks stets im Spannungsfeld des Interesses von Mitarbeitenden, Erholungssuchenden und der regionalen Öffentlichkeit. Das Ziel der internen Kommunikation ist es daher, die Mitarbeitenden jederzeit zu den aktuellen Forschungsprojekten vor deren Beginn zu informieren, damit sie entsprechend Auskunft geben und auch die Ziele sowie nötigen Maßnahmen im Feld vermitteln können.

Mit der Zeit hat sich dabei herausgestellt, dass diese Informationen nicht nur für die Personen im Feld (z. B. Ranger) und mit direktem Kontakt zu Besucher:innen (z. B. Personal der Infostel-

len) relevant sind, sondern für die gesamte Belegschaft zugänglich sein sollten, gerade weil diese Themen vermehrt medial aufgegriffen wurden. Aus diesem Grund wurden spezielle Informationsveranstaltungen entwickelt, bei denen das Sachgebiet Forschung im Frühjahr und Herbst seine aktuellen Planungen und Ergebnisse vorstellt. Durch das hybride Setting kann dies von einem großen Personenkreis wahrgenommen werden, da sich potenziell jede(r) Mitarbeitende bei Interesse per Videokonferenzsystem zuschalten kann. Bei Bedarf werden einzelne Themen zudem bei den halbjährlichen Personalversammlungen noch einmal aufgegriffen und als Schwerpunktthema detailliert vorgestellt.

Eine weitere wichtige Informationsquelle ist außerdem der neu etablierte Newsletter des Nationalparks, der im Zwei-Wochen-Rhythmus per E-Mail an alle Mitarbeitenden versandt wird. Auch dort finden sich je nach Aktualität Informationen zu Forschungsprojekten und ermöglichen so der Belegschaft, die aktuelle Entwicklung im Forschungsbereich nachzuvollziehen. Damit wird nicht nur der Wissenstransfer im Nationalpark gefördert, sondern auch die Integration der neu aufgesetzten Nationalparkforschung gestärkt.

Ein richtungsweisender, neuer Schritt war die Etablierung einer neuen Position „Brückenrangerin Forschung“. Diese Mitarbeiterin arbeitet im Sachgebiet Forschung und ist ebenso als Rangerin tätig. Sie bildet damit ein wichtiges Informationsbindeglied zwischen diesen beiden Fachbereichen. Zusätzlich „übersetzt“ die Mitarbeiterin englischsprachige Fachpublikationen in ein leicht verständliches Deutsch und fasst hierbei auf zwei Seiten Zielsetzung, Methodik und Ergebnisse von Forschungsprojekten leicht verständlich und für alle zugänglich zusammen. Diese Informationen können beispielsweise von den Ranger:innen oder in der Umweltbildung weiter aufgegriffen werden.

### **3 Aktuelle Schwerpunkte und Ergebnisse der Nationalparkforschung mit Relevanz für das Management**

#### **3.1 Aktuelle Schwerpunkte im Überblick**

Einen neu etablierten Forschungs- und Monitoringbereich bildet die Erfassung der „Biodiversität“, die zwar zentral im Interesse eines Nationalparks steht, für die im Nationalpark Berchtesgaden bislang jedoch nur wenige Artengruppen systematisch erfasst wurden. Im Speziellen sollen die Veränderungen der Artenvielfalt und -zusammensetzung im Klimawandel in unterschiedlichen Lebensräumen, über Sukzessionsgradienten von den Almen, über das natürliche Offenland bis hin zum Wald und über den gesamten Höhengradienten erfasst werden. Neu ist die Erfassung der Biodiversität über mehrere trophische Ebenen hinweg und mit modernster Technik (z. B. KI-Anwendungen zur Auswertung der Fotofallen). Im Jahr 2021 wurden insgesamt 213 Flächen eingerichtet und voll aufgenommen, ab 2022 wurden davon 54 Plots in ein jährliches Dauermonitoring überführt.

## „Biodiversitätsstationen“

- **Pflanzen:** Vegetationsaufnahmen
- **Pilze und Bakterien:** Boden- und Holzproben
- **Insekten:** Malaise-, Fenster-, Licht- und Barberfallen
- **Vögel:** Audiorekorder
- **Fledermäuse:** Audiorekorder
- **Andere Säuger:** Fotofallen



Abb. 4: Multitrophische und teilautomatisierte Biodiversitätserfassung an den 213 Plots im Nationalpark Berchtesgaden. Quelle: eigene Darstellung

Einen weiteren Schwerpunkt, der thematisch sehr eng an die Ausrichtung der Professur in Freising angebunden ist, stellen die Forschungen zur Walddynamik dar. Im Mittelpunkt stehen z. B. folgende Fragen: „Wie verändert sich der Wald im Nationalpark im Klimawandel?“, „Wie beeinflussen Störungen den Wald im Nationalpark?“, „Wie effektiv sind die aktuellen und vergangenen Waldentwicklungsmaßnahmen in der Pflegezone des Nationalparks?“.

Neu etabliert wurde im Rahmen der Kooperation die wildbiologische Forschung am Nationalpark mit zwei Wissenschaftlern, die die Bereiche Verhaltensökologie und Wildbiologie abdecken. Wichtige Fragen in diesem Zusammenhang sind beispielsweise: „Welche Faktoren beeinflussen die Raumnutzung von Rot- und Gamswild?“, „Wie kann das Schalenwildmanagement ggf. optimiert werden?“, „Alpendohle – Nahrungssuche und Sozialverhalten?“. An diesem Teilgebiet der Forschung ist zudem die Umsetzung des aktuell vom Bundesamt für Naturschutz (BfN) geförderten Projektes zur Aasökologie angesiedelt, an dem fast alle deutschen Nationalparke beteiligt sind.

### 3.2 Ergebnisse der Nationalparkforschung mit Relevanz für das Management im Klimawandel

Managementrelevante Auswirkungen des Klimawandels betreffen vor allem die Almen und den Wald in der Pflegezone des Nationalparks. Die Klimawirkungen im Nationalpark Berchtesgaden sind dabei vereinfacht folgende: Hier treffen eine vergleichsweise stärkere Erwärmung im Vergleich zu den Flach- und Hügelländern nördlich der Alpen, die Verlängerung der Vegetationszeit bei gleichzeitig weiterhin hohen Niederschlägen in der Vegetationszeit aufgrund des Alpennordstaus zusammen. Diese Veränderungen können in Summe zu einer gesteigerten Produktivität der Ökosysteme führen, damit auch zu einer verstärkten Biomasseproduktion auf den Almen. Damit stellt sich die Frage, wie das Weidemanagement bezüglich Auftriebszeitpunkt und Besatzdichte entsprechend optimal angepasst werden sollte, damit die Biodiversität auf den Almen erhalten und der entsprechend höhere Futterertrag genutzt wer-

den kann. In dem im Jahr 2021 begonnenen Projekt „Almwirtschaft im Klimawandel“ wurden daher in der Pflegezone und angrenzend an den Nationalpark insgesamt acht „Projekt-Almen“ eingerichtet. Dort werden seitdem die Auswirkungen eines geänderten Beweidungsregimes mit den vier Varianten „früher und später Auftrieb“ sowie „hohe und niedrige Besatzdichte“ mit Weidevieh auf die Artenvielfalt und den Futterertrag untersucht. Das Projekt befindet sich momentan in der Auswertung. Mit ersten Ergebnissen wird im Jahr 2024 gerechnet.

Umfangreiche und bereits abgeschlossene Studien liegen zum Wald vor. In Summe haben die Ergebnisse der nachfolgend aufgeführten sieben Fachpublikationen zu einer geänderten Waldentwicklungsplanung für die Pflegezone des Nationalparks Berchtesgaden geführt. Diese wurde deutlich weiterentwickelt, wobei natürliche Prozesse in die Waldbehandlung integriert wurden.

### Forschungsergebnisse zur natürlichen Dynamik von Bergwäldern im Nationalpark

- Über 90 % der zahlreichen, gemischten Waldverjüngungspflanzen keimen – angepasste Wildbestände vorausgesetzt – erst nach dem Störungsereignis und sichern damit die schnelle Rückentwicklung zu intakten Bergwäldern. Daraus lässt sich ableiten, dass im Rahmen der Waldentwicklung auf lange Vorausverjüngungszeiträume und damit auf eine frühzeitige Öffnung des Kronendaches (welche wiederum die Störungsanfälligkeit der Wälder erhöht) verzichtet werden kann. Die unbehandelten Störungsflächen mit einem hohen Totholzangebot erhöhen die Strukturvielfalt und wirken positiv auf die Biodiversität im Raum (Winter et al. 2015a, 2015b, 2017)
- Borkenkäferbefall bildet aktuell im Nationalpark Berchtesgaden keine großen zusammenhängenden Störungsflächen aus. Daraus lässt sich ableiten, dass auch ohne die meist defizitäre Räumung von Windwurfbereichen oder von „Borkenkäfernestern“ das Entstehen von Groß-„Schad“-Flächen eher unwahrscheinlich ist (Senf & Seidl 2017).
- Störungen fördern die strukturelle Vielfalt von Wäldern. Im weiten Bereich zwischen 0,5 % bis 1,5 % gestörter Waldfläche pro Jahr haben Störungen stark positive Effekte auf die Waldstruktur. Diese Werte dienen somit als wichtige Steuergrößen für die Optimierung von Bewirtschaftungseingriffen zur Erhöhung der Strukturvielfalt im Gebirgswald (Senf et al. 2020).
- Die Wälder im Nationalpark werden dichter, struktureicher und diverser in der Baumartenzusammensetzung. Dabei beschleunigt sich die Walddynamik aufgrund des Temperaturanstiegs (Thom & Seidl 2022). Dieser Trend der beschleunigten Veränderung der Waldstruktur setzt sich in der ersten Hälfte des 21. Jahrhunderts fort und stabilisiert sich dann in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts. Die künftige Baumartenzusammensetzung wird stark vom jeweiligen Klimapfad abhängig sein (Thom et al. 2022).

