

# NaturschutzDigital 2024 – Modellierung im Naturschutz: Bedarfe und Lösungen im Kontext von Renaturierung und Klimawandel

Tagungsdokumentation

Christian Schneider, Merlin Schäfer,  
Jessica Ferner und Jonathan Ruhm (Hrsg.)

BfN-Schriften

**750**

**2025**



22

23

2024

25





Bundesamt für  
Naturschutz

# **NaturschutzDigital 2024 – Modellierung im Naturschutz: Bedarfe und Lösungen im Kontext von Renaturierung und Klimawandel**

**Dokumentation der Tagung „NaturschutzDigital“  
vom 03.-06.06.2024 des Bundesamts für Naturschutz (BfN)  
an der Internationalen Naturschutzakademie (INA)  
auf der Insel Vilm**

herausgegeben von  
Dr. Christian Schneider  
Dr. Merlin Schäfer  
Dr. Jessica Ferner  
Jonathan Ruhm

## Impressum

**Titelbild:** Skizzierte Fledermaus vor stilisiertem Hintergrund aus Fraktalen und Digitalisierungselementen (Carolina Arcienigas)

### Adressen der Herausgeberinnen und der Herausgeber:

Dr. Christian Schneider	Bundesamt für Naturschutz (BfN) FG I 1.1 „Strategische Digitalisierung in Natur und Gesellschaft“ Alte Messe 6, 04103 Leipzig E-Mail: <a href="mailto:Christian.Schneider@BfN.de">Christian.Schneider@BfN.de</a>
Dr. Merlin Schäfer	Bundesamt für Naturschutz (BfN) FG II 1.3 „Monitoring der terrestrischen Biodiversität“ Alte Messe 6, 04103 Leipzig E-Mail: <a href="mailto:Merlin.Schaefer@BfN.de">Merlin.Schaefer@BfN.de</a>
Dr. Jessica Ferner	Bundesamt für Naturschutz (BfN) FG II 2.3 „Natürlicher Klimaschutz, dynamische Systeme und Wiederherstellung der Natur“ Konstantinstr. 110, 53179 Bonn E-Mail: <a href="mailto:Jessica.Ferner@BfN.de">Jessica.Ferner@BfN.de</a>
Jonathan Ruhm	Bundesamt für Naturschutz (BfN) FG II 1.2 „Botanischer Artenschutz“ Konstantinstr. 110, 53179 Bonn E-Mail: <a href="mailto:Jonathan.Ruhm@BfN.de">Jonathan.Ruhm@BfN.de</a>

### Fachbetreuung im BfN:

Ass. Iur. Ute Feit	Internationale Naturschutzakademie (INA) Insel Vilm, 18581 Putbus / Rügen E-Mail: <a href="mailto:Ute.Feit@BfN.de">Ute.Feit@BfN.de</a>
--------------------	--

### Förderhinweis:

Gefördert durch das Bundesamt für Naturschutz (BfN) mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMUKN) (FKZ: 3522 89 0700).

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, Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMUKN)

Gedruckt auf 100% Altpapier

ISBN 978-3-89624-514-4

DOI 10.19217/skr750

Bonn 2025



## Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort .....</b>	<b>6</b>
<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>7</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>8</b>
<b>Einleitung zur Tagungsdokumentation .....</b>	<b>9</b>
<b>1 Modellierung im Naturschutz, fachliche Bedarfe, methodische Ansätze und Kernaussagen der Tagung .....</b>	<b>11</b>
1.1 Renaturierung und Klimawandel: Herausforderungen für den Naturschutz und ..... die Rolle von Modellierungsansätze Sandra Skowronek, Jessica Ferner und Martin Freitag.....	11
1.2 Modellierung im Naturschutz: Forschung und Entwicklung im Überblick Damaris Zurell .....	14
1.3 Modellierungen im Naturschutz vor dem Hintergrund von Renaturierung und Klimawandel – Kernaussagen und Zusammenfassung der Diskussion Christian Schneider, Jessica Ferner, Jonathan Ruhm und Merlin Schäfer.....	18
<b>2 Session I: Aktivitäten, Bedarfe und Rahmenbedingungen aus Behördenperspektive .....</b>	<b>25</b>
2.1 Risikoanalyse des Schutzgebietssystems in Rheinland-Pfalz im Klimawandel Lisa Keidel.....	25
2.2 Modellierungen als Planungsgrundlage für den Erhalt von FFH-Arten und - Lebensraumtypen Philipp Wenta.....	31
2.3 Modellierungsansätze aus Sicht der Unteren Naturschutzbehörde Kreis Plön Jan-Eike Altpeter .....	34
2.4 Einsatz von Modellierung aus Sicht des Sächsischen Landesamts für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Silke Bruns .....	36
2.5 Die Ökologische Flächenstichprobe (ÖFS) – Biodiversitätsmonitoring in NRW Michael Oberhaus .....	38
2.6 Beitrag des Hessischen Landesamts für Naturschutz, Umwelt und Geologie Stephan Karger und Knut Werning .....	40
<b>3 Session II: Modellierung für angewandten Naturschutz .....</b>	<b>43</b>
3.1 Überblick über Methoden- und Anwendungsentwicklung für den Naturschutz Moritz Mercker .....	43
3.2 Populationstrends und Demografie im Projekt BatTrend Saskia Schirmer, Gerald Kerth und Marcus Fritze.....	47
3.3 Populationsgefährdungsanalysen Viktoria Radchuk .....	50

3.4	Ökologisch-ökonomische Modellierung für effektiven und kosteneffizienten Naturschutz im Klimawandel Frank Wätzold .....	54
<b>4</b>	<b>Session III: Modellierung für Renaturierung .....</b>	<b>57</b>
4.1	Modellierung zur Unterstützung der Wiederherstellung von Seegraswiesen Boris Schröder-Esselbach, Matteo Lattuada, Lars Kamperdicks, Thorsten B. H. Reusch, Katharina Kesy, Mia M. Bengtsson und Maike Paul .....	57
4.2	Modellbasierte Wahrscheinlichkeit der Nichtnutzung im Wald als Hinweis auf potenzielle Wälder mit natürlicher Entwicklung Falko Engel .....	62
4.3	Reorganisation des Auwaldökosystems angesichts pathogen-induzierter Mortalität, Klimawandel und veränderter hydrologischer Bedingungen Stefanie Henkel .....	66
4.4	Modellierungsansätze für die Bewertung von Mooregebieten durch optische und radar-basierte Fernerkundungsdaten Gohar Ghazaryan, Lena Krupp, Nele Landgraf, Simon Seyfried und Claas Nendel ..	72
<b>5</b>	<b>Session IV: Postervorstellungen .....</b>	<b>77</b>
5.1	Biodiversitätswandel besser erfassen: KI-gestützte Extraktion von Biodiversitätsdaten aus Schriftgut Aron Marquart, Sandra Sánchez-Páez, Stefanie Paß, Franziska Schuster und Christian Bölling .....	77
5.2	Was sind geeignete Ansätze für eine ökologisch nachhaltige Flächennutzung durch die Landwirtschaft? Ann-Sophie Katte, Maximilian Hofmeier und Nick Dühr .....	81
5.3	Verbesserung des Sclerotinia-Risikomodells für Winterraps in Deutschland: Integration von Phänologie und Krankheitsentwicklung in ein Entscheidungshilfesystem Vera Krause und Dominic Anto Raja .....	84
5.4	Ein Trait-basiertes Modell zur Simulation von Pflanzengemeinschaften im Grünland (GrasslandTraitSim.jl v1.0) Felix Nößler, Thibault Moulin, Oksana Buzhdygan, Britta Tietjen und Felix May ....	87
5.5	Assisting Assisted Migration - umfassende Ensemble-Modelle für die gezielte Translokation von Pflanzen Jonathan Ruhm .....	90
5.6	Wirkungsansätze für innovative Technologien im Hochwasserrisikomanagement in Deutschland Hendrik Steinort .....	94
<b>6</b>	<b>Session V: Habitat- und Artverbreitungsmodellierung .....</b>	<b>99</b>
6.1	Langfristige Eignung von Schutzgebieten für Süßwasserfische – eine Frage des Klimas? Christoph Chucholl .....	99

---

6.2	Habitatmodellierung als Planungsgrundlage für den Artenschutz Claudia Frank, Behrend Dellwisch und Jakob Katzenberger.....	103
6.3	Modelle in Produktion – Habitatmodellierung zur Identifikation potenzieller Artenschutzkonflikte Sten Zeibig.....	107
6.4	Modellierung für Naturschutz und Landschaftsplanung: Anwendungen und die Wahl der richtigen Skalen Reinhard Klenke .....	111
6.5	Minimalstandards für Artverbreitungsmodellierung: Anforderungen an Methodik und Datengrundlage Lisa Bald und Jannis Gottwald.....	115
6.6	Das Anwendungslabor für Künstliche Intelligenz und Big Data am Umweltbundesamt Johannes Albert.....	118
<b>A</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>121</b>
A.1	Teilnahmeliste .....	121
A.2	Tagungsprogramm .....	124

## Vorwort

Der Verlust der biologischen Vielfalt und der Klimawandel stellen unsere Gesellschaft vor große Herausforderungen. Um dieser Doppelkrise wirksam zu begegnen, muss die Natur besser geschützt und, wo nötig, durch Renaturierungsmaßnahmen und angepasste Landnutzung wiederhergestellt werden. Internationale und europäische Verpflichtungen erfordern eine effektive und langfristige Wiederherstellung. Ziel ist die Schaffung resilienten Ökosysteme zum Schutz der Biodiversität in Zeiten der Übernutzung und des Klimawandels.

Die Digitalisierung stellt dem Naturschutz Instrumente zur Verfügung, deren Potential in Datenerfassung und Datenverarbeitung, in Kooperation, Kommunikation und Wissensvermittlung sowie als Arbeitsinstrument und Entscheidungshilfe immer stärker genutzt wird. Computermodelle sind in diesem Zusammenhang unerlässliche Werkzeuge für den Naturschutz. Sie bilden einerseits die Grundlage zur Erklärung vergangener, dynamischer oder komplexer Prozesse und Muster. Andererseits sind sie zunehmend wichtige Werkzeuge, um zukünftige Entwicklungspfade oder die Wirksamkeit von Maßnahmen abzuschätzen. So können z. B. Potenzial- und Konflikträume identifiziert und die Wirksamkeit verschiedener Renaturierungsmaßnahmen abgeschätzt werden. Andererseits sind Modelle wichtig, um den Einfluss des Klimawandels sowie von Klimaschutz- und Anpassungsmaßnahmen auf Biodiversität und Landschaften abzuschätzen. Sie sind weiterhin unverzichtbare Werkzeuge, um die unterschiedlichen Daten- und Wissensbestände des Biodiversitätsmonitorings und der Klimamodellierung wechselseitig für die Zielsetzung und Erfolgskontrolle von Renaturierungsmaßnahmen nutzbar zu machen.

Die vorliegende BfN-Schrift dokumentiert sowohl die Bedarfe als auch ein breites Spektrum von Modellierungsbeispielen. Anhand dieser Projekte werden einerseits Anwendungspotenziale für den Naturschutz und andererseits Grenzen und Unsicherheiten der Methoden diskutiert. Darüber hinaus werden Ansätze zur Systematisierung von Modellierungsmethoden im Naturschutz vorgestellt. Im dritten Teil werden die Schritte zur Implementierung von Modellierungsmethoden in den praktischen und behördlichen Naturschutz aus Sicht von Behörden, Wissenschaft, Fachgesellschaften und Planungsbüros zusammengefasst.

Die Tagung NaturschutzDigital 2024 an der Internationalen Naturschutzakademie Insel Vilm (INA) zeigte somit eindrücklich, dass es zahlreiche Modellierungsansätze gibt, die vielversprechende Lösungen für den Naturschutz bieten. Sie dokumentiert darüber hinaus wichtige Handlungsfelder, in denen sie für den praktischen und den behördlichen Naturschutz nutzbar gemacht werden kann.

Dr. Michael Bilo

Abteilungsleiter „Digitalisierung und Naturschutzinformation“  
Chief Information Officer  
im Bundesamt für Naturschutz

## Zusammenfassung

Modellierungsansätze gelten zunehmend als essenzielles Werkzeug im praktischen und behördlichen Naturschutz. Vor dem Hintergrund von Biodiversitätsverlust, Klimawandel und ambitionierten Renaturierungszielen – wie sie etwa in der EU-Wiederherstellungsverordnung festgelegt sind – steigt der Bedarf, komplexe ökologische Zusammenhänge zu analysieren, Szenarien zu bewerten und fundierte Entscheidungen vorzubereiten. Auf der Tagung „NaturschutzDigital 2024“ wurden aktuelle fachliche Anforderungen, der Stand der Modellierungsanwendungen und die Perspektiven für eine strategische Integration in den Naturschutz diskutiert.

Die Beiträge zeigten, dass Modellierung bereits in verschiedenen Bereichen angewendet wird, beispielsweise zur Habitatmodellierung, Risikoabschätzung oder zur Identifikation von Potenzialräumen für Renaturierungsvorhaben. Innerhalb von Behörden und Verbänden entstehen zunehmend eigenständige Modellierungskapazitäten. Gleichzeitig bestehen Unsicherheiten hinsichtlich der Aussagekraft, der Übertragbarkeit und der Kommunikation von Modellergebnissen, insbesondere im Kontext von Politikberatung und der Wirkungsabschätzung von Naturschutzmaßnahmen.

Als zentrales Entwicklungsfeld wurde der Transfer zwischen Wissenschaft, Praxis und Verwaltung ausgemacht. In den Diskussionen wurde der Bedarf an Formaten für methodischen Austausch, strukturierte Zusammenarbeit und strategische Kompetenzentwicklung betont. Auch der Aufbau von Inhouse-Expertise in Behörden wurde als zentrale Voraussetzung benannt, um Modellierungsansätze dauerhaft und bedarfsgerecht nutzen zu können. Wissenschaftliche Akteure leisten dabei wesentliche Beiträge zur Methodenentwicklung, Standardisierung und Qualitätssicherung, während Unternehmen als Bindeglied zur nutzerorientierten Anwendung fungieren können.

Die Tagung lieferte Impulse für die arbeitsteilige und kooperative Weiterentwicklung von Modellierungsansätzen als Grundlage für einen wirksamen Naturschutz. Der vorliegende Tagungsband dokumentiert die Beiträge zur Tagung und fasst die unterschiedlichen Themenbereiche in sieben Kernaussagen zusammen.

## Abstract

Modeling approaches are increasingly regarded as an essential tool in nature conservation. Against the backdrop of biodiversity loss, climate change and ambitious restoration targets the need to analyze complex ecological relationships, evaluate scenarios and support decision making is increasing. At the conference “NaturschutzDigital 2024”, current technical requirements, the status of modeling applications and the prospects for strategic integration in nature conservation were discussed.

The contributions showed that modeling is already being used in various areas, for example for habitat modeling, risk assessment or to identify potential areas for renaturation projects. Within authorities and associations, independent modeling capacities are increasingly emerging. At the same time, there are uncertainties regarding the informative value, transferability and communication of model results, particularly in the context of policy advice and the impact assessment of nature conservation measures.

The transfer between science, practice and administration was identified as a key area of development. The need for formats for methodological exchange, structured collaboration and strategic skills development was emphasized in the discussions. The development of in-house expertise in public authorities was also identified as a key requirement in order to be able to use modeling approaches in a sustainable and needs-based manner. Scientific players make significant contributions to method development, standardization and quality assurance, while companies can act as a link to user-oriented application.

The conference provided impulses for the further development of modeling approaches based on a division of labor and cooperation as a basis for effective nature conservation. The conference proceedings presented here document the contributions to the conference and summarize the various topics in seven core statements.

## Einleitung zur Tagungsdokumentation

Der fortschreitende Verlust der biologischen Vielfalt und die Auswirkungen des Klimawandels stellen die Naturschutzpraxis vor große Herausforderungen. Die notwendigen Antworten auf diese ökologischen Krisen erfordern wirksame, vorausschauende und adaptive Maßnahmen – und damit auch neue methodische Zugänge. In diesem Kontext wird der Einsatz von Modellierungsmethoden zunehmend zu einem unverzichtbaren Bestandteil strategischer Naturschutzarbeit. Modelle bieten die Möglichkeit, komplexe ökologische Prozesse zu analysieren, Entwicklungen zu prognostizieren und Entscheidungsträgerinnen und -träger in Verwaltung und Politik fundiert zu unterstützen.

Vor diesem Hintergrund richtete das Bundesamt für Naturschutz (BfN) vom 3. bis 6. Juni 2024 die Tagung NaturschutzDigital 2024 auf der Insel Vilm aus – mit dem Ziel, den gegenwärtigen Stand der Modellierungsanwendung im Naturschutz zu bilanzieren, bestehende Bedarfe sichtbar zu machen und eine stärkere Verzahnung von Theorie und Praxis zu fördern.

Das Tagungsformat brachte rund 40 Expert\*innen aus unterschiedlichen Bereichen zusammen: Vertreter\*innen von Bundes- und Landesbehörden, Wissenschaftler\*innen mit Modellierungs- und Monitoringexpertise, Fachleute aus Planungsbüros und der IT-Branche sowie Mitarbeitende aus Fachgesellschaften. Diese vielfältige Zusammensetzung ermöglichte einen praxisorientierten, fachlich differenzierten Austausch über Chancen und Herausforderungen der Modellierung im und für den Naturschutz.

Behördliche Teilnehmende, etwa aus Landesämtern und Bundesbehörden, zeigten anhand eigener Projekte, wie Modellierung bereits heute in Gefährdungs- und Risikoanalysen für Arten und Schutzgebiete sowie in der Bewertung von Renaturierungspotenzialen oder in der Wirkungskontrolle von Naturschutzmaßnahmen zum Einsatz kommt. Ein Beitrag aus dem Umweltministerium verdeutlichte zukünftige Bedarfe bzgl. der Wirkungskontrolle nationaler politischer Programme wie dem Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz (ANK), bei denen Modellierung eine zunehmend große Rolle spielen wird. Gleichzeitig wurde deutlich, dass ein strategischer Kompetenzaufbau innerhalb der Behörden erforderlich ist, um Modellierung künftig noch zielgerichteter in Routinen und Entscheidungsprozesse einzubetten. Auch dazu wurden erste Ansätze vorgestellt.

Die wissenschaftliche Perspektive konzentrierte sich sowohl auf in der Forschung etablierte Modellierungsmethoden für den Naturschutz als auch auf methodische Weiterentwicklungen und Modellinnovationen. Insbesondere aus den Bereichen Habitat- und Artverbreitungsmodellierung, Populationsgefährdungsanalysen und Modellierung von Populationstrends, Nutzung von Fernerkundungs- und In-situ-Daten in Modellen, KI-gestützte Datenextraktion und ökologisch-ökonomische Bewertungsansätze wurden neue Erkenntnisse vorgestellt. Es bestand Einigkeit darüber, dass die wissenschaftlichen Grundlagen für den Transfer in die Praxis vielfach gegeben sind – jedoch der Rückfluss behördlicher und praxisbezogener Fragestellungen in die Forschung gezielter erfolgen muss, um Modelle anwendungsrelevanter zu gestalten.