Im Nationalpark Berchtesgaden führen Störungen dazu, dass aus z. T. sehr naturfernen Fichtenreinbeständen auch ohne Zutun des Menschen wieder diverse und räumlich heterogene und somit auch stabile Bergwälder entstehen. Im Nationalpark wurde die Waldentwicklungsplanung in der Pflegezone (4150 Hektar Wald) daher an die natürlichen Prozesse angepasst und ablaufende natürliche Vorgänge weitgehend integriert. Die Einbringung von Baumarten beschränkt sich auf Tanne und Buche, die sich aufgrund der weitgehend fehlenden Samenbäume nur bedingt verjüngen können. Die notwendigen Pflanzmaßnahmen werden heute nur

mehr in von Borkenkäfer oder durch Windwurf geschaffenen totholzreichen Störungslücken durchgeführt. Aktive Eingriffe in die Waldbestände zur Waldentwicklung oder Holzentnahmen finden heute in der Pflegezone generell nicht mehr statt und bleiben auf die Borkenkäfermanagementzone (ca. 1300 Hektar entlang der Grenze zu benachbarten Wirtschaftswaldflächen) oder auf Verkehrssicherungsmaßnahmen beschränkt.

#### **4 Fazit**

Forschung ist eine Schlüsselkompetenz der Universitäten und die TUM ist eine weltweit anerkannte Exzellenzuniversität. Der Nationalpark Berchtesgaden bietet wiederum die Möglichkeit zur langfristigen Erforschung von Ökosystemen und ihrer natürlichen Entwicklung ohne menschliche Eingriffe. Die Verbindung von Universität und Nationalpark ergibt daher einzigartige Möglichkeiten im Erkenntnisgewinn zu Ökosystemen und deren Veränderung. Viele der wissenschaftlichen Fragestellungen sind gerade mit Blick auf den Klimawandel von großer Relevanz. Darüber hinaus liefert die Kooperation die wissenschaftliche Basis für ein evidenzbasiertes Schutzgebietsmanagement. Die Kooperation ermöglicht daher einen Brückenschlag zwischen exzellenter Wissenschaft und deren Anwendung in der Praxis im Kontext des Naturschutzmanagements.

#### **5 Literaturverzeichnis**

- Senf, C. & Seidl, R. (2017): Natural disturbances are spatially diverse but temporally synchronized across temperate forest landscapes in Europe. – *Global Change Biology* 24: 1201–1211.
- Senf, C., Mori, A.S., Müller, J. & Seidl R. (2020): The response of canopy height diversity to natural disturbances in two temperate forest landscapes. – *Landscape Ecology* 35: 2101–2112.
- Thom, D. & Seidl, R. (2022): Accelerating Mountain Forest Dynamics in the Alps. – *Ecosystems* 25: 603–617.
- Thom, D., Rammer, W., Laux, P., Smiatek, G., Kunstmann, H., Seibold, S. & Seidl R. (2022): Will forest dynamics continue to accelerate throughout the 21st century in the Northern Alps? – *Global Change Biology* 28: 3260–3274.
- Winter, M.B., Baier, R. & Ammer, C. (2015a): Regeneration dynamics and resilience of unmanaged mountain forests in the Northern Limestone Alps following bark beetle-induced spruce dieback. – *European Journal of Forest Research* 134: 949–968.
- Winter, M.B., Ammer, C., Baier, R., Donato, D.C., Seibold, S. & Müller, J. (2015b): Multi-taxon alpha diversity following bark beetle disturbance: evaluating multi-decade persistence of a diverse early-seral phase. – *Forest Ecology and Management* 338: 32–45.
- Winter, M.B., Bässler, C., Bernhardt-Römermann, M., Krahe, F.-S., Schaefer, H., Seibold, S. & Müller, J. (2017): On the structural and species diversity effects of bark beetle disturbance in forests during initial and advanced early-seral stages at different scales. – *European Journal of Forest Research* 136: 357–373.

#### **Adresse des Autors:**

Dr. Roland Baier  
Nationalpark Berchtesgaden  
Doktorberg 6  
83471 Berchtesgaden

E-Mail: [roland.baier@npv-bgd.bayern.de](mailto:roland.baier@npv-bgd.bayern.de)

## **Auswirkungen des Klimawandels auf deutsche Schutzgebiete und Schutzgebietssysteme – Möglichkeiten zukünftigen Managements**

Volker Scherfose

### **Zusammenfassung**

Ausgehend von den Auswirkungen des Klimawandels auf Arten und Artengemeinschaften, der Klimasensibilität von Lebensraumtypen, der beispielhaften Nennung von Klimawandelgewinnern und -verlierern anhand der Libellen und klimawandelbedingten Prozessen und Veränderungen der Ökosysteme (z. B. in Großschutzgebieten) werden die Möglichkeiten des zukünftigen Managements diverser Ökosysteme mit Blick auf deutsche Schutzgebiete beschrieben. Dabei geht es sowohl um in der Literatur genannte Maßnahmen der Klimawandelanpassung als auch um Vorschläge zu „nature based solutions“. Beleuchtet werden Maßnahmen in den Küstenbiotopen, den Mooren, Flüssen und Auen, kleineren Fließgewässern, Stillgewässern, dem (Feucht-)Grünland, den (Feucht-)Wäldern, den Agrarbiotopen sowie größeren Landschaftseinheiten wie Großschutzgebieten und Schutzgebietsnetzwerken. Viele der aktuellen Strategien zu Klimaschutz und -anpassung sind bereits als Maßnahmen zur Sicherung und Verbesserung von Habitatqualität bekannt. Insbesondere Maßnahmen zur Wiedervernässung von Mooren, Auen, Feuchtgrünland und Feuchtwäldern können die Treibhausgasbilanzen der Ökosysteme verbessern und selbst zum Klimaschutz beitragen. Im Kontext zukünftiger Arealveränderungen von Arten und Lebensräumen wird das Konzept der wandernden Schutzgebiete kritisch diskutiert. Außerdem wird geschlussfolgert, dass direkte Maßnahmen der Translokation von ausgewählten Arten an Bedeutung gewinnen werden, um deren Erhalt in Deutschland zu sichern.

### **Summary**

Based on the effects of climate change on species and species communities, the climate sensitivity of habitat types, the exemplary naming of climate change winners and losers (for example on dragonflies) and climate change-related processes and changes in ecosystems (e.g. in large scale protected areas), the possibilities of the future management of various ecosystems with regard to German protected areas are described. This involves both climate change adaptation measures mentioned in the literature and nature-based solutions. Measures in coastal biotopes, moors, floodplains, smaller rivers, standing waters, (wet) grassland, (wet) forests, agricultural biotopes, and larger landscape units such as large scale protected areas and protected area systems are examined. Many currently proposed strategies for climate mitigation and adaptation have already been proposed to ensure and improve habitat quality. In particular, measures to restore peatlands, floodplains, wet grassland and wet forests can improve the greenhouse gas balances of ecosystems and even contribute to climate protection. In the context of future site changes of species and habitats, the concept of migratory protected areas is critically discussed. In addition, it is concluded that direct measures for the translocation of selected species will gain in importance in the future in order to ensure their conservation in Germany.

## 1 Einleitung

Die Auswirkungen des Klimawandels in Deutschland haben sich zunehmend in der Landschaft für jedermann sichtbar bemerkbar gemacht; dies insbesondere in den Trockenjahren 2018 bis 2022. Schutzgebieten wird oft eine höhere Resilienz gegenüber Außeneinwirkungen zugesprochen als der Restlandschaft; sie sind aber in Bezug auf den Klimawandel keine „Kühlschränke“ in der freien Natur und damit den Folgen des Klimawandels im Grunde ebenso ausgeliefert wie die gesamte Landschaft.

Dennoch stellt sich die Frage,

- a) ob es generell Möglichkeiten gibt, den negativen Auswirkungen des Klimawandels mit Blick auf die Arten- und Biotopausstattung von Schutzgebieten durch bestimmte Maßnahmen in den Schutzgebieten selbst entgegenzutreten zu können,
- b) wie diese Maßnahmen aussehen könnten,
- c) inwieweit sie tatsächlich zu einer Entlastungswirkung gegenüber Klimawandel in den Schutzgebieten beitragen können.

Eine Reihe von Publikationen der letzten 15 Jahre unter der Herausgeberschaft des BfN hat sich bereits mit den (prognostizierten) Folgen des Klimawandels auf Arten (Flora, Fauna), Artengruppen, Lebensräume und Schutzgebiete bzw. Schutzgebietssysteme befasst (Tab. 1).

Tab. 1: Vom BfN herausgegebene Publikationen zu den Auswirkungen des Klimawandels auf Arten, Ökosysteme und Schutzgebiete in Deutschland

Themenfeld	Publikation des BfN
Flora (und Vegetation)	Pompe et al. (2011)
Fauna	Rabitsch et al. 2010) Kerth et al. (2014)
Arten und Lebensräume	Beierkuhnlein et al. (2014)
Ausgewählte Ökosysteme	Milad et al. (2012) Bonn et al. (2014) Streitberger et al. (2016)
Landnutzungen	Von Haaren et al. (2010)
Schutzgebiete inkl. Biotopverbund	Balzer et al. (2007) BfN (2011) Reich et al. (2012) Vohland et al. (2013)

Darüber hinaus gibt es einige Buchveröffentlichungen (Mosbrugger et al. 2012, Essl & Rabitsch 2013, Hauck et al. 2020) sowie eine wachsende Zahl von Einzelveröffentlichungen, die die Auswirkungen des Klimawandels auf Arten, Artengruppen, Lebensräume und Schutzgebiete beschreiben. Ein grundsätzliches Problem bei der Analyse ist, ob die beobachteten Phäno-

mene tatsächlich prioritär Folge des Klimawandels sind oder nicht vielmehr solche eines Faktorengemisches, bei dem der Klimawandel (nur) eine Rolle unter mehreren spielt (z. B. Zulka et al. 2022). Diese Autoren fanden z. B. heraus, dass 56 % der Gefährdungsfaktoren ihrer Studie unter den Bedingungen des Klimawandels verstärkt werden. Beispielsweise könnte es sein, dass primär Nutzung und Management durch den Klimawandel beeinflusst werden und sich dies dann sekundär auf Zielarten und Lebensräume auswirkt. Vor diesem Hintergrund kommen eventuell unterschiedliche Schutzgebietskategorien und Managementauflagen zum Tragen. Die nachfolgenden Ausführungen fußen auf den oben genannten sowie weiteren nur beispielhaft zitierten Publikationen.

## **2 Auswirkungen des Klimawandels in Deutschland auf Arten, Lebensgemeinschaften und Ökosysteme**

Bevor auf die Möglichkeiten des zukünftigen Managements durch gezielte Maßnahmen eingegangen werden soll, die die Auswirkungen des Klimawandels minimieren bzw. die Schutzgebiete als Komponenten des zukünftigen Klimaschutzes adressieren, sollen zunächst die bisher bekannten Auswirkungen auf verschiedenen Organisationsebenen (d. h. von der Ebene der Arten hin zum Ökosystem) kurz umrissen werden.