Vertreterinnen und Vertreter von Behörden und Verbänden hoben die Notwendigkeit hervor, Modellierung als Entscheidungshilfe in der Politikberatung und zur Ausrichtung von Naturschutzmaßnahmen zu nutzen. Hierzu bedarf es insbesondere transparenter, kommunizierbarer Ergebnisse und robuster Methodenstandards. Gleichzeitig wurde auf die Rolle von



Verbänden als Datenhaltende und Schnittstelle zwischen wissenschaftlicher Entwicklung und zivilgesellschaftlichem Interesse hingewiesen.

Teilnehmende aus der Wirtschaft – insbesondere aus dem Bereich Softwareentwicklung und Planungsdienstleistungen – betonten die Relevanz tragfähiger Partnerschaften für die Operationalisierung von Modellierungsansätzen. Sie verwiesen auf ihre Rolle als Vermittelnde zwischen akademischer Forschung und verwaltungspraktischer Anwendung, etwa durch Entwicklung benutzerfreundlicher Tools, Datenplattformen oder durch langfristige Betreuung modellgestützter Verfahren.

Die Tagung zeigte: Modellierung im Naturschutz steht an einem entscheidenden Übergang – vom spezialisierten Forschungswerkzeug hin zu einem etablierten Element strategischer Planung und Umsetzung. Um dieses Potenzial systematisch zu erschließen, bedarf es einer abgestimmten Arbeitsteilung ebenso wie einer guten Zusammenarbeit zwischen den vertretenen Akteuren, verlässlicher Rahmenbedingungen, geeigneter Transferformate und gemeinsamer Standards. Die Beiträge dieser Dokumentation machen deutlich, wie vielfältig Modellierung heute schon genutzt wird – und welche Schritte notwendig sind, um ihre Möglichkeiten künftig noch umfassender im Dienste des Naturschutzes zu entfalten.

# **1 Modellierung im Naturschutz, fachliche Bedarfe, methodische Ansätze und Kernaussagen der Tagung**

## **1.1 Renaturierung und Klimawandel: Herausforderungen für den Naturschutz und die Rolle von Modellierungsansätze**

Sandra Skowronek, Jessica Ferner und Martin Freitag

Das Thema Modellierung ist aus dem Naturschutz nicht mehr wegzudenken. Modellierungen helfen uns dabei, komplexe Zusammenhänge zu verstehen und Vorhersagen zu treffen, zum Beispiel zur Verbesserung der Maßnahmenplanung im Klimawandel. Simulationen dienen dazu, verschiedene Strategien zu vergleichen, und auch für das Monitoring ist Modellierung wichtig. Es stehen für diese Fragestellungen eine Vielzahl von Modellen mit unterschiedlichem Fokus zur Verfügung: Klimamodelle, Habitatmodelle, Populationsmodelle, Ökosystemmodelle sowie die szenarienbasierte Modellierung und viele mehr. Je nach Fragestellung sollen Modelle konkrete Fragen beantworten, Optionen aufzeigen oder auch nur eine erste Einschätzung ermöglichen, die dann in der Realität überprüft werden muss.

### **Modellierung für Naturschutz im Klimawandel**

Die Tatsache, dass die Veränderungen durch den Klimawandel sich bereits aktuell aber in den nächsten Jahrzehnten noch stärker auf die Biodiversität auswirken werden, macht den Einsatz von Modellierung in diesem Themenfeld fast unumgänglich, um sich ein besseres, „greifbares“ Bild von der zu erwartenden Zukunft machen zu können. Schon bei einer globalen Temperaturerhöhung von 1,5°C ist das Ausmaß der Risiken durch den Klimawandel als „hoch“ einzuschätzen (IPCC 2018), wobei in Deutschland der Klimawandel noch vergleichsweise selten direkt als Gefährdungsursache ausgemacht wird (Metzing 2016). Auch im BfN sind daher aktuell einige Projekte geplant bzw. laufen, die sich mit dem Thema Biodiversität im Klimawandel befassen, dazu zählen u. a.

- Projekte zu möglichen Auswirkungen von Maßnahmen zur CO<sub>2</sub>-Entnahme aus der Atmosphäre (Carbon Dioxide Removal/CDR) auf die Biodiversität an Land und im Meer. Hierbei stellt sich beispielsweise die Frage, wie sich potenzielle Portfolios an bestimmten CDR-Maßnahmen auf die Landnutzung in Deutschland auswirken könnten.
- Projekte zur Modellierung der Verbreitung einheimischer und gebietsfremder Arten im Klimawandel für ausgewählte Artengruppen (voraussichtlich 2024-2027), um wirksame Biotopverbünde für Arten zu planen, die durch den Klimawandel mit einer Arealverschiebung konfrontiert werden bzw. besondere Hot-Spot Regionen für die Ausbreitung invasiver Arten zu identifizieren und hier besondere Vorsichtsmaßnahmen planen zu können.
- Projekt zur Bewertung der Klimaresilienz von Ökosystemen unter Berücksichtigung zukünftiger Klimaveränderungen (voraussichtlich 2024-2027) zur Beantwortung der Frage, welche Maßnahmen Klimaresilienz fördern können und welche Ökosysteme und Regionen zukünftig besonderer Aufmerksamkeit bedürfen.
- Projekt zur Wirksamkeit des Managements von Natura 2000-Gebieten im Klimawandel (laufend, Abschluss voraussichtlich 2025) zur Identifikation von besonders klimasensitiven Lebensraumtypen sowie zur Entwicklung von angepassten Managementmaßnahmen im Klimawandel.

## Modellierung für Wiederherstellung der Natur

Auch in der am 24. Juni 2024 formal vom Rat und Parlament unterzeichneten und im August 2025 in Kraft tretenden EU-Verordnung über die Wiederherstellung der Natur (nature restoration law), (Verordnung 2022/0195(COD), [https://environment.ec.europa.eu/topics/nature-and-biodiversity/nature-restoration-law\\_en](https://environment.ec.europa.eu/topics/nature-and-biodiversity/nature-restoration-law_en)) sind die Themen Klimawandel und Modellierung von Bedeutung. Bis 2030 sollen auf jeweils 20 % der Land- und Meeresfläche der EU wirksame und flächenbezogene Wiederherstellungsmaßnahmen ergriffen werden, bis 2050 für alle Ökosysteme, die der Wiederherstellung bedürfen. Es sollen wieder mehr Gewässer frei fließen, der Grünflächenanteil in Städten soll erhöht, der Biodiversitätsrückgang in Agrarökosystemen umgekehrt und Meereslebensräume wiederhergestellt werden. Dafür muss innerhalb von zwei Jahren ein Entwurf für einen nationalen Wiederherstellungsplan vorgelegt werden, in dem der entsprechende Umfang von Wiederherstellungsmaßnahmen geplant und eine Potenzialanalyse erstellt werden müssen. Die Durchführung der Potenzialanalyse erfolgt im Rahmen eines FuE-Vorhabens (Laufzeit voraussichtlich November 2024-November 2027). Dabei müssen auch die Auswirkungen des Klimawandels auf Lebensräume und Arten und die Relevanz von Klimaszenarien für die Planung von Wiederherstellungsmaßnahmen berücksichtigt werden. Denn die geplanten Renaturierungsmaßnahmen sollen so ausgestaltet werden, dass sie auch unter sich ändernden Umweltbedingungen noch wirksam sind. Dabei wird es zukünftig sicher häufiger als bisher notwendig sein, einmal getroffene Ziele und Maßnahmen später zu überprüfen und gegebenenfalls anzupassen. Priorität bei der Umsetzung haben nach Maßgabe der Verordnung ganz besonders auch Maßnahmen für den natürlichen Klimaschutz und die Klimaanpassung. Hierfür müssen Synergien ermittelt und wirksamen Maßnahmen Vorrang gegeben werden. Ein typisches Beispiel für eine Maßnahme mit hoher Klimawirksamkeit ist die Wiedervernässung von Mooren oder Moorböden, die aufgrund anderer Rahmenbedingungen (Akzeptanz, Kosten, Großflächigkeit), nicht immer leicht umsetzbar ist. Rahmenbedingungen, wie die sozialen und wirtschaftlichen Auswirkungen von Wiederherstellungsmaßnahmen, sind daher ebenfalls abzuschätzen und zu berücksichtigen.

## Herausforderungen für die Implementierung von Modellierung in behördliche Prozesse

Es stellt sich nun insbesondere für die Naturschutzbehörden die Frage, ob wir gut aufgestellt sind, um den oben genannten Herausforderungen adäquat zu begegnen. Die Rahmenbedingungen an Behörden sind nicht die gleichen wie an Universitäten und anderen wissenschaftlichen Einrichtungen, dennoch müssen wir den zunehmend schnelleren Veränderungen des Klimas und anderer Faktoren zukünftig Rechnung tragen. Aus unserer Sicht ergibt sich die Notwendigkeit, auch als Naturschutzbehörden wiederholt und kurzfristig Modellierungen durchführen zu können und die Ergebnisse einem breiten Anwenderkreis zur Verfügung zu stellen. Dafür sind zum Teil neue Herangehensweisen und Tools nötig. Eine Möglichkeit wäre die verstärkte Nutzung von Plattformen wie CODE-DE (<https://code-de.org/>). Andererseits sollten verstärkt Tools und Methoden, die an oder für Bundes- und Landesbehörden entwickelt wurden open source für andere Behörden und Planungsbüros zur Verfügung gestellt werden. Dabei sollte die Modellierung kein Selbstzweck sein, sondern vor allem die praktische Naturschutzarbeit unterstützen, denn: wir wissen schon jetzt genug, um handeln zu können!



Abb. 1: NaturschutzDigital – Tagung auf der Insel Vilm, 2024 (Foto: S. Skowronek)

### Literatur:

- IPCC (2018): Deutsche Übersetzung des Summary for Policymakers. In: Masson-Delmotte, V. et al. (Hrsg.): Global Warming of 1.5 °C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5 °C above preindustrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. World Meteorological Organization. Genf: 32 S. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2021/12/SR15\\_SPM\\_German.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2021/12/SR15_SPM_German.pdf). (Letzter Zugriff: 04.12.2024)
- Metzing, D. (2016): Gefährdete Arten und Klimawandel – was sagen uns die Roten Listen? In: Lozán, J. L. et al. (Hrsg.): Warnsignal Klima: Die Biodiversität. Verlag Wissenschaftliche Auswertungen: 145-151. <https://doi.org/10.2312/warnsignal.klima.die-biodiversitaet.24>.

### Kontakt:

**Dr. Sandra Skowronek\*, Dr. Jessica Ferner und Martin Freitag**

Bundesamt für Naturschutz (BfN)

Fachgebiet Nationales Naturerbe, dynamische Systeme und Klimawandel

\*[Sandra.Skowronek@BfN.de](mailto:Sandra.Skowronek@BfN.de)



## 1.2 Modellierung im Naturschutz: Forschung und Entwicklung im Überblick

Damaris Zurell

Computermodelle begleiten uns fast täglich, ob es die Wettervorhersagen sind oder die Musik- und Filmvorschläge auf Streamingdiensten. Wahrscheinlich denkt niemand von uns groß über diese Modelle nach, sondern wir nehmen sie mitunter als selbstverständlich wahr, erleichtern sie doch unseren Alltag und wir profitieren ein Stück weit von ihnen. Auch im Naturschutz könnten Computermodelle gewinnbringend eingesetzt werden und den Naturschutzalltag erleichtern.

Die Weltgemeinschaft steht vor großen Herausforderungen. Die fortschreitende Klimaerwärmung, der Artenverlust und neue Krankheiten bedrohen auch das menschliche Wohlergehen, und wir müssen neue Strategien erarbeiten, wie wir mit den Ressourcen der Erde schonend umgehen können, während wir gleichzeitig die Interessen vieler wahren. Auf dem Kunming-Montreal-Gipfel im Dezember 2022 haben die Vertragsstaaten den Globalen Biodiversitätsrahmen beschlossen, der vier übergeordnete Zielsetzungen für 2050 und 23 Handlungsziele bis 2030 festlegt. Diese umfassen unter anderem, weltweit 30 Prozent Land- und Meeresflächen unter Schutz zu stellen, zerstörte und degradierte Ökosysteme wiederherzustellen, und Biodiversitätserhalt und Klimaschutz gemeinsam zu denken. Wie nah oder weit verschiedene Länder von den Handlungszielen entfernt sind, soll über verschiedene Indikatoren erfasst werden. Für Maßnahmen zur Erreichung der Handlungsziele und für die geeignete Datenerfassung zur Berichterstattung bleibt nicht viel Zeit und wir müssen also vorhandene Ressourcen im Naturschutz gezielt und möglichst sparsam einsetzen.

### Modellanwendungen im Naturschutz

Computermodelle können verschiedene Zwecke erfüllen und daher dem Naturschutz in mindestens drei Anwendungsfeldern dienlich sein: dem Erfassen, Verstehen und Vorhersagen von Biodiversität (Abb. 2; Tekwa et al. 2023). Dabei können wir unterschiedliche Typen von naturschutzrelevanten Modellansätzen unterscheiden, die von rein statistischen zu sehr komplexen mechanistischen Modellen reichen, und von Modellen für einzelne Arten bis hin zu ganzen Ökosystemen (Zurell et al. 2022). Ich möchte nicht im Detail auf die einzelnen Ansätze eingehen. Es sei nur gesagt, dass alle diese Modellansätze ihren Nutzen und ihre Daseinsberechtigung haben, und die Wahl des richtigen Ansatzes immer auch von der Fragestellung abhängt. Hier möchte ich das Augenmerk lieber auf die verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten im Naturschutz lenken.

Bei der Erfassung von Biodiversität können Modelle helfen, Monitoringdesigns zu optimieren, geeignete Stichprobenflächen sowie die benötigten zeitlichen Replikate festzulegen, und dies für verschiedenste Monitoringmethoden unter Berücksichtigung ihrer jeweiligen Fehleranfälligkeit. Das Optimieren von Monitoringdesigns ist auch vor dem Hintergrund wichtig, dass wir nicht einfach nur Biodiversität erfassen wollen – was schwer genug ist – sondern wir wollen Trends erkennen, ob wir den Handlungszielen für 2030 näherkommen. Aus früheren Studien wissen wir zum Beispiel, dass wir positive Verbreitungstrends einfacher nachweisen können als negative Verbreitungstrends (Southwell et al. 2023). Modelle können hier helfen, die benötigte räumliche und zeitliche Stichprobenanzahl festzulegen, damit wir Biodiversitätstrends mit einer bestimmten Sicherheit (in der Statistik reden wir von Teststärke) erfassen.

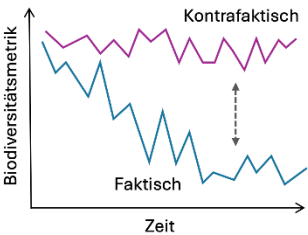
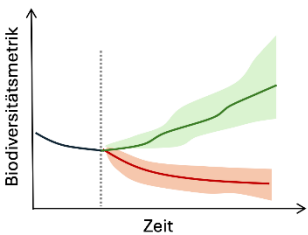
Erfassen: Monitoring	Verstehen: Detektion & Attribution	Vorhersagen: Managementszenarien
<p>Optimieren des Wo, Wie und Wann:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Räumliches Monitoring-Design</li> <li>• Monitoring-Methoden</li> <li>• Zeitliche Replikate</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Detektion</i>: Veränderungen identifizieren</li> <li>• <i>Attribution</i>: Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge identifizieren</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erkunden und optimieren alternativer Managementszenarien</li> </ul> 

Abb. 2: Typische Anwendungsfelder für Computermodelle im Naturschutz (Eigene Darstellung)

Grundsätzlich sind Modelle auch immer ein Werkzeug, um Zusammenhänge besser zu verstehen. Wir beobachten Phänomene und suchen für diese nach Erklärungen. Modelle erlauben, diese Erklärungen nach ihrem Wahrheitsgehalt zu prüfen, indem wir die vermuteten Mechanismen und Einflussfaktoren im Modell nachbauen und testen, ob diese die beobachteten Phänomene akkurat abbilden können. Um den Artenverlust und die Zunahme invasiver Arten und Krankheiten zu stoppen, müssen wir vor allem die Wirkungsfaktoren verstehen und diese eindämmen. In der sogenannten Attributionsforschung werden Modelle gezielt dafür eingesetzt, um Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge zu identifizieren und zu quantifizieren, welchen Beitrag einzelne Wirkungsfaktoren auf beobachtete Trends hatten (Gonzalez et al. 2023). Dazu vergleichen wir Trends zu einer sogenannten kontrafaktischen Referenz. Das können ungestörte Ökosysteme sein, in denen die vermuteten Wirkungsfaktoren keinen Einfluss hatten, oder aber wir können Modelle verwenden, um zu berechnen, wie sich die Biodiversitätstrends entwickelt hätten, wenn sich zum Beispiel die Mitteltemperaturen oder der Nitratgehalt in der Luft über den Untersuchungszeitraum nicht erhöht hätten. Das Wissen um die Wirkungsfaktoren ist wichtig, um deren negativen Einfluss durch geeignete Maßnahmen einzudämmen oder zu stoppen.

Sobald Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge hinlänglich verstanden sind, können Modelle für Vorhersagen eingesetzt werden, zum Beispiel unter Szenarien fortschreitenden globalen Wandels. Für den Naturschutz besonders relevant ist es, die Wirksamkeit verschiedener Managementszenarien zu testen oder den räumlichen und zeitlichen Einsatz verschiedener Managementmaßnahmen für die Erreichung bestimmter Zielsetzungen zu optimieren. So können Modelle den potenziellen Erfolg von Wiederansiedlungsmaßnahmen bedrohter Tier- und Pflanzenarten abschätzen (Ovenden et al. 2019), den zeitlichen Ablauf der Unterschutzstellung verschiedener Habitate planen, um natürliche Wiederausbreitung bedrohter Arten zu unterstützen (Pratzer et al. 2023), oder den relativen Nutzen verschiedener Maßnahmen gegeneinander abzuwägen (Bleyhl et al. 2021). Während die genannten Beispiele vor allem den Naturschutz im Sinn hatten, können Modelle natürlich auch helfen, Interessen des Naturschutzes und ökonomische Interessen gemeinsam zu optimieren. So nutzen wir in dem durch die Europäische Union geförderten Projekt Birdwatch (<https://birdwatch-europe.org/>) Modelle zur

Optimierung landwirtschaftlicher Praktiken, mit dem Ziel, sowohl die Habitateignung für Agrarvögel und die Artenvielfalt zu verbessern als auch den Landwirten ein erträgliches Einkommen zu ermöglichen. Eines der Ziele des Globalen Biodiversitätsrahmens ist es, Biodiversitätserhalt und Klimaschutz gemeinsam zu denken. Hier können Modelle eine wichtige Rolle spielen, um mögliche Interessenskonflikte zwischen Artenschutz und Klimaschutz zu erkennen und die Maßnahmen in beiden Bereichen entsprechend aufeinander abzustimmen (Hof et al. 2018).