### **2.1 Veränderungen in der Physiologie, Fitness und Phänologie von Pflanzenarten**

Die bisher bekannten Veränderungen lassen sich wie folgt überblicksartig zusammenfassen (Textbox 1):

- Veränderungen der Fotosynthese (erhöhte Assimilationsleistung durch „CO<sub>2</sub>-Düngung“), veränderte Transpiration
- Verlängerung der Vegetationsperiode (früherer Blattaustrieb, früheres Blühen, späterer Laubabwurf)
- Erhöhte Empfindlichkeit gegenüber Spätfrösten aufgrund zunehmender Exposition (früherer Austrieb)
- Bei extremer Sommertrockenheit: erhöhter Trockenstress, verfrühter Laubabwurf
- Erhöhte Emergenz von Krankheiten, Schaderregern, Parasiten, Kalamitäten (z. B. Borken-, Prachtkäfer, Eichenprozessionsspinner)

Außerdem wird eine Verringerung der genetischen Vielfalt postuliert.

### **2.2 Veränderungen des (phänologischen) Verhaltens und der Reproduktion von Tierarten**

Die bisher bekannten Veränderungen für Säuger, Vögel, Amphibien und Insekten lassen sich wie folgt zusammenfassen (Textbox 2):

#### **Säuger:**

- Verändertes winterliches Ruheverhalten (Fledermäuse, Amphibien, Gartenschläfer)

#### **Vögel:**

- Frühere Rückkehr von Zugvogelarten (u. v. a. Mönchsgrasmücke, Zilpzalp, Rauchschwalbe, Trauerschnäpper, Kranich), vorverlegter Gesangs- und Brutbeginn, Verlängerung der Brutzeiträume
- Wegzug im Herbst bei Kurzstreckenziehern hinausgeschoben
- Veränderung der Zugwege durch Verschiebung der Brutplätze (Wiedehopf, Bienenfresser), Verkürzung der Zugwege bei Kurz- und Mittelstreckenziehern infolge der veränderten Lage des Winterquartiers
- Bei einigen Teilziehern oder Kurzstreckenziehern erhöhter Anteil an Nichtziehern (u. a. Mönchsgrasmücke, Hausrotschwanz)

#### **Amphibien:**

- Früheres Laichen

#### **Insekten:**

- Kürzere Larvalphase, Vorverlegung des Schlupfes holometaboler Insekten
- Früherer Beginn der Flugzeit z. B. bei Tagfaltern und Libellen
- Veränderung der Reproduktion (mehr Generationen, z. T. Überwinterung als Imago)
- Bei extremer Sommertrockenheit: Austrocknung der Eier von Heuschrecken, Faltern

Fallen Pionier- und Kleingewässer bereits im Frühling bzw. im Sommer aufgrund der im letzten Jahrzehnt häufiger zu verzeichnenden Dürren trocken, so hat dies z. T. massive Auswirkungen auf die Reproduktion von Amphibien (Unken, Grünfrösche, Kröten) und andere wassergebundene Organismen.

### **2.3 Entkopplungen von organismischen Interaktionen und Veränderungen von Nahrungsnetzen**

Bekannt sich bisher u. a. folgende Veränderungen (Textbox 3):

- Desynchronisation im Rahmen der Bestäubung
- Veränderungen im Rahmen von Herbivorie (erhöhtes C/N-Verhältnis der Pflanzen führt zu veränderter Futterqualität mit Rückwirkungen auf herbivore Insekten)
- Entkopplung zwischen dem Angebot an Insektennahrung und dem Futterbedarf von (insektenfressenden) Jungvögeln
- zeitliche Desynchronisation bis hin zu Arealverschiebungen zwischen Raupenfutterpflanzen und Schmetterlingen
- höheres Aussterberisiko für monophage Arten bei negativen Auswirkungen auf Wirtspflanzen
- Veränderung von Räuber-Beute- und Parasiten-Wirtsbeziehungen

Wenig bekannt ist bisher etwas über eine Veränderung mutualistischer bzw. symbiontischer Beziehungen. Es kann aber z. B. davon ausgegangen werden, dass sich auch das Spektrum von

Symbiosepartnern an einem Baum bzw. in einem Waldbestand ändert, wenn bestimmte Mykorrhiza-Pilzarten klimawandelbedingt ausfallen bzw. ihr Areal verändern. Bei mit Misteln besiedelten Bäumen wird der Trockenstress durch den Klimawandel verstärkt.

## 2.4 Veränderungen der Konkurrenzverhältnisse, der Artenzusammensetzung von Lebensgemeinschaften sowie der Biodiversität von Ökosystemen bzw. Gebieten

Die bisher bekannten Veränderungen lassen sich folgendermaßen zusammenfassen (Textbox 4):

- Abnahme von Spezialisten (z. B. kaltstenotherme Arten der Blockschutthalden, der Gewässer), Zunahme von Generalisten
- Rückgang von Kältezeigern bzw. Trend zu mehr thermophilen bzw. an Trockenstress adaptierten Arten (verschiedene Libellen, vgl. Tab. 3)
- Rückgang von Feuchte- bzw. Nässezeigern (z. B. *Carex dioica*)
- Einwanderung mediterraner und subkontinentaler Arten (z. B. Holzbiene, Pillendreher etc.)
- Ausbreitung und Zunahme von Neobiota (u. a. Tigermücke, Halsbandsittich, Robinie, Götterbaum, *Crassula helmsii*)
- ggf. Förderung von C4- gegenüber C3-Pflanzen

**Stillgewässer:** Verlust von Arten durch Trockenfallen (Amphibien), Plankton- und Algenblüten (Cyanobakterien; häufig gekoppelt mit Nährstoffüberschüssen)

**Fließgewässer:** Verlust von Arten durch austrocknende Oberläufe, Potamalisierung (mit Auswirkungen z. B. auf die Äsche), Rückgang von Arten, die an „Kaltwasser“ gebunden sind (Bachforelle, Coregonen, Alpenstrudelwurm)

**Hochmoore:** Verbuschung durch Grundwasserabsenkung, zusätzlich gefördert durch atmosphärischen Stickstoffeintrag

**Quellen:** Rückgang quelltypischer Arten mit konstantem Wasserbedarf durch zunehmend fluktuierende Schüttung, Abnahme kaltstenothermer Arten

**Wälder:** Zunahme immergrüner Arten wie Efeu und Stechpalme, Ausfall natürlicher Verjüngungskohorten in Dürrephasen, Kronenauslichtung durch langjährige Trockenheit mit Konsequenzen für das Bestandsklima

## 2.5 Migrationen von Arten – Arealverschiebungen von Arten und Lebensräumen sowie räumliche Entkopplungen aneinander gebundener Arten

In diesem Kontext wurden bisher u. a. folgende Phänomene beschrieben (Textbox 5):

- Für Mitteleuropa tendenzielle Arealverschiebung bestimmter bisher heimischer Arten v. a. in Richtung Nordosten (z. B. Frühe Heidelibelle, Feuerlibelle, Gottesanbeterin, Zippammer, Bienenfresser, Silberreiherr, Schwarzkopfmöwe, Orpheusspötter, Karst-Weißling) und/oder in höhere Lagen (z. B. Libellen des Tieflandes, *Erebia medusa*, *Lycena virgaurea*, weitere *Erebia*-Arten), weniger in Richtung West-Ost bzw. Ost-West

- Alpen: Vordringen von Arten bzw. Verschiebung der Baumgrenze in höhere Lagen, zunehmende Belastung durch Massenbewegungen (Murenabgänge nach Starkregen, Felsstürze bei Wegfall von Permafrost)
- Zuwanderung von bisher nicht in Deutschland heimischen Arten aus dem Südwesten bzw. Südosten Europas
- Rückzug und Arealverlust von arktisch-alpinen und borealen Arten (z. B. Moosglöckchen, Birkhuhn, Auerhuhn, Alpenschneehuhn, Alpenspitzmaus) oder Glazialrelikten (bis hin zu regionalen Aussterbeprozessen)
- Erhöhtes Aussterberisiko vor allem für wenig mobile Arten

In stark reliefierten (Schutz-)Gebieten können Arten dabei zunächst in Bereiche (ähnlicher Habitate) mit einem kühleren Mikroklima (z. B. nordexponierte Hänge, lockere Baumbestände auf Magerrasen) wandern (Brunzel & Hill 2022, Lawrence et al. 2021).

## 2.6 Gewinner und Verlierer des Klimawandels

Nach Rabitsch et al. (2010) können die Gewinner und Verlierer des Klimawandels folgendermaßen eingeteilt werden (Tab. 2).

Tab. 2: Charakteristische Eigenschaften potenzieller Gewinner und Verlierer des Klimawandels in Deutschland

Eigenschaft	Gewinner	Verlierer
Wärmebedürfnis	thermophil	hydrophil
Feuchtebedürfnis	xerophil	hygrophil
Höhenvorkommen	Tieflandarten	(Hoch-)Gebirgsarten
Abundanz	häufig	selten
Nischenbreite	euryök	stenök
Areal	groß geschlossen	klein (Endemiten!) disjunkt
Nährstoffbedarf	eutroph	oligotroph
Ausbreitung	mobil	ortstreu
Entwicklung	multivoltin	univoltin
Ökologie	r-Strategen	k-Strategen

Auf der Basis dieser oder ähnlicher Einstufungen wurden in verschiedenen Publikationen Listen bzw. Zusammenstellungen potenzieller bzw. konkret beobachteter Klimawandelgewinner und -verlierer erstellt. Entsprechende Beispiele finden sich u. a. in Settele et al. (2008), Rabitsch et al. (2010), Pompe et al. (2011), Kerth et al. (2014) und HLNUG (2019). Hierbei ist jedoch angesichts des Spektrums regionaler Klimabedingungen in Deutschland der geografische Kontext zu beachten.

Unter den Gefäßpflanzen Deutschlands sind besonders Eiszeitrelikte bzw. Arten mit arktisch, arktisch-alpinen und borealen Arealen gefährdet, deren Arealgrenze sich am südlichen Arealrand befinden bzw. als Vorposten anzusehen sind; nach interner Auswertung des BfN sind dies rd. 40 Arten.