### Ausblick - Quo vadis

Die genannten Beispiele liefern nur einen kleinen Einblick in den möglichen Nutzen von Modellen im Naturschutz. Am größten ist der Nutzen, wenn alle diese drei Anwendungsfelder miteinander verknüpft werden. Die einzelnen Schritte von der Beobachtung eines Phänomens zur Bildung eines Modells und zur Vorhersage sollten nie nur unidirektional sein, sondern als ein Zyklus betrachtet werden. Neue Daten können immer auch neue Erkenntnisse bringen, der Erfolg von vorgeschlagenen Managementmaßnahmen sollte durch Monitoring überprüft und die Maßnahmen gegebenenfalls nachjustiert werden. So können Modelle effektiv adaptive Managementstrategien unterstützen. Eine Herausforderung ist dabei sicherlich, verschiedenste Interessen gleichzeitig abzuwägen, da oftmals Kompromisse nötig sind zur Erhaltung von Arten mit unterschiedlichen Ansprüchen oder zur Lösung von Interessenskonflikten. Rasante Entwicklungen im Bereich der Künstlichen Intelligenz bieten hier großes Potenzial, komplexe Entscheidungsprozesse zu unterstützen.

Wie können Wissenschaft und Praxis sich in diesem Zusammenhang sinnvoll unterstützen? Der Wissenschaft fällt hier sicher die Aufgabe zu, Modellwerkzeuge einfacher zugänglich zu machen. Die Bereitstellung als Open Source sollte mittlerweile ein Muss sein, aber dazu gehört auch die Bereitstellung geeigneter Schulungsmaterialien sowie Handlungsanweisungen zur adäquaten Nutzung und Definition von Standards. Der Transfer in die Praxis kann auch durch die Entwicklung von einfach zu bedienenden Software-Paketen erleichtert werden. Ein enger Austausch mit der Praxis ist dafür unerlässlich. Die Praxis kann zukünftige Entwicklungen anregen und begleiten, zum Beispiel in Co-Design-Prozessen, um die Praxisrelevanz von Modellen und Modellberechnungen sowie die Benutzerfreundlichkeit von Modellwerkzeugen sicherzustellen.

### Literatur

- Bleyhl, B., et al. (2021): Reducing persecution is more effective for restoring large carnivores than restoring their prey. *Ecological Applications* 31 (5): e02338. DOI: 10.1002/eap.2338.
- Gonzalez, A., Chase, J. M. and O'Connor, M. I. (2023): A framework for the detection and attribution of biodiversity change. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 378: 20220182. DOI: 10.1098/rstb.2022.0182.
- Hof, C., et al. (2018): Bioenergy cropland expansion may offset positive effects of climate change mitigation for global vertebrate diversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 115 (52): 13294–13299. DOI: 10.1073/pnas.1807745115.
- Ovenden, T. S., et al. (2019): Improving reintroduction success in large carnivores through individual-based modelling: How to reintroduce Eurasian lynx (*Lynx lynx*) to Scotland. *Biological Conservation* 234: 140–153. DOI: 10.1016/j.biocon.2019.03.035.
- Pratzer, M., et al. (2023): Large carnivore range expansion in Iberia in relation to different scenarios of permeability of human-dominated landscapes. *Diversity and Distributions* 29 (1): 75–88. DOI: 10.1111/ddi.13645.



Southwell, D., et al. (2023): Designing a large-scale track-based monitoring program to detect changes in species distributions in arid Australia. *Ecological Applications* 33 (2): e2762. DOI: 10.1002/eap.2762.

Tekwa, E., et al. (2023): Detecting and attributing the causes of biodiversity change: needs, gaps and solutions. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 378: 20220181. DOI: 10.1098/rstb.2022.0181.

Zurell, D., et al. (2022): Spatially explicit models for decision-making in animal conservation and restoration. *Ecography* 4: e05787. DOI: 10.1111/ecog.05787.

#### Kontakt:

##### **Prof. Dr. Damaris Zurell**

Lehrstuhl für Ökologie & Makroökologie, Institut für Biochemie und Biologie,  
Universität Potsdam

[damaris.zurell@uni-potsdam.de](mailto:damaris.zurell@uni-potsdam.de)

### 1.3 Modellierungen im Naturschutz vor dem Hintergrund von Renaturierung und Klimawandel – Kernaussagen und Zusammenfassung der Diskussion

Christian Schneider, Jessica Ferner, Jonathan Ruhm und Merlin Schäfer

Modellierungsansätze haben sich als ein wichtiges Werkzeug in der Biodiversitätsforschung und im Naturschutz etabliert, insbesondere für die Analyse ökologischer Systeme, die Prognose von Umweltveränderungen und zunehmend zur Unterstützung in Entscheidungshilfesystemen. Die vom Bundesamt für Naturschutz organisierte Tagung Naturschutz Digital 2024 widmete sich der praxisnahen Anwendung solcher Modellierungsansätze. Im Fokus stand einerseits die Präsentation naturschutzfachlicher Bedarfe vor dem Hintergrund von Klimawandel und Renaturierung, sowie andererseits das Vorstellen und Systematisieren bestehender Modellierungsansätze. Dafür wurden aktuelle Projektbeispiele vorgestellt und zentrale Handlungsfelder diskutiert, die eine effektive Nutzung von Modellierung im Naturschutz fördern können. Dieser Artikel fasst die wesentlichen Ergebnisse und Diskussionen der Tagung in Form von Kernaussagen zusammen und beleuchtet die künftigen Anforderungen an den Einsatz von Modellierungsmethoden im Naturschutz.

**Kernaussage 1: Vor dem Hintergrund von steigenden Renaturierungsbedarfen und verstärkt wahrnehmbaren Folgen des Klimawandels besteht zunehmend die fachliche Notwendigkeit, Modellierung im Naturschutz einzusetzen.**

Die Bewältigung der Doppelkrise – fortschreitender Klimawandel und Biodiversitätsverlust – stellt eine der größten Herausforderungen unserer Zeit dar. Sie zeichnet sich durch eine hohe Dynamik und komplexe Wechselwirkungen aus, die oft durch synergistische Effekte verschiedener Einflussgrößen verstärkt werden. Angesichts dieser Entwicklungen wird die Notwendigkeit, vorausschauend zu handeln und die Wirkung von Maßnahmen vorab einschätzen zu können, immer dringlicher.

Modellierung bietet in diesem Kontext wertvolle Werkzeuge, um komplexe Fragestellungen zu adressieren, die aus der Dynamik der genannten Krisen sowie deren zugrundeliegender Ursachen resultieren. Modellierungsansätze ermöglichen in diesem Zusammenhang:

- A.** die Analyse beobachteter Biodiversitäts- und Klimaveränderungen auf verschiedenen räumlichen Skalen sowie deren Einflussgrößen;
- B.** die Überwachung aktueller sowie die Abschätzung zukünftiger Veränderungen;
- C.** die Erarbeitung effektiver Handlungsoptionen für Politikberatung und die Umsetzung von naturschutzrelevanten Maßnahmen;
- D.** eine verbesserte interdisziplinäre Zusammenarbeit, da sie für eine erfolgreiche Implementierung unterschiedliche Akteure und Fachbereiche zusammenbringt.

Ein zentraler Nutzen der Modellierung liegt in der Fähigkeit, mögliche Szenarien zu simulieren und deren potenzielle Auswirkungen auf Biodiversität zu bewerten. Dies ist erforderlich, um fundierte Entscheidungen zu treffen und effektive Maßnahmen zu planen, die dem komplexen und dynamischen Charakter der Herausforderungen gerecht werden. Vor diesem Hintergrund erweist sich die Integration von Modellierungsmethoden in den Naturschutz nicht nur als wünschenswert, sondern als fachliche Notwendigkeit, um dem Biodiversitätsverlust und den Auswirkungen des Klimawandels wirksam zu begegnen.

Mit der Verabschiedung der EU-Wiederherstellungsverordnung rückte das Themenfeld Renaturierung von Ökosystemen als eine Krisenlösungsstrategie verstärkt in den Fokus. In diesem Zusammenhang sind Modellierungsansätze nahezu unverzichtbar, um ökologisch und ökonomisch nachhaltige Strategien zur Wiederherstellung großer Flächen von Ökosystemen zu entwickeln. Indem sie es ermöglichen die Interaktion zwischen biologischen, klimatischen und menschlichen Einflussfaktoren nachzubilden, lassen sich Potenzialräume identifizieren, in denen Renaturierungsmaßnahmen nötig sind und lässt sich zugleich die potenzielle Wirksamkeit von Maßnahmen einschätzen. Außerdem muss entsprechend der Vorgaben der EU-Wiederherstellungsverordnung sichergestellt werden, dass Wiederherstellungsmaßnahmen so konzipiert werden, dass sie auch unter dem zunehmenden Einfluss des Klimawandels ihre Wirksamkeit erhalten. Diese Informationen sind wichtige Grundlagen zur Politikberatung, Planung und Umsetzung von Renaturierungsmaßnahmen.

**Kernaussage 2: Das Interesse und die Aufgeschlossenheit gegenüber Modellierung als Instrument des praktischen und behördlichen Naturschutzes nehmen zu.**

Die Notwendigkeit von Modellierungsansätzen wird in Behörden und Naturschutzorganisationen zunehmend anerkannt. Besonders gefragt sind Modelle, die zur Prognose ökologischer Zustände, zur Wirkungsabschätzung und zur Umsetzung konkreter Naturschutzmaßnahmen dienen. Die Anwendungen reichen von Habitatmodellierungen über Risikoanalysen für Schutzgebietssysteme im Klimawandel bis hin zur Identifizierung von Konflikt- und Potenzialräumen zwischen Naturschutz und weiteren Landnutzungsanforderungen, wie dem Ausbau erneuerbarer Energien. Aber auch ökonomische Modellansätze finden zunehmend den Eingang in naturschutzfachliche Themenfelder. All diese Themenfelder finden sich in den Beiträgen der Teilnehmenden dokumentiert.