Für Libellen ergibt sich dabei folgendes Bild (Tab. 3):

Tab. 3: Klimawandelgewinner und -verlierer unter den in Deutschland vorkommenden und reproduzierenden Libellenarten (nach Ott 2000, AK Libellen NRW 2011, Hill & Stübing 2013, Jaeschke et al. 2013, Brockhaus et al. 2015, Baumann 2021).

Klimawandelverlierer	Areal, Habitatbindung	Klimawandelgewinner	Areal, Habitatbindung
<i>Somatochlora arctica</i>	euro-sibirisch, Hoch- und Übergangsmoore	<i>Aeshna affinis</i>	zentraleuropäisch-mediterran, Kleingewässer
<i>Somatochlora alpestris</i>	boreal-montane „Kaltzeitart“ der Hoch- und Übergangsmoore	<i>Aeshna isoceles</i> ?	westpaläarktisch, v. a. Stillgewässer
<i>Aeshna subarctica</i>	holarktisch, Hoch- und Übergangsmoore	<i>Lestes barbarus</i>	Westeuropa bis Asien, temporäre Stillgewässer
<i>Aeshna caerulea</i>	nord-paläarktisch, Hoch- und Zwischenmoore	<i>Sympetrum fonscolombi</i>	mediterran, Stillgewässer
<i>Leucorrhinia dubia</i>	paläarktisch, Moore und Weiher	<i>Sympetrum meridionale</i>	mediterran, v. a. Stillgewässer
<i>Leucorrhinia rubicunda</i> ?	euro-sibirisch, Moore und Weiher	<i>Sympetrum striolatum</i>	zentraleuropäisch-mediterran, v. a. Stillgewässer
<i>Lestes dryas</i> ?	holarktisch, kleine Stillgewässer	<i>Crocothemis erythraea</i>	Afrika bis Asien, Stillgewässer
<i>Coenagrion lunulatum</i> ?	kontinental, Moore und Heidegewässer	<i>Orthetrum brunneum</i>	mediterran, Stillgewässer, kl. Fließgewässer
<i>Coenagrion hastulatum</i>	boreo-montan, Hoch- und Übergangsmoore	<i>Erythromma viridulum</i>	holo-mediterran, v. a. Stillgewässer
<i>Sympecma paedisca</i>	euro-sibirisch, v. a. Stillgewässer	<i>Erythromma lindenii</i> ?	westeuropäisch-mediterran, v. a. Stillgewässer

<i>Sympetrum danae</i>	holarktisch, Stillgewässer	<i>Coenagrion scitulum</i>	westeuropäisch-mediterran, Kleingewässer
<i>Nehalennia speciosa</i> ?	nordpaläarktisch, Moore, Kleinseggenriede	<i>Anax parthenope</i>	Afrika bis Asien, v. a. Stillgewässer
		<i>Anax imperator</i> ?	Afrika bis Asien Still- und Fließgewässer
		<i>Onychogomphus forcipatus</i> ?	westeuropäisch Fließgewässer
		<i>Libellula fulva</i> ?	zentraleuropäisch, v. a. Stillgewässer

? – Einstufung noch nicht 100%ig gesichert

Prognosen aus Modellierungen (u. a. Beierkuhnlein et al. 2014) sind in Tab. 3 nicht enthalten, ebenso die z. T. massiven (temporären?) Bestandseinbußen bestimmter Arten infolge der Dürrejahre 2018–2021 (z. B. Baumann et al. 2021). Zu bedenken ist auch, dass Arten der Kleingewässer, Quellen, Gräben bzw. Flachwasserarten wie *Lestes barbarus* und *Aeshna affinis*, die durch eine allgemeine Temperaturerhöhung profitieren (Klimawandelgewinner), durch ausgedehnte Sommertrockenheiten mit Austrocknung der Gewässer in ihrer Arealveränderung wieder „zurückgeworfen“ werden können. Gleiches gilt umso mehr für Arten wie *Nehalennia speciosa*.

Erkennbar ist, dass bisher v. a. kälteadaptierte Arten eher nordischer Verbreitung sowie der Hoch- und Zwischenmoore zu den Klimawandelverlierern zählen, während viele wärmeadaptierte, mediterrane Arten der Stillgewässer zu den Klimawandelgewinnern zählen. Die Auswirkungen auf Fließgewässerarten scheinen sich noch in Grenzen zu halten (Bowler et al. 2021).

Auch zu anderen Artengruppen wie Vögeln (Huntley et al. 2007), Fischen (Basen et al. 2022), Heuschrecken (Poniatowski et al. 2018) oder Nachtfaltern (Karbiener & Trusch 2022) liegen mittlerweile derartige Einschätzungen vor.

## 2.7 Klimasensitivität von Lebensraumtypen

Grundsätzlich müssen nach den Erfahrungen der letzten 20 Jahre die meisten Gewässertypen sowie die Lebensraumtypen „kalter“, feuchter bis nasser sowie solche der montanen bis nivalen Höhenstufe als klimasensitiv eingestuft werden.

Für die FFH-Lebensraumtypen erfolgte eine Zusammenstellung durch Petermann et al. (2007; vgl. auch Tab. 4).

Tab. 4: Klimasensitive FFH-Lebensraumtypen (nach Petermann et al. 2007)

LRT-Code	Lebensraumtyp
3110	Sehr nährstoff- und basenarme Stillgewässer mit Strandlingsgesellschaften
3130	Nährstoffarme bis mäßig nährstoffreiche Stillgewässer mit Strandlings- und Zwergbinsengesellschaften
3140	Nährstoffarme bis mäßig nährstoffreiche kalkhaltige Stillgewässer mit Armleuchteralgen
3160	Dystrophe Stillgewässer
3230	Alpine Flüsse mit Ufergehölzen mit Deutscher Tamariske
3240	Alpine Flüsse mit Ufergehölzen der Lavendelweide
3260	Fließgewässer mit flutender Wasservegetation
4010	Feuchte Heiden mit Glockenheide
7110	Lebende Hochmoore
7120	Renaturierungsfähige degradierte Hochmoore
7140	Übergangs- und Schwingrasenmoore
7220	Kalktuffquellen
7230	Kalkreiche Niedermoore
8340	Gletscher
9180	Schlucht- und Hangmischwälder
91D0	Moorwälder
91E0	Erlen-, Eschen- und Weichholzaunenwälder
91F0	Hartholzaunenwälder
9410	Montane bis alpine bodensaure Fichtenwälder

Darüber hinaus sind weitere, nicht über Natura 2000 erfasste Lebensraumtypen gefährdet; z. B. silikatische Quellen. Diese werden aus dem Interflow gespeist. Ihre Arten waren bisher kaum mit Trockenfallen konfrontiert, jetzt erfolgt dies aber zunehmend.

### 3 Klimawandelbedingte Veränderungen in Großschutzgebieten

Tabelle 5 gibt einen kursorischen Überblick von klimawandelbedingten Veränderungen in Großschutzgebieten, insbesondere resultierend aus den trockenen Sommern seit 2018.

Tab 5: Auswirkungen der ausdauernden sommerlichen Trockenperioden ab 2018 auf diverse Großschutzgebiete.

Auf den Klimawandel zurückzuführende Ereignisse, Phänomene	Betroffene Großschutzgebiete (Auswahl)
Massive Borkenkäferkalamitäten an der Fichte	NLPe Harz, Sächsische Schweiz BRe Südharz, Schwarzwald NRPe Rothaargebirge, Frankenwald, Nordschwarzwald, Rheinland, Rhein-Taunus, u. a.
Brände (div. Ursachen)	NLPe Sächsische Schweiz, Harz Ehem. TÜP Lieberoser Heide, Königsbrücker Heide, Lübtheen
Trockenfallen von Mooren, Rückgang von Moorlibellen	NLP Harz Bre Spreewald, Thüringer Wald, Rhön, Oberlausitzer Heide- und Teichlandschaft, Schaalsee
Trockenfallen von Feuchtbiotopen und Auen, Rückgang von Amphibien	NLP Eifel Bre Mittelelbe, Südharz, Oberlausitzer Heide- und Teichlandschaft
Austrocknung von Feuchtwiesen	Ferbitzer Bruch in der Döberitzer Heide
Rückgang der Produktivität im Grünland, Futtermangel	Bre Schwarzwald, Rhön
Trockenschäden an Buche und Eiche	NLP Hainich Bre Mittelelbe, Pfälzerwald

NLP – Nationalpark; BR – Biosphärenreservat; NRP – Naturpark; TÜP – Truppenübungsplatz

Im Hinblick auf Brände sei hinzugefügt, dass diese in der Vegetation Mitteleuropas überwiegend anthropogenen Ursprungs sind (z. B. Funkenflug, Lagerfeuer in freier Natur, Brandstiftung) bzw. aus der Munitionsbelastung ehemaliger Truppenübungsplätze resultieren. In jüngster Vergangenheit hat sich insbesondere in Kiefernforsten das Waldbrandrisiko erhöht. Schutzgebiete mit derartiger Vegetation müssen deshalb kurz- bis mittelfristig in Laubmischwälder überführt werden.

Über die Veränderungen im Artenspektrum des Nationalparks Schwarzwald berichten Förster et al. (2021).

#### 4 Möglichkeiten zukünftigen Managements – Handlungsoptionen

Nachfolgend sollen für ausgewählte Lebensraumtypen/Ökosysteme und größere Raumeinheiten die bisher in der oben zitierten Literatur sowie in weiteren Publikationen vorgeschlagenen Maßnahmen zur Abmilderung der Auswirkungen des Klimawandels sowie solche, die eine er-

höhe Kohlenstoffspeicherung nach sich ziehen, aufgeführt werden. Maßnahmen, die die Kohlenstoffspeicherung der Ökosysteme erhöhen und somit den stark erhöhten CO<sub>2</sub>-Gehalten in der Atmosphäre direkt entgegenwirken, sog. naturbasierte Lösungen, sind dabei fett markiert.

Insgesamt war bei der Recherche festzustellen, dass mittlerweile sehr viele Analysen zu den Auswirkungen des Klimawandels auf bestimmte Arten oder Lebensräume vorliegen, konkrete Maßnahmen, wie man dem Klimawandel in bestimmten Ökosystemen bzw. Schutzgebieten durch ein adaptives Management konkret entgegenzutreten kann, aber weniger häufig aufzufinden sind (u. a. Beierkuhnlein 2021).