Einige Behörden und Verbände setzen Modellierungsprojekte bereits erfolgreich selber um, anstatt die jeweiligen Fragestellungen von externen Auftragnehmenden bearbeiten zu lassen. Es ist allerdings zu beobachten, dass nur wenige Akteure dabei einer umfassenden Strategie folgen. Vielmehr hängt der Einsatz von Modellierungsansätzen oft von Einzelpersonen ab, die ihre Expertise einsetzen. Mit dem anhaltenden Generationenwechsel bei den Mitarbeitenden im Naturschutz steigt inzwischen die Zahl derjenigen, die in ihrer Ausbildung oder durch vorherige Tätigkeiten methodische Expertise in der Modellierung erworben haben. Zuleich befinden sich mehrere Behörden und Naturschutzverbände bereits in einer Konzeptionsphase zum strategischen Aufbau eigener Modellierungskompetenzen und Rahmenwerke, sodass zukünftig mit einem verstärkten Einsatz von Modellierungsmethoden durch Behördenmitarbeitende zu rechnen ist. Insbesondere für wiederkehrende Analysen und zur Betreuung zunehmend komplexer Forschungsprojekte sind diese innerbehördlichen methodischen Kompetenzen sehr nutzbringend (vgl. [Wenta](#) und [Keidel](#)). Die beschriebene Entwicklung kann weiterhin dabei helfen, ein bislang ungenutztes Potential zu heben, denn Behörden und Fachgesellschaften liegen teils sehr umfangreiche Datensammlung vor. Diese stammen zum Beispiel aus Erhebungen, die zur Erfüllung von Berichtspflichten genutzt wurden. Im Rahmen der NaturschutzDigital 2024 wurde vielfach die Bereitschaft und der Bedarf geäußert, diese Datenbestände auch zur Modellierung von Ökosystemzuständen und Prognosen zu nutzen, insbesondere vor dem Hintergrund des sich wandelnden Klimas, der wachsenden Flächenkonkurrenzen und der angestrebten Renaturierungsziele.

Trotz der zunehmenden Akzeptanz bestehen weiterhin aber auch Unsicherheiten und Vorbehalte gegenüber der praktischen Anwendbarkeit in der Naturschutzpraxis und der Verlässlichkeit und Aussagekraft von Modellen. Weiterhin werden Herausforderungen bei der

Kommunikation von Modellergebnissen gesehen, z. B. im Rahmen der Politikberatung. Diesbezüglich besteht weiterhin ein großer Bedarf an Wissensaufbau über die Möglichkeiten und Grenzen von Modellierungsansätzen, um deren konstruktiven Einsatz zu fördern. Ein Blick auf die Erfahrungen im Bereich der Klimavorhersagen kann hier wertvolle Anregungen geben.

Modellierung wird also zunehmend als etabliertes Werkzeug des Naturschutzes wahrgenommen. Um sie jedoch operativ und langfristig im Naturschutz zu verankern, sind geeignete Rahmenbedingungen erforderlich. Neben personeller und fachlicher Unterstützung spielen auch rechtliche Rahmenbedingungen eine Rolle, um den Einsatz von Modellen langfristig abzusichern und die Ergebnisse in Entscheidungsprozesse einfließen zu lassen.

### **Kernaussage 3: Modellierung wird bereits im praktischen und behördlichen Naturschutz eingesetzt.**

Die NaturschutzDigital 2024 bot einen umfassenden Überblick über bereits laufende Modellierungsprojekte sowie Prozesse, die darauf abzielen, Modellierungsergebnisse zukünftig produktiv von Behörden und Naturschutzakteuren nutzbar zu machen. Vorgestellt wurden verschiedene Ansätze, die entweder von den Behörden selber oder von Auftragnehmenden aus der Wissenschaft und Wirtschaftsunternehmen eingesetzt werden.

Es wurde bei den Ausführungen deutlich, dass bislang keine systematische Übersicht existiert, welche die im behördlichen und praktischen Naturschutz verwendeten Modellierungsansätze sowohl methodisch als auch inhaltlich strukturiert darstellt. Für eine zukünftige Erstellung einer solchen Übersicht kann auf die methodisch und Anwendungsfeld-orientierten Gliederungen verschiedener Modellansätze von Zurell und Mercker in dieser Dokumentation zurückgegriffen werden. Solche Gliederungsansätze sind vor allem für den Wissens- und Erfahrungstransfer wissenschaftlicher Methoden an Behördenmitarbeitende und in naturschutzfachliche Anwendungen wichtig. Sie sind darüber hinaus wichtig, um die Rahmenbedingungen für den Einsatz von Modellierungsansätzen in den Behörden strategisch weiterzuentwickeln.

Auf der NaturschutzDigital 2024 wurden v. a. statistische Modelle und Ansätze des maschinellen Lernens, aber auch mechanistische Modellansätze vorgestellt. Fachlich wurden dabei häufig Arealverbreitungsmodelle und deren Bedeutung für den behördlichen Naturschutz thematisiert. Beispielhaft siehe hier die Beiträge von Bald und Gottwald und Schröder-Esselbach.

In den meisten der vorgestellten Projekte haben die naturschutzfachlichen Fragestellungen eine Prognose notwendig gemacht, die auf einer Vielzahl möglicher Einflussfaktoren beruht. Beispiele, in denen Modellierungsansätze zur sogenannten Attribution genutzt werden, also um den Einfluss bestimmter Einflussgrößen auf beobachtete Muster zu untersuchen, spielen im praktischen Naturschutz bislang nur eine untergeordnete Rolle. Sie sind jedoch für die wissenschaftliche Grundlagenforschung sehr wichtig (vgl. Beitrag Zurell).

Zahlreiche weitere wichtige Anwendungsfelder für Modellierung im Naturschutz waren auf der Tagung nur randlich vertreten, wie etwa Populationsbewertungsanalysen, Konnektivitätsuntersuchungen von Landschaften oder ökonomische Modellierungsansätze.

### **Kernaussage 4: Zukünftig könnte die Modellierung (weitere) vielfältige Aufgaben im praktischen und behördlichen Naturschutz erfüllen.**

Die Beiträge zur Tagung fokussierten zum großen Teil auf den praktischen Nutzen von Modellen für konkrete Anwendungsfälle im Naturschutz. Die bereits existierenden Methoden können demnach genutzt werden, um beispielsweise:

- Naturbeobachtung und Monitoring zeitlich und räumlich zu optimieren,
- Änderungen zu detektieren,
- Ursache-Wirkungszusammenhänge zu klären durch Attribution und darauf aufbauend ziel-führende Handlungsoptionen nahelegen,
- Managementszenarien zu erkunden und zu optimieren,
- Mittels statistischer Interferenz Verlässlichkeiten von Schätzungen zu hinterfragen,
- Prognosen bzgl. der Auswirkung von äußeren Einflüssen wie dem Klimawandel oder direktem menschlichem Handeln auf Natur und Biodiversität zu geben,
- Und Interpolationen von Datenlücken vorzunehmen, z. B. von Bestandsgrößen oder Ver-breitungen.

Modellierungsansätze werden also zunehmend überall dort als Werkzeuge zum Einsatz kommen, wo räumliche, zeitliche oder inhaltliche Prognosen zur Entscheidungsunterstützung notwendig sind. Dafür ist eine konstruktive und zugleich kritische Auseinandersetzung mit den zur Verfügung stehenden Methoden notwendig, die sich in dem in der Statistik weit verbreiteten Ausspruch „all models are wrong, but some are useful“ ausdrückt, welcher dem britischen Statistiker George Box zugesprochen wird.

**Kernaussage 5: Aus wissenschaftlicher Sicht ist die Modellierung ausgereift für eine Operationalisierung und einen (stärkeren) Transfer in die Praxis.**

Auf der Tagung bestand allgemeiner Konsens darüber, dass die wissenschaftlichen Grundlagen inzwischen so weit entwickelt sind, dass Modellierungsansätze die Arbeit von Behörden und Naturschutzorganisationen produktiv unterstützen können (vgl. Beitrag [Zurell](#)). In einigen Fällen wird der Naturschutz auf sie auch nicht mehr verzichten können. Um eine größere Praxisrelevanz zu erreichen, ist es wichtig den Transfer der wissenschaftlich-methodischen Möglichkeiten in die Prozesse und Arbeitsweisen des behördlichen Naturschutzes strategisch noch weiter zu intensivieren. Ebenfalls sehr wichtig ist eine Rückkopplung der Bedarfe aus dem behördlichen und praktischen Naturschutz in Richtung der Wissenschaft, damit die Entwicklung und Forschung sich zielgerichtet an den aktuellen Bedarfen orientieren kann.

**Kernaussage 6: Es müssen mehr Formate für den Methoden- und Wissenstransfer zwischen verschiedenen fachlichen und beruflichen Communities geschaffen werden**

Eine Herausforderung für den erfolgreichen Einsatz von Modellierungsmethoden im behördlichen und praktischen Naturschutz besteht darin, die Zusammenarbeit unterschiedlicher fachlicher und beruflicher Communities zu intensivieren. In diesem Zusammenhang müssen methodische und epistemologische Fragestellungen sowie Aufgaben und Zwecke für Modellierungsansätze geklärt werden. Dieses Spannungsfeld wird beispielsweise zwischen empirisch arbeitenden Ökolog\*innen und Modellierer\*innen deutlich, aber auch zwischen behördlichen und akademischen Akteuren.

Vor diesem Hintergrund geraten also die Rahmenbedingungen für einen produktiven Austausch, Wissens- und Erfahrungstransfer sowie eine verstärkte Kooperation in den Fokus. Bislang fehlen geeignete Formate für diese wechselseitige Verständigung noch weitgehend. Auf der NaturschutzDigital 2024 wurde in diesem Zusammenhang vor allem diskutiert, wie einerseits die naturschutzfachlichen Fragestellungen und die passenden wissenschaftlichen Methoden „zueinander finden“ und andererseits welche geeigneten Austauschformate bereits existieren. So entwickeln das BfN und das Labor für Künstliche Intelligenz und Big Data am UBA inzwischen beispielsweise strukturierte Prozesse zur Identifizierung von behördlichen Use

Cases. Weiterhin nutzen eine Reihe von Behörden wissenschaftliche Austauschformate wie Kolloquien, um zumindest schlaglichtartig neue methodische Ansätze bekannt zu machen. In den Diskussionen wurden darüber hinaus einerseits behördliche Tagungen und andererseits eigene Sessions auf wissenschaftlichen Fachtagungen vorgeschlagen, die explizit für den Methodentransfer von der Forschung in den praktischen Naturschutz genutzt werden, wie sie beispielsweise auf dem Feld der Fernerkundung inzwischen verbreitet sind. Ferner wurden Public-Private-Partnerschaften diskutiert als ein geeignetes Format der gegenseitigen Vermittlung von naturschutzfachlichen Bedarfen und geeigneten Methoden.