#### 4.1 Küstenbiotop

Die bisher vorgeschlagenen Maßnahmen lassen sich wie folgt zusammenfassen (Textbox 6):

- **Vergrößerung von Salzwiesen**, Reduzierung des künstlichen Entwässerungssystems
- Deichöffnungen, insbes. Sommerpolder
- Deichrückverlegungen, Etablierung einer 2. Deichlinie
- Etablierung von Sturmflutpoldern entlang der Ästuare
- **Wiederansiedlung/Etablierung von Seegraswiesen**
- Feuchte Dünentäler: Reduzierung der Trinkwasserentnahme, Gehölzentfernung, Beweidung

Die Wiederansiedlung von Seegraswiesen wird gerade im Projekt „sea-store“ des Bundesforschungsministeriums erprobt. Sie dürfte in der Nordsee v. a. aufgrund der hohen Wassertrübung aktuell allerdings noch wenig Aussicht auf Erfolg haben.

#### 4.2 Moore

Moore wird eine große Bedeutung im Klimaschutz bzw. eine hohe potenzielle Speicherfähigkeit von Kohlenstoff zugeschrieben (u. v. a. Drösler et al. 2012, Hansjürgens et al. 2017). Die bisher vorgeschlagenen Maßnahmen lassen sich wie folgt zusammenfassen (Textbox 7), z. T. müssen sie für die verschiedenen Moortypen (Hochmoore versus Niedermoore) jedoch unterschiedlich betrachtet werden.

- **Wiedervernässung**, Renaturierung (mit Überstau im Winter), dazu oft notwendig: Grabenverschlüsse, Einbau von Dämmen; ggf. Oberbodenabtrag
- **Einstellung der Ackernutzung** (Alternative u. a. Paludikultur, Anbau Schilf, Rohrkolben, Erlen)
- **Einstellung Torfabbau**
- Hochmoore: Gehölzentnahme
- Hochmoore: Ansiedlung von Torfmoosen (preisgünstige Verfahren)
- Extensivierung der Grünlandnutzung (Beweidung mit Wasserbüffeln, Robustrindern und Pferden)
- Primäre Moorwälder: Überführung in den **Prozessschutz**

Als zusätzliche Maßnahmen werden die Vergrößerung der Schutzgebiets(Maßnahmen)flächen, Pufferzonen, Flurneuordnungen bzw. freiwilliger Flächentausch sowie eine Stärkung des Verbundes vorgeschlagen.

Da Moorrenaturierungen aufgrund verschiedener Aspekte (viel) Zeit in Anspruch nehmen, stellen sich die positiven Entwicklungen für die Kohlenstofffixierung erst nach und nach ein.

### 4.3 Flüsse und Auen

Die bisher vorgeschlagenen Maßnahmen lassen sich wie folgt zusammenfassen (Textbox 8):

- Förderung bzw. **Neuanlage von ungenutzten Gewässerrandstreifen, Gehölzen, Auwäldern und Sukzessionsflächen**
- **Wiedervernässung von Auen** (Grabenverschlüsse etc.)
- Retentionsräume schaffen bzw. vergrößern, Überflutungen ermöglichen (Deichrückverlegungen, Wiederanbindung von Altarmen, Nebengewässern, Zuflüssen)
- Strukturanreicherung kanalartiger Gewässer
- **Umwandlung Äcker in Grünland**

Besonders anspruchsvoll und langwierig (z. B. aufgrund der notwendigen Flächenbereitstellung, der Planfeststellung) ist die Schaffung von zusätzlichen Retentionsräumen durch Deichrückverlegungen (z. B. Damm 2016, Eichhorn 2020). Dabei zeichnet sich infolge von Hochwasserkatastrophen ein wachsendes öffentliches Interesse bezüglich der Notwendigkeit solcher Maßnahmen ab.

### 4.4 Kleinere Fließgewässer

Kleinere Fließgewässer beispielsweise dritter Ordnung nach dem Wasserhaushaltsgesetz wurden bisher bei vielen Maßnahmen des Natur- und Hochwasserschutzes vernachlässigt. Gerade die Oberläufe von Gewässern sollten jedoch stärker beachtet werden, um sich abzeichnende Probleme in den Unterläufen in den Griff zu bekommen. Die bisher vorgeschlagenen Maßnahmen lassen sich wie folgt zusammenfassen (Textbox 9):

- **Gehölzpflanzungen** (Förderung der Beschattung)
- Stabile Gewässerrandstreifen etablieren (Hochstaudenfluren, Gehölze)
- Durchgängigkeit wiederherstellen (damit Organismen in kältere Abschnitte wandern können)
- Gewässerdynamik erhöhen, Schaffung von Kaltwasserrefugien durch punktuelle Vertiefungen
- Wasserentnahmen reduzieren
- Kanalisierungen und Verrohrungen zurückbauen

Die Wiederherstellung der Durchgängigkeit kann auch Neobiota befördern, sodass die Effekte nicht nur positiv ausfallen können. Naturschutzfachliche Zielkonflikte können auch daraus resultieren, dass damit ein schnellerer Wasserabfluss einhergeht, den man eigentlich vermeiden möchte. Allerdings bietet die Renaturierung auch Möglichkeiten, solche Probleme zu vermei-

den. Weitere positive Effekte können resultieren, indem man den Wasserrückhalt im Umfeld erhöht (Sicherstellung der Abflussverzögerung bzw. der Wassernachlieferung) bzw. Barrieren gegen den Eintrag von Düngemitteln schafft.

#### 4.5 Stillgewässer

Die bisher vorgeschlagenen Maßnahmen lassen sich folgendermaßen zusammenfassen (Textbox 10); Fischteiche werden dabei nicht betrachtet:

- Entschlammungen, Entkrautungen
- Ggf. Vertiefungen (insbes. Kleingewässer)
- Höherer (Winter-)Einstau (falls möglich)
- Eutrophierung eindämmen (Pufferflächen, Extensivierung, Schilfpolder)
- Kleine Stillgewässer: Uferbepflanzung zur Förderung der Beschattung

Bei der Uferbepflanzung kann es zu naturschutzfachlichen Zielkonflikten kommen, sodass diese Maßnahme nicht in allen Fällen empfohlen werden kann. In besonderen Notfällen können auch technische Maßnahmen wie Gewässerbelüftungen notwendig werden.

#### 4.6 (Feucht-)Grünland

Die bisher vorgeschlagenen Maßnahmen lassen sich wie folgt zusammenfassen (Textbox 11):

- Verzicht auf Entwässerung, Rückbau von Drainagen
- Aktive **Wiedervernässung**
- Extensivierung zur Erhöhung der Artenvielfalt, Böden schonen
- Geringere Mahdhäufigkeit, höhere Schnitthöhe, frühere 1. Mahdzeitpunkte
- Weiden: geringere Viehbesatzdichten
- **Neuanlage von Grünland auf vormaligen Äckern** (regionales Saatgut, Mahdgutübertragung)
- Bergwiesen: Verfügbarmachung von Habitaten höherer Lagen, um die vertikale Wanderung von Arten zu ermöglichen

Der Erhalt beziehungsweise die Entwicklung einer hohen Artenvielfalt im Dauergrünland konnte in internationalen Studien als wesentlicher Beitrag zum Erhalt ihrer ökosystemaren Funktionalität angesichts des Klimawandels nachgewiesen werden. Artenreiche Wiesenbestände zeigen eine höhere Stabilität und Resistenz gegenüber Klimaextremen (Isbell et al. 2015, Craven et al. 2018).

Die Wirkung der Extensivierung von (mesophilem) Grünland auf die Erhöhung der Artenvielfalt ist seit Langem bekannt. Inwieweit diese Maßnahme auch aus Sicht des Klimaschutzes vorteilhaft ist (Soussana et al. 2007), wäre noch weiter zu untersuchen. So dürfte gedüngtes, biomassereiches Grünland zwar mehr Kohlenstoff binden, aber auch mehr Lachgas bzw. bei hohen Viehdichten mehr Methan freisetzen. Bezieht man die THG-Freisetzung bei der Produktion von anorganischem Dünger mit ein, so dürfte die THG-Bilanz des Intensivgrünlandes tat-

sächlich schlechter sein als bei wenig gedüngtem oder mit organischen Düngern behandeltem Extensivgrünland.

Für größere Raumeinheiten wird zudem die Stärkung des (Feucht-)Grünlandverbundes vorgeschlagen.

#### 4.7 (Feucht-)Wälder

Neben Mooren, Feuchtgebieten und Auen haben Wälder ein hohes Potenzial zur Festlegung von Kohlenstoff. Die bisher vorgeschlagenen Maßnahmen lassen sich wie folgt zusammenfassen (Textbox 12):

- (Feucht-)Wälder: **Wiedervernässung**, Entwässerungsgräben schließen bzw. reduzieren
- Umwandlung von Nadelholzforsten in Laub(misch)wälder
- Bodenbeschattung erhöhen durch **höhere Stammdichten** (Verdunkelung)
- **Prozessschutzanteile erhöhen**
- Überprüfung der Anpflanzung süd(öst)licher Herkünfte heimischer Baumarten, bevor diese durch gebietsfremde Arten ersetzt werden
- Veränderte Baumartenwahl, Auswahl klimaresistenter Baumarten bzw. Provenienzen (z. B. Traubeneiche, Flaumeiche, Ungar. Eiche, Linden, Esskastanie etc.)
- Förderung eines breiten Artenspektrums
- Durchforstung vermindern, **Umtriebszeiten verlängern**
- Kahlschläge vermeiden
- **Totholzanteile erhöhen (Humusaufbau)**
- Kalamitätsflächen rasch wiederbewalden, aber auch natürliche Sukzession zulassen
- Bodenverdichtung minimieren (Rückegassen verringern)

Inwieweit Prozessschutz, dessen positiver Einfluss auf die Biodiversität weitestgehend belegt ist, auch für den THG-Bilanz positiver ist als z. B. ein naturnaher Waldbau, darüber wird weiterhin intensiv wissenschaftlich gestritten (u. a. Steinacker et al. 2019, Beudert & Leibl 2021, Luick et al. 2022)

Die Förderung höherer Stammdichten im noch bewirtschafteten Wald, die zu einer Verdunkelung von Wäldern führt, kann naturschutzfachliche Zielkonflikte auslösen, ist also nicht überall anwendbar. Bei der veränderten Baumartenwahl sollte zunächst auf heimische Arten gesetzt werden. Es sollten auch nicht alle Kalamitätsflächen sofort wieder bewaldet werden. Außerdem wird noch der Biotopverbund vorgeschlagen.

#### 4.8 Agrarbiotop, -landschaft

Agrarbiotop, und hier sind v. a. Äcker gemeint, nehmen insbesondere in LSG und Naturparken größere Anteile ein.

Die bisher vorgeschlagenen Maßnahmen lassen sich wie folgt zusammenfassen (Textbox 13):

- Grünlandumbruch stoppen, **Umwandlung Äcker in Grünland**
- Reduzierung der Gewässerunterhaltung, Schließung von Entwässerungsgräben, Kappung von Dränagen
- Erhalt, Zuwachs von (Extensiv-)Grünland
- **Anreicherung mit Hecken, Gehölzen, Streuobstwiesen, Alleen, Gehölzstreifen; Agroforstsysteme**
- Bau von Retentionsmulden und naturnahen Wasserspeichern zur Wasserrückhaltung
- Humusaufbau (langfristiger Prozess), Aktivierung des Bodenlebens, Zwischenfruchtanbau im Winter (zum Unterpflügen)
- Anbau von Nutzpflanzensorten mit geringerem Wasserverbrauch
- Bodenbearbeitung und -verdichtung minimieren, um Lachgasemissionen zu reduzieren (ultraflache Stoppelbearbeitung, Ökolandbau)
- Gründüngung, Verzicht auf anorganischen Dünger

Vorgeschlagen werden auch Wegerückbaumaßnahmen. Dies erscheint jedoch nur wirkungsvoll bei nachfolgender Bepflanzung der freiwerdenden Flächen mit Gehölzen.

#### 4.9 Großschutzgebiete, Landschaften, Schutzgebietssysteme

Da Großschutzgebiete, größere Landschaftsausschnitte oder Schutzgebietssysteme sich aus einer Vielzahl von Lebensraumtypen zusammensetzen, können die o. g. Maßnahmen hier Anwendung finden. Darüber hinaus werden für größere Landschaftsräume auch weitere Maßnahmen empfohlen. Textbox 14 liefert einen Überblick:

- Wasserrückhalt (in) der Landschaft verbessern (auch bzgl. Starkregenereignissen), Wiederherstellung naturnaher Wasserhaushalt, Grundwasserneubildung fördern
- Reduktion Wassernutzung bzw. Beregnung zur Verbesserung des Wasserdargebotes
- Umsetzung räumlicher und funktionaler Biotopverbund für Zielbiotope (Wälder, Grünland, Magerrasen, Stillgewässer etc.), Trittsteine erhalten, Durchlässigkeit der Landschaft verbessern
- Festlegung, Freihaltung von Korridoren, die eine Wanderung von Arten(gruppen) ermöglichen (Süd-Nord, vertikal, Feuchtegradienten)
- Entfernung von Barrieren (z. B. Fichtenriegel in Offenland-Tälern)
- **Neuanlage von Wäldern** in waldarmen Gebieten
- Wiederherstellung bestimmter Biotoptypen (z. B. Stillgewässer, Hecken, Feuchtwiesen)
- Vielfalt an LRT erhalten, auch frühe Sukzessionsstadien
- Translokation von Arten, Biotopen (insbes. gefährdete mit kleinen Arealen)
- Stützung von Zielarten im Biotopmanagement

- Ökolandbau zur Erhöhung der Biodiversität und der C-Speicherung in den Böden

Dabei kann die Neuanlage von Wäldern zu naturschutzfachlichen Zielkonflikten führen; diese Maßnahme ist also nicht überall anwendbar. Dem Biotopverbund bzw. der Vernetzung von Schutzgebieten fällt insofern eine wichtige Rolle zu, da die Ausbreitungs- und Wandermöglichkeiten von Arten und Lebensräumen infolge der anderen Gefährdungsfaktoren (z. B. Überdüngung, Intensivnutzung und „Trockenlegung“ der Landschaft, Isolation wertvoller Habitate) bereits sehr eingeschränkt sind; dies wird durch den Klimawandel noch verstärkt. Vorgeschlagen wird in diesem Kontext auch die Pufferung bzw. Vergrößerung von Schutzgebieten (wie NSG) oder § 30-Biotopen. Hierbei ist bezüglich der räumlichen Ausrichtung von Maßnahmen prioritär auf das Vorliegen zusätzlichen Potenzials im Umfeld zu achten und die Distanzen zu benachbarten Schutzgebieten sollten minimiert werden.

## 5 Fazit

Zunächst fällt auf, dass viele der zuvor genannten Maßnahmen standardmäßige Biotopschutzmaßnahmen sind, die auch bisher schon durchgeführt wurden bzw. werden konnten. Dies koinzidiert mit der Auffassung, dass die wichtigsten Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel zunächst darin bestehen, eine gute Habitatqualität sicherzustellen (u. a. Ammerschläger et al. 2011). Dennoch werden die Möglichkeiten, den Auswirkungen des Klimawandels in (Groß-)Schutzgebieten bzw. Schutzgebietssystemen mit derartigen Maßnahmen entgegenzutreten, als begrenzt bzw. irgendwann ausgeschöpft eingeschätzt (u. a. Umweltbundesamt 2016). Oder anders ausgedrückt:

„Maßnahmen in Schutzgebieten werden nicht ausreichen, um die Auswirkungen des Klimawandels auf [...] sensible Arten und Lebensräume zu reduzieren. Auch andere Sektoren, wie Land-, Forst- und Wasserwirtschaft, müssen erhebliche Beiträge leisten, um die negativen Folgen des Klimawandels auf die Natur abzumildern.“ (Essl & Rabitsch 2013)

Biotopverbundmaßnahmen bzw. die Festlegung und Freihaltung von Korridoren, die eine Wanderung von Arten(gruppen) ermöglichen (z. B. in Süd-Nord-Richtung oder eher vertikal), sind zwar sinnvoll, dürften aber in ihrer Wirksamkeit aus verschiedenen Gründen begrenzt sein. So verläuft die Ausbreitung vieler Arten zu langsam, um mit dem Klimawandel Schritt zu halten. Zudem gibt es häufig schwer ausräumbare verbleibende Ausbreitungsbarrieren; die gravierendste davon ist eine Landschaftsmatrix, in der industrielle Landwirtschaft dominiert. Außerdem können z. B. auch Neobiota (als Konkurrenten) von derartigen Maßnahmen profitieren.

Außerdem sind der vertikalen Wanderung von Arten in großen Teilen Deutschlands (außerhalb der Alpen) Grenzen gesetzt, da hier selten mehr als 1100 m ü. NN erreicht werden. Dies gilt auch für alpine Arten der nivalen Stufe, die letztlich in Deutschland auch nicht höher als 2900 m wandern können.

Das Konzept „Flexible bzw. Wandernde Schutzgebiete“ wird von der großen Mehrzahl der Ökologen aus verschiedenen Gründen als nicht hilfreich angesehen bzw. verworfen (zu juristischen Aspekten vgl. von Zingler 2013). Unter anderem folgende Gründe sprechen dagegen:

- Die Einrichtung neuer Schutzgebiete in ausreichender Anzahl ist durch die bestehende intensive Landnutzung außerhalb der bestehenden Schutzgebiete, die häufig nicht

ausreichende Flächenverfügbarkeit und zu erwartende Widerstände der Landnutzer erschwert.

- Die neuen Schutzgebiete müssten in der Landschaftsmatrix eingerichtet werden, die i. d. R. über deutlich weniger landschaftliche Qualität verfügt.
- Die starke Fragmentierung der mitteleuropäischen Landschaften erschwert zudem den Austausch und die rasche Erreichbarkeit solcher Flächen.
- Die Zielarten wandern nicht gleich schnell bzw. nicht in die gleiche Richtung. Dies erschwert eine räumliche Festlegung der neuen Schutzgebiete.
- Die administrative Ausweisung neuer Schutzgebiete bräuchte viele Jahre, erfordert einen hohen administrativen Aufwand und käme den Klimawandelauswirkungen nur bedingt hinterher.
- Es gibt mit der Erweiterung von Schutzgebieten, der Schaffung von Pufferzonen, dem Biotopverbund und der Vernetzung von Schutzgebieten bereits Instrumente bzw. Konzepte, welche ähnlich wirken können.

Zudem konnten u. a. Thomas & Gillingham (2015) zeigen, dass Arten, deren Bestände rezent abgenommen haben, in Schutzgebieten immer noch häufiger vorkamen als außerhalb. Bestehende Schutzgebiete werden außerdem häufiger von sich infolge des Klimawandels ausbreitenden Arten besiedelt als die Normallandschaft (Thomas et al. 2012).

Eine Schlussfolgerung daraus ist, dass es weiterer Konzepte wie z. B. der aktiven Umsiedlung (bzw. ggf. der Wiederansiedlung) von Arten und Habitaten bedarf, um deren „Wanderung“ zu unterstützen (*assisted migration*). Auch die gezielte Verlagerung von Populationen innerhalb von Arten im Hinblick auf die Vielfalt von Ökotypen und deren klimatische Ansprüche innerhalb des Areals von weitverbreiteten Arten sollte diskutiert werden, um die Funktionsfähigkeit bestehender Ökosysteme zu erhalten, ohne deren Arten zu verlieren (Kreyling et al. 2011). Zwar bestehen auch gegenüber diesem Konzept Vorbehalte (z. B. aufgrund diverser Fehlschläge bzw. anderer Problematiken; vgl. Tab. 6), dennoch dürfte seine Akzeptanz zunehmen, wenn derartige Projekte gut vorbereitet und begleitet werden und wenn sich die negativen Folgen des Klimawandels auf Zielarten und -biotope weiter verstärken (vgl. dazu Lauterbach et al. 2021).