**Kernaussage 7: Ein gelungener Transfer der Modellierung in die Naturschutzpraxis stellt zusätzliche Anforderungen an Wissenschaft und Behörden: Arbeitsteilig für eine erfolgreiche Anwendung.**

Ein erfolgreicher Transfer von Modellierungsmethoden aus der wissenschaftlichen Grundlagenforschung in den behördlichen und praktischen Naturschutz stellt Behörden, Verbände, Wissenschaft und Unternehmen vor unterschiedliche Herausforderungen.

**Von Seiten der Naturschutzbehörden** ist es wichtig, dass ihre naturschutzfachlichen Fragestellungen sowie ihre organisatorischen und technischen Anforderungen bei der Umsetzung von Modellierungsansätzen klar adressiert werden. Des Weiteren müssen behördliche Finanzierungs- und Förderinstrumente so weiterentwickelt werden, dass es möglich ist, Methoden- und Anwendungsentwicklungen jenseits des sog. „Wasserfallmodells“ mit starr vordefinierten Start- und Endpunkten und stattdessen in gegenseitigen Aushandlungs- und Entwicklungsprozessen voranzutreiben.

Weiterhin ist es wichtig, dass geeignete Analyse- und Modellierungsmethoden verstärkt auch „Inhouse“, also von Mitarbeitenden in den Behörden eingesetzt werden können. Die Gründe dafür sind vielfältig. Einerseits benötigen Behörden zunehmend zeitnahe Ergebnisse für komplexe Fragestellungen und müssen zudem in der Lage sein, diese auch gut einordnen und kommunizieren zu können. Andererseits unterliegen Behörden einem geringeren Weiterentwicklungsdruck hinsichtlich ihrer genutzten Methoden als dies bei wissenschaftlichen Akteuren der Fall ist. Aus ihrer Perspektive ist es meist wichtiger, für kontinuierliche Aufgaben etablierte und robuste Methoden gleichbleibend, langfristig und reproduzierbar anzuwenden. Kontinuierliche Innovation und Weiterentwicklung von Methoden und Modellen ist aus Behördenperspektive nachrangig. Ein weiterer wichtiger Aspekt für behördliche Inhouse-Modellierung ist der Bedarf, Methodenkompetenz und Expertise in der Kommunikation von Ergebnissen und Unsicherheiten in Behörden selbst aufzubauen. Bislang ist zu beobachten, dass häufig auch im Falle von wiederkehrenden Aufgaben Expertise extern z. B. von Wissenschaftsakteuren eingekauft wird, obwohl es für letztere wiederum im akademischen Betrieb wenig Anreize gibt, diese langfristig und ohne stetige Weiterentwicklung anzuwenden.

Über die Expertise und die Verfügbarkeit passender Methoden hinaus stellen die infrastrukturellen Voraussetzungen viele, v. a. nachgeordnete, Naturschutzbehörden vor große Herausforderungen.

**Wissenschaftliche Akteure** haben einerseits ein großes Interesse daran, dass Methoden, die zumeist in Projektkontexten entwickelt werden, nachhaltig Eingang in behördliches Handeln finden. Im Rahmen der extramuralen Ressortforschung schreiben Behörden ihre fachlichen Fragen aus, und es wird den Auftragnehmenden, häufig aus der Wissenschaft, überlassen, auf diese Fragen die passenden Lösungen zu finden. Häufig ist es dabei aber nicht vorgesehen, dass die organisatorischen Anforderungen von Behörden bereits mit in die Projektkonzeption



einfließen, was den anschließenden Transfer erschwert. Darüber hinaus sind die Produkte wissenschaftlicher Projekte häufig nicht geeignet, um von Behördenmitarbeitenden selber angewendet zu werden. Das ist nach der Logik des Wissenschaftsbetriebes auch nicht ihre Aufgabe, ebenso wenig wie die langfristige, gleichbleibende Anwendung bestehender Methoden. Daraus ergibt sich häufig eine Lücke zwischen der wissenschaftlichen eher prototypischen Entwicklung von Modellierungsansätzen und ihrer Anwendbarkeit durch behördliche Naturschutzakteure oder Verbände. Es ist zu diskutieren, ob wissenschaftsnahe Transferstellen oder Unternehmen an dieser Stelle zukünftig eine wichtigere Rolle übernehmen können und welche Förder- und Finanzierungsmodelle dafür notwendig sind.

Für das Ziel, Modellierungsmethoden als Werkzeuge für den behördlichen und praktischen Naturschutz zu etablieren, spielen wissenschaftlich Akteure dennoch eine sehr wichtige Rolle. Sie sind die maßgeblichen Akteure, um neue Methoden zu entwickeln, Qualitätskriterien und Interpretationsansätze zu liefern, den aktuellen Stand des Wissens und der Technik aufzuarbeiten, aber auch, um die Standardisierung von Modellierungsmethoden und Infrastrukturen weiterzuentwickeln.

**Unternehmen**, wie zum Beispiel Planungsbüros oder Softwareentwickelnde, können hier eine wichtige Rolle beim Transfer von Methoden spielen. Sie sind geeignete Akteure, um die Produkte der insbesondere auf neuartige und eigenständig entwickelte Methoden fokussierten wissenschaftlichen Akteure in die stark zweckgebundenen, robusten Anwendungen zu überführen, welche Behörden benötigen. Des Weiteren werden sie auch zukünftig wichtige Akteure sein für methodische und technische Expertise einerseits und wissenschaftsbasierte Dienstleistungen andererseits, denn es liegt in ihrem Interesse, komplexe aber auch kontinuierliche Aufgaben zu übernehmen. Das wurde auch in den Diskussionen auf der Naturschutz Digital deutlich. Vor allem aufwendige, spezialisierte und komplexe Modellierungsansätze und deren tendenziell langfristige Wiederverwendung kann demnach am besten durch spezialisierte Unternehmen abgedeckt werden, ohne dass es zu einem Interessenskonflikt mit Behörden oder wissenschaftlichen Akteuren kommt (vgl. [Mercker](#), [Zeibig](#), [Bald und Gottwald](#)). Ein weiteres zunehmend wichtiges Arbeitsfeld insbesondere für Unternehmen liegt im Transfer wissenschaftlicher Methoden in nutzungsorientierte Anwendungen.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass die NaturschutzDigital 2024 einen ersten Einstieg in die Diskussion darüber bot, mit welcher idealtypischen Arbeitsteilung der Transfer und die Nutzung von Modellierungsansätzen in den praktischen und behördlichen Naturschutz gelingen kann. Dennoch sind weitere Diskussionen diesbezüglich notwendig. Sie müssten u. a. der bisweilen sehr deutlichen Differenzierung der genannten Akteursgruppen – von Bundes- bis Kommunalbehörden oder Fachhochschulen über Universitäten bis hin zu Großforschungseinrichtungen – gerecht werden.

## Kontakt

**Dr. Christian Schneider\*, Dr. Jessica Ferner, Jonathan Ruhm und Dr. Merlin Schäfer**

Bundesamt für Naturschutz (BfN)

[\\*Christian.Schneider@BfN.de](mailto:Christian.Schneider@BfN.de)



---

## **2 Session I: Aktivitäten, Bedarfe und Rahmenbedingungen aus Behördenperspektive**

### **2.1 Risikoanalyse des Schutzgebietssystems in Rheinland-Pfalz im Klimawandel**

Lisa Keidel

#### **Hintergrund und Zielsetzung**

Das rheinland-pfälzische Schutzgebietssystem ist ein wichtiges Instrument des Naturschutzes zum Erhalt der Biologischen Vielfalt. Einerseits sind die Schutzgebiete mit ihren Schutzgütern den Folgen des Klimawandels ausgesetzt, andererseits bieten intakte Ökosysteme ein wesentliches Potential zum natürlichen Klimaschutz und können die Folgen des Klimawandels abpuffern.

Ob die Funktionsfähigkeit der Schutzgüter erhalten bleibt, hängt entscheidend von der Durchlässigkeit der Landschaftsmatrix (innerhalb und außerhalb von Schutzgebieten) ab, um die Verbreitung von Arten in klimatisch günstigere Gebiete zu ermöglichen und den Erhalt der genetischen Vielfalt zu fördern.

Eine mögliche neue Struktur und Zusammensetzung von Lebensgemeinschaften im Klimawandel kann Ökosysteme modifizieren (Pecl et al. 2017). Dabei sind die möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf Schutzgebiete aufgrund der Kaskadeneffekte verschiedener biologischer Ebenen (Scheffers et al. 2016), sowie durch die Interaktion mit anderen Stressoren (Schulze et al. 2018), sehr komplex und stellen Entscheidungsträger vor Herausforderungen bei der Ausrichtung und Planung von Naturschutzmaßnahmen und -strategien.

Gemäß dem Vorsorgeprinzip ist es dennoch für ein vorausschauendes Handeln im Naturschutz erforderlich, zu bestimmen, wie vulnerabel Schutzgebiete gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels sind, um mögliche Risiken und Handlungsoptionen abzuleiten. Dabei wirkt sich der Klimawandel regional als auch lokal unterschiedlich auf die Schutzgüter aus, sodass sogenannte Konflikt Räume mit hoher Vulnerabilität zu lokalisieren sind (vgl. Abb. 2). Darüber hinaus bietet die Identifizierung von möglichen Klimarefugien der Biodiversität ein großes Potential für die Weiterentwicklung des landesweiten funktionalen Biotopverbundes und Schutzgebietssystems. Diese Ziele sollen mit der vom Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz derzeit in der Entwicklung befindlichen „Risikoanalyse des Schutzgebietssystems im Klimawandel“ unterstützt werden.

#### **Konzept der Vulnerabilität von Schutzgebieten im Klimawandel**

Wesentlicher Bestandteil der o.g. Risikoanalyse ist das Konzept für die Bewertung der „Vulnerabilität“ auf der Ebene einzelner Schutzgebiete im Klimawandel.

Vulnerabilität, im Sinne der Verwundbarkeit eines Schutzgebietes im Klimawandel, stützt sich auf ein theoretisches Modell, welches sich an der Definition des 4. Sachstandsberichtes des Weltklimarates (IPCC) (Parry et al. 2007) orientiert.

Demnach resultiert Vulnerabilität gegenüber dem Klimawandel aus der Interaktion der drei Komponenten: Exposition (A), Sensitivität (B) und Anpassungskapazität (C) (siehe Abb. 1).

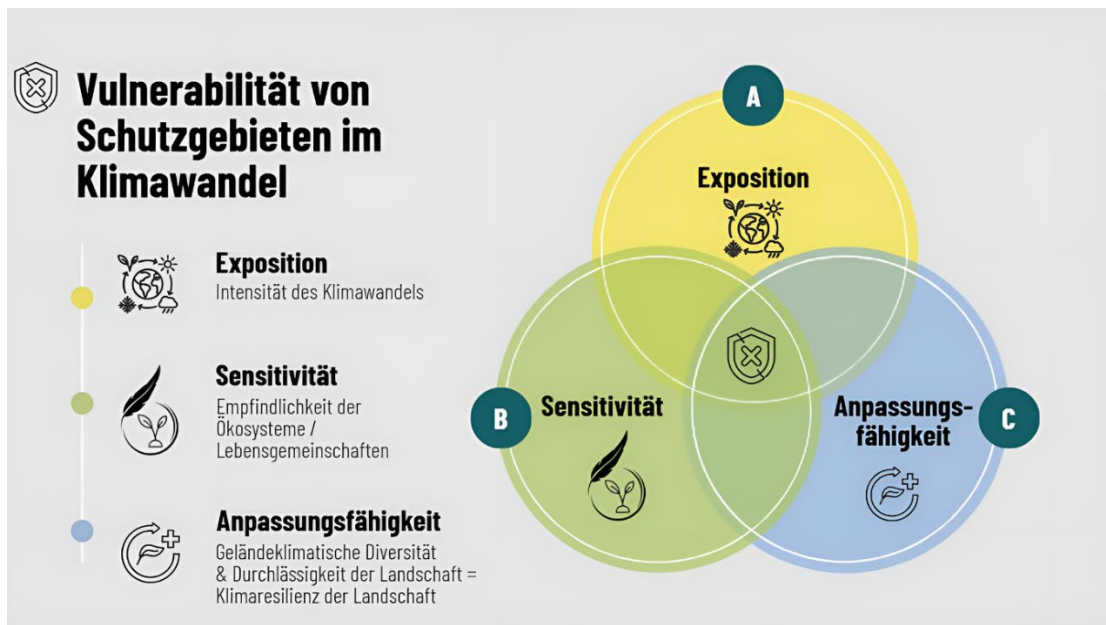


Abb. 1: Theoretisches Konzept der Vulnerabilität von Schutzgebieten im Klimawandel in Anlehnung an Parry et al. 2007; Icons: Adobe stock

Für die einzelnen Komponenten der Vulnerabilität werden derzeit am Beispiel der Modellregion Biosphärenreservat Pfälzerwald geeignete Analyse- und Bewertungsmethoden recherchiert und erprobt.

Ziel ist es, analog zu Abb. 2, eine strukturierte und systematische räumliche Analyse über die beeinflussenden Aspekte der Vulnerabilität anhand einzelner Layer der Komponenten zu ermöglichen, als auch eine möglichst aggregierte räumliche Bewertung der Vulnerabilität von Schutzgebieten.

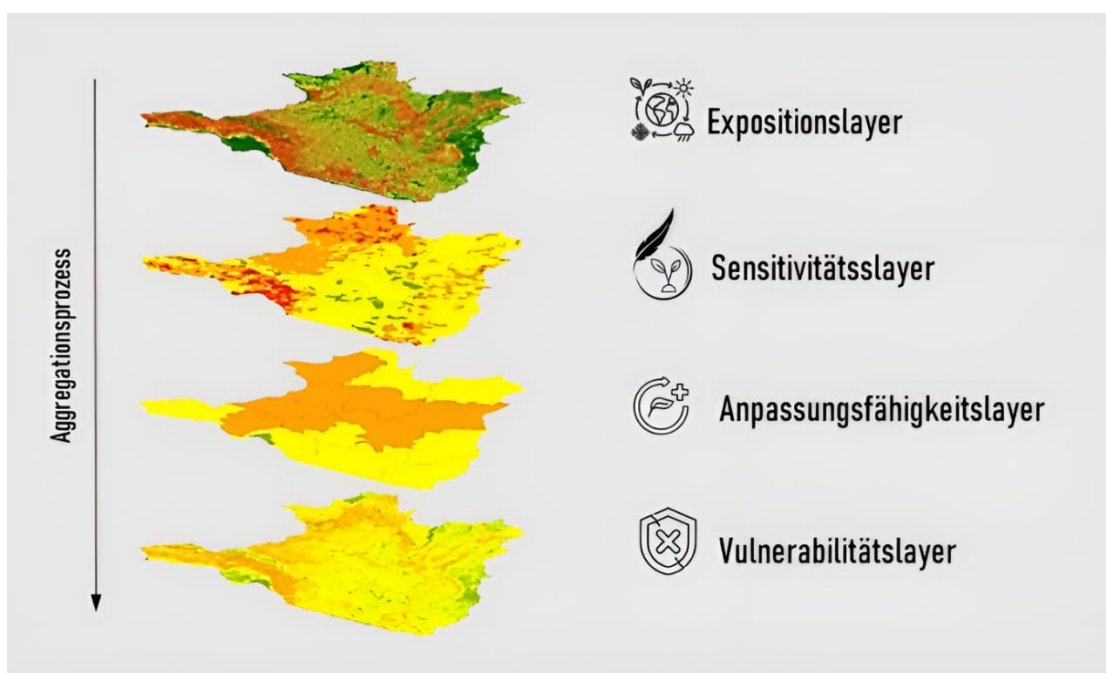


Abb. 2: Aggregationsprozess der Vulnerabilitätsanalyse geändert nach Zebisch et al. 2021; Icons: Adobe Stock

Nachfolgend erfolgt eine kurze Beschreibung potenziell geeigneter Methodenansätze für die Komponenten Exposition und Anpassungsfähigkeit der Vulnerabilität, die Modellierungen beinhalten und in ihrer Anwendung erprobt werden:

### Exposition

Als Alternative zu mechanistischen oder Artverbreitungsmodellen, die von ausreichenden demographischen oder physiologischen Artdaten abhängig sind, gibt es eine Reihe von Klimawandelmetriken (Garcia et al. 2014), die sich für die Analyse von Auswirkungen des Klimawandels mit Bezug zur Biodiversität eignen.

Die grundlegendste Klimawandelmetrik auf lokaler Ebene ist die „Klimaanomalie“ gemäß Hoffmann & Beierkuhnlein 2020, die ein Maß für die Intensität der klimatischen Veränderungen in Bezug auf biologische Prozesse darstellt. Diese berechnet für jede Rasterzelle den standardisierten euklidischen Abstand zwischen unabhängigen 19 Bioclim-Variablen der Referenzperiode (z.B. 1971-2000) und einer zukünftigen Periode (z.B. 2071-2100) relativ zu der zwischenjährlichen Variabilität der Referenzperiode.

Die 19 Bioclim-Variablen (Booth 2018) decken dabei das gesamte klimatische Spektrum ab, welches relevant für die Biodiversität ist, von jährlichen zu saisonalen Trends sowie Extremen.

Je höher die Differenz der Werte und damit die Klimaanomalie, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass physiologische, morphologische und Verhaltensänderungen von Individuen und demografische Populationsänderungen eintreten (Peñuelas et al. 2013). Die konkreten Auswirkungen sind dabei abhängig von der Höhe der Klimaanomalie und vom lokalen ökologischen System. Insbesondere Arten, die sich am Limit ihrer klimatischen Toleranzgrenzen befinden, mit geringer Anpassungskapazität, sind besonders vulnerabel (Garcia et al. 2014). Daher ist es empfehlenswert, gemäß dem hier zugrundeliegenden Konzept der Vulnerabilität die drei Komponenten (Exposition, Sensitivität und Anpassungsfähigkeit) zusammen zu betrachten.

Bei der Erprobung der Methodik der Klimaanomalie konnte das Potential für einen pixelbasierten Indikator der Exposition festgestellt werden. Vorteilhaft ist, dass, unabhängig von spezifischen Artdaten, räumliche Muster der Exposition erkennbar sind, die relevant für Biodiversitätsentwicklungen sein können. Wie bei vielen Klimaprojektionen, die sich auf ein Modellenensemble stützen, ist die Interpretation aufgrund der Bandbreite der Ergebnisse teilweise schwierig. Hierzu wäre für die Anwendung in den Behörden eine Etablierung von entsprechenden Konventionen hilfreich, ebenso für die Ableitung von kritischen Schwellenwerten.

Um