Tab. 6: Argumente für und gegen eine aktive Translokation von Arten (nach verschiedenen Autoren)

Pro-Argumente	Kontra-Argumente
Aufbau neuer Populationen an alten Vorkommensstandorten (Wiederansiedlung) eher unproblematisch	Schwächung der Quellpopulation(en)
Bei Translokation an neuen Standorten: als Anpassungsmaßnahme an den Klimawandel legitimierbar	Ungewissheit, ob die Art sich erfolgreich ansiedelt/ansiedeln kann (falsche Standortwahl, Bodenbedingungen defizitär, zu hoher Konkurrenzdruck, mangelnde Habitatpflege etc.)
Stützung der Vorkommen im sich verändernden	Florenverfälschung/Faunenverfälschung am

Gesamtareal	neuen Standort
Gleichzeitig Aufmerksamkeit für/Erhalt eines guten Managements am Ausbringungsstandort	Schaffung einer genetischen Flaschenhalsituation am neuen Standort
Bei Pflanzen: gut geeignet im Kontext von vorab stattfindenden Ex-situ-Kulturen, um Populationen am Ausgangsstandort zu schonen	Schwächung der genetischen Variabilität der Ausgangspopulation
Geeignet im Kontext von Kompensationsverpflichtungen	Ignorieren etablierter biotischer Interaktionen
Gezielte Ausbreitung angepasster Ökotypen	Ersatz einheimischer Ökotypen
Überwindung von Barrieren in einer stark fragmentierten Landschaft	Verdrängung etablierter Lebensgemeinschaften

Schutzgebiete können dazu beitragen, über eine verstärkte Speicherung von Kohlenstoff die allgemeinen Auswirkungen des Klimawandels zu mildern, wenn entsprechende Ökosystemprozesse gezielt gefördert werden. Möglichkeiten der sog. *nature-based solutions* bestehen insbesondere bei der Renaturierung von Mooren, Feuchtgebieten, Auen sowie einer Neuanlage bzw. andersartigen Nutzung von Wäldern (s. o.; u. a. auch Freibauer et al. 2009, BMU 2021). Die positive Wirkung derartiger notwendiger Maßnahmen wird aber aus Sicht des Verfassers derzeit (politisch) oft überschätzt. Dies liegt u. a. daran, dass

- oft keine ausreichende Flächenverfügbarkeit (z. B. für Wiedervernässungen, die auch das Umfeld von Schutzgebieten betreffen) vorliegt,
- Renaturierungsmaßnahmen kostspielig, volkswirtschaftlich aber gut vertretbar sind (Grossmann et al. 2010),
- Renaturierungsmaßnahmen von Feuchtgebieten in der Umsetzung eine relativ lange Zeit beanspruchen (Stichworte: Planfeststellungsverfahren, Herstellung der Flächenverfügbarkeit),
- sich ihre Wirkung erst über einen längeren Zeitraum entfalten kann.

Nach diesen Ausführungen wäre ein erster (überfälliger) Schritt die Integration des Themenfeldes „Auswirkungen des Klimawandels“ in die Pflege- und Entwicklungs- bzw. Managementpläne der Schutzgebiete und sonstigen Planungsinstrumente. Im nächsten Schritt wären dann sinnvolle Maßnahmen u. a. gemäß Abschnitt 4 abzuleiten, um den aktuellen und zukünftigen Klimawandelauswirkungen entgegenzutreten bzw. diese zu berücksichtigen. Der Bund kann dabei die Akteure in den Bundesländern durch seine Förderprogramme, insbesondere das neu aufgelegte „Aktionsprogramm natürlicher Klimaschutz“ (ANK) finanziell und personell unterstützen. Vorgeschlagen wird diesbezüglich, die Maßnahmenumsetzung zur Resilienzsteigerung der Schutzgebiete gegenüber dem Klimawandel durch Erfolgskontrollen bzw. ein Monitoring zu unterlegen, um deren Wirksamkeit zu überprüfen (vgl. u. a. Scherfose 2021).

Um die Aktivitäten und Mittel im Naturschutz zielgerichtet einzusetzen, könnte ggf. parallel dazu auf nationaler und landesweiter Ebene auch verstärkt eine Diskussion dahingehend entstehen, für welche Arten (bzw. Lebensraumtypen) sich ein Management nicht mehr lohnt (z. B. Arten mit Randvorkommen in Deutschland oder noch gutem Vorkommen außerhalb

Deutschlands) bzw. für welche Arten (bzw. Lebensraumtypen) ein Management vorrangig erfolgen sollte (Stichwort: Auflegung von Aktionsprogrammen für Klimaverlierer).

## 6 Literaturverzeichnis

- AK Libellen NRW, Conze, K.-J., Menke, N. & Olthoff, M. (2011): Libellen und Klimawandel in Nordrhein-Westfalen. – *Natur in NRW* 4: 20–26.
- Ammerschläger, J., Hübner, T. & Kiel, E.-F. (2011): Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel in NRW. – *Natur in NRW* 4: 11–14.
- Balzer, S., Dieterich, M. & Beinlich, B. (2007): Natura 2000 und Klimaänderungen. – *Natursch. Biol. Vielfalt* 46.
- Basen, T., Chucholl, C. & Brinker, A. (2022): Auf schmalem Grad<sup>o</sup> – Die Zukunft unserer Fische in der Klimakrise. Analysen, Vorhersagen, Handlungsmöglichkeiten. – *Min. f. Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Bad.-Württ., Stuttgart*.
- Baumann, K. (2021): Können intakte Gebirgsmoore in Zeiten des Klimawandels Refugien für seltene Libellenarten (Odonata) sein? Untersuchungen im Nationalpark Harz von 2017–2020. – *Libellula Supplement* 16: 35–66.
- Baumann, K., Jödicke, R., Kastner, F., Borkenstein, A., Burkart, W., Quante, U. & Spengler, T. (2021): Atlas der Libellen in Niedersachsen/Bremen. – *Mitt. Arbeitsgem. Libellen Niedersachsen und Bremen, Sonderband*. NIBUK, Ruppichteröth.
- Beierkuhnlein, C. (2021): Nature-based solutions must be realized – not just proclaimed – in face of climatic extremes. – *Erdkunde* 75(3): 1–20.
- Beierkuhnlein, C., Jentsch, A., Reineking, B., Schlumprecht, H. & Ellwanger, G. (Hrsg.) (2014): Auswirkungen des Klimawandels auf Fauna, Flora und Lebensräume sowie Anpassungsstrategien des Naturschutzes – *Natursch. Biol. Vielfalt* 137.
- Beudert, B. & Leibl, F. (2021): Wirtschaftswälder und Naturwälder als Kohlenstoffspeicher im Vergleich. – In: Knapp, H.D., Klaus, S. & Fähser, L. (2021): *Der Holzweg*. – Oekom Verlag, München: 242–251.
- BfN (2011): Klimawandel und Natura 2000. – Bundesamt für Naturschutz, Bonn.
- BMU (2021): Nationale Moorschutzstrategie. – Berlin. <https://www.bmuv.de/download/nationale-moorschutzstrategie> (letzter Zugriff: 03.08.2023).
- Bonn, A., Macgregor, N., Stadler, J., Korn, H., Stiffel, S., Wolf, K. & van Dijk, N. (2014): Helping ecosystems in Europe to adapt to climate change. – *BfN-Skripten* 375.
- Bowler, D.E., Eichenberg, D., Conze, K.-J., Suhling, F., Baumann, K., Benken, T., Bönsel, A., Bittner, T., Drews, A., Günther, A., Isaac, N.J.B., Petzold, F., Seyring, M., Spengler, T., Trockur, B., Willigalla, C., Bruelheide, H., Jansen, F. & Bonn, A. (2021): Winners and losers over 35 years of dragonfly and damselfly distributional change in Germany. – *Diversity and distributions* 27: 1353–1366.
- Brockhaus, T., Roland, H.-J., Benken, T., Conze, K.-J., Günther, A., Leipelt, K.G., Lohr, M., Martens, A., Mauersberger, R., Ott, J., Suhling, F., Weihrauch, F. & Willigalla, C. (2015): Atlas der Libellen Deutschlands (Odonata). – *Libellula Supplement* 14: 1–394.
- Brunzel, S. & Hill, B.T. (2022): Klimawandel und Natura 2000: zur nötigen Flexibilisierung der FFH-Richtlinie. – *Natur u. Landschaft* 97(5): 252–258.

- Craven, D., Eisenhauer, N., Pearse, W.D., Hautier, Y., Isbell, F., Roscher, C., Bahn, M., Beierkuhnlein, C., Bönisch, G., Buchmann, N., Byun, C., Catford, J.A., Cerabolini, B.E.L., Cornelissen, J.H.C., Craine, J.M., De Luca, E., Ebeling, A., Griffin, J.N., Hector, A., Hines, J., Jentsch, A., Kattge, J., Kreyling, J., Lanta, V., Lemoine, N., Meyer, S.T., Minden, V., Onipchenko, V., Polley, H.W., Reich, P.B., von Ruijven, J., Schamp, B., Smith, M.D., Soudzilovskaia, N.A., Tilman, D., Weigelt, A., Wilsey, B. & Manning, P. (2018): Multiple facets of biodiversity drive the diversity-stability relationship. – *Nature Ecology & Evolution* 2(10): 1579–1587.
- Damm, C. (2016): Naturschutzgroßprojekt Lenzener Elbtalau – Umsetzung und Erfahrungen eines Pilotprojektes. – *Natur u. Landschaft* 91(8): 359–365.
- Drösler, M., Augustin, J., Bergmann, L., Förster, C., Fuchs, D., Hermann, J.-M., Kantelhardt, J., Kapfer, A., Krüger, G., Schaller, L., Sommer, M., Schweiger, M., Steffenhagen, P., Tiemeyer, B. & Wehrhan, M. (2012): Beitrag ausgewählter Schutzgebiete zum Klimaschutz und dessen monetäre Bewertung. – BfN-Skripten 328, Bonn.
- Eichhorn, A. (2020): Naturschutzgroßprojekt „Mittlere Elbe“ – ein Projektrückblick. – *Naturschutz im Land Sachsen-Anhalt* 55, Sonderheft: 58–74.
- Essl, F. & Rabitsch, W. (Hrsg.: 2013): Biodiversität und Klimawandel – Auswirkungen und Handlungsoptionen für den Naturschutz in Mitteleuropa. – Springer Spektrum, Berlin/Heidelberg.
- Förschler, M., Dreier, C., Popa, F. & Richter, C. (2021): Der Nationalpark Schwarzwald und seine Arten im (Klima-)Wandel. – *Naturschutzinfo* 1/2: 37–39.
- Freibauer, A., Drösler, M., Gensior, A. & Schulze, E.-D. (2009): Das Potenzial von Wäldern und Mooren für den Klimaschutz in Deutschland und auf globaler Ebene. – *Natur u. Landschaft* 84: 20–25.
- Grossmann, M., Hartje, V. & Meyerhoff, J. (2010): Ökonomische Bewertung naturverträglicher Hochwasservorsorge an der Elbe. – *Natursch. Biol. Vielfalt* 89.
- Haaren, von C., Saathoff, W., Bodenschatz, T. & Lange, M. (2010): Der Einfluss veränderter Landnutzungen auf Klimawandel und Biodiversität. – *Natursch. Biol. Vielfalt* 94.
- Hansjürgens, B., Schröter-Schlaack, C., Berghöfer, A., Bonn, A., Dehnhardt, A., Kantelhardt, J., Liebersbach, H., Matzdorf, B., Osterburg, B., Ring, I., Röder, N., Scholz, M., Thrän, D., Schaller, L., Witting, F. & Wüstemann, H. (2017): Ökosystembasierte Klimapolitik in Deutschland. In: Marx, A. (Hrsg.): *Klimaanpassung in Forschung und Politik*. – Springer Spektrum, Berlin/Heidelberg: 237–260.
- Hauck, M., Leuschner, C. & Homeier, J. (2020): Klimawandel und Vegetation – eine globale Übersicht. – Springer Spektrum, Berlin/Heidelberg.
- Hill, B. & Stübing, S. (2013): Der Wandel hessischer Libellengemeinschaften in den letzten 25 Jahren – eine Vergleichsstudie. – *Libellen in Hessen* 6(2): 28–44.
- HLNUG (Hrsg.) (2019): Auswirkungen des Klimawandels auf hessische Arten und Lebensräume. – Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie, Naturschutzskripte, Bd. 3, Wiesbaden.
- Huntley, B., Green, R.E. & Collingham, Y.C. (2007): *A climatic atlas of European breeding birds*. – Lynx, Barcelona.
- Isbell, F., Craven, D., Conolly, J., Loreau, M., Schmid, B., Beierkuhnlein, C. et al. (2015): Biodiversity increases the resistance of ecosystem productivity to climate extremes. – *Nature* 526(7574): 574–577.
- Jaeschke, A., Bittner, T., Reineking, B. & Beierkuhnlein, C. (2013): Can they keep up with climate change? – Integrating specific dispersal abilities of protected Odonata in species distribution modelling. – *Insect Conservation and Diversity* 6: 93–103.
- Karbiener, O. & Trusch, R. (2022): Wandel der Nachtfalterfauna Baden-Württembergs seit 1970. Bd. 1–2. – Staatliches Museum f. Naturkunde Karlsruhe. Andrias 22.

- Kerth, G., Blüthgen, N., Dittrich, C., Dworschak, K., Fischer, K., Fleischer, T., Heidinger, I., Limberg, J., Obermaier, E., Rödel, M.-O. & Nehring, S. (2014): Anpassungsfähigkeit naturschutzfachlich wichtiger Tierarten an den Klimawandel. – *Natursch. Biol. Vielfalt* 139.
- Kreyling, J., Bittner, T., Jaeschke, A., Jentsch, A., Steinbauer, M.J., Thiel, D. & Beierkuhnlein, C. (2011): Assisted Colonization: A question of focal units and recipient localities. – *Restoration Ecology* 19(4): 433–440.
- Lauterbach, D., Zippel, E., Becker, U., Borgmann, P., Burkart, M., Land, J., Listl, D., Oevermann, S., Heinken-Smidova, A., Stevens, A.-D., Tschöpe, O., Weißbach, S., Wöhrmann, F., Zachgo, S. & Poschold, P. (2021): Gefährdete Pflanzenarten erhalten – Wiederansiedlungen als Artenschutzmaßnahme. – *Natur u. Landschaft* 96(9/10): 475–481.
- Lawrence, A., Hoffmann, S. & Beierkuhnlein, C. (2021): Topographic diversity as an indicator for resilience of terrestrial protected areas against climate change. – *Global Ecology and Conservation* 25, e01445.
- Luick, R., Hennenberg, K., Leuschner, C., Grossmann, M., Jedicke, E., Schoof, N. & Waldenspuhl, T. (2022): Urwälder, Natur- und Wirtschaftswälder im Kontext von Biodiversitäts- und Klimaschutz. Teil 2: Das Narrativ von der Klimaneutralität der Ressource Holz. – *Naturschutz u. Landschaftsplanung* 54(1): 22–35.
- Milad, M., Storch, S., Schaich, H., Konold, W. & Winkel, G. (2012): Wälder und Klimawandel: Künftige Strategien für Schutz und nachhaltige Nutzung. – *Natursch. Biol. Vielfalt* 125.
- Mosbrugger, V., Brasseur, G., Schaller, M. & Stribrny, B. (Hrsg.; 2012): Klimawandel und Biodiversität – Folgen für Deutschland. – *Wiss. Buchgesellschaft, Darmstadt*.
- Ott, J. (2000): Die Ausbreitung mediterraner Libellenarten in Deutschland und Europa – die Folge einer Klimaveränderung? – *NNA-Berichte* 2: 13–35.
- Petermann, J., Balzer, S., Ellwanger, G., Schröder, E. & Ssymank, A. (2007): Klimawandel – Herausforderung für das europäische Schutzgebietssystem Natura 2000. – *Natursch. Biol. Vielfalt* 46: 33–48.
- Pompe, S., Berger, S., Bergmann, J., Badeck, F., Lübbert, J., Klotz, S., Rehse, A.-K., Söhlke, G., Sattler, S., Walther, G.-R. & Kühn, I. (2011): Modellierung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Flora und Vegetation in Deutschland. – *BfN-Skripten* 304, Bonn.
- Poniatowski, D., Münsch, T., Helbing, F. & Fartmann, T. (2018): Arealveränderungen mitteleuropäischer Heuschrecken als Folge des Klimawandels. – *Natur u. Landschaft* 93(12): 553–561.
- Rabisch, W., Winter, M., Kühn, E., Kühn, I., Götzl, M., Essl, F. & Gruttke, H. (2010): Auswirkungen des rezenten Klimawandels auf die Fauna in Deutschland. – *Natursch. Biol. Vielfalt* 98.
- Reich, M., Rüter, S., Presse, R., Matthies, S., Wix, N. & Ullrich, K. (2012): Biotopverbund als Anpassungsstrategie für den Klimawandel. – *Natursch. Biol. Vielfalt* 122.
- Scherfose, V. (Hrsg., 2021): Erfolgskontrollen im Naturschutz. – *Natursch. Biol. Vielfalt* 171.
- Settele, J., Kudrna, O., Harpke, A., Kühn, I., van Swaay, C., Verovnik, R., Warren, M., Wiemers, M., Hanspach, J., Hickler, T., Kühn, E., van Halder, I., Veling, K., Vliegenhart, A., Wynhoff, I. & Schweiger, O. (2008): Climatic risk atlas of European butterflies. – *Biorisk* 1, Special issue, Pensoft Publ., Sofia.
- Soussana, J.F., Allard, V., Pilegaard, K., Ambus, P., Amman, C., Campbell, C., Ceschia, E., Clifton-Brown, J., Czobel, S., Domingues, R., Flechard, C., Fuhrer, J., Hensen, J., Horvath, L., Jones, M., Kapser, G., Martin, C., Nagy, Z., Neftel, A., Raschi, A., Baronti, S., Rees, R.M., Skiba, U., Stefani, P., Manca, G., Sutton, M., Tuba, Z. & Valentini, R. (2007): Full accounting of the greenhouse gas (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>) budget of nine European grassland sites. – *Agricult. Ecosystem Environment* 121: 121–134.
- Steinacker, C., Beierkuhnlein, C. & Jaeschke, A. (2019): Assessing the exposure of forest habitat types to projected climate change – Implications for Bavarian protected areas. – *Ecology and Evolution* 9(24): 14417–14429.

- Streitberger, M., Ackermann, W., Fartmann, T., Kriegel, G., Ruff, A., Balzer, S. & Nehring, S. (2016): Artenschutz und Klimawandel: Perspektiven für ein zukünftiges Handlungskonzept. – *Natursch. Biol. Vielfalt* 147.
- Thomas, C.D. & Gillingham, P.K. (2015): The performance of protected areas for biodiversity under climate change. – *Biol. J. Linn. Soc. London* 115: 718–730.
- Thomas, C.D., Gillingham, P.K., Baradbury, R.B., Roy, D.B., Anderson, B.J., Baxter, J.M., Bourn, N.A.D., Crick, H.Q.P., Finden, R.A., Fox, R., Hodgson, J.A., Holt, A.R., Morecroft, M.D., O’Hanlon, N.J., Oliver, T.H., Pearce-Higgins, J.W., Procter, D.A., Thomas, J.A., Walker, K.J., Walmsley, C.A., Wilson, R.J. & Hill, J.K. (2012): Protected areas facilitate species range expansions. – *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* 109: 14063–14068.
- Umweltbundesamt (2016): Können Naturschutzmaßnahmen die klimawandel-bedingten Risiken für Arten kompensieren? – *Natur u. Landschaft* 91(9/10): 480–482.
- Vohland, K., Badeck, F., Böhning-Gaese, K., Ellwanger, G., Hanspach, J., Ibisch, P., Klotz, S., Kreft, S., Kühn, I., Schröder, E., Trautmann, S. & Cramer, W. (2013): Schutzgebiete Deutschlands im Klimawandel – Risiken und Handlungsoptionen. – *Natursch. Biol. Vielfalt* 129.
- Zingler von, C. (2013): Anpassung des europäischen und nationalen Gebietsschutzrechts an die Folgen des Klimawandels. – Cuvillier Verlag, Göttingen.
- Zulka, K.P., Oberleitner, I., Baumgartner, C., Diry, C., Grabenhofer, H., Gross, M., Weber, A. & Schindler, S. (2022): Gefährdungsfaktoren und Schutzgebietsmanagement im Klimawandel. – *Acta ZooBot. Austria* 158: 49–80.

## **Danksagung**

Prof. Dr. C. Beierkuhnlein danke ich für kritische Anmerkungen zum Manuskript und weitere Literaturhinweise.

## **Adresse des Autors:**

Dr. Volker Scherfose  
Bundesamt für Naturschutz  
Konstantinstr. 110  
53179 Bonn  
E-Mail: volker.scherfose@bfn.de

Die „BfN-Schriften“ sind eine seit 1998 unperiodisch erscheinende Schriftenreihe in der institutionellen Herausgeberschaft des Bundesamtes für Naturschutz (BfN) in Bonn. Sie sind kurzfristig erstellbar und enthalten u. a. Abschlussberichte von Forschungsvorhaben, Workshop- und Tagungsberichte, Arbeitspapiere oder Bibliografien. Viele der BfN-Schriften sind digital verfügbar. Printausgaben sind auch in kleiner Auflage möglich.

**DOI 10.19217/skr675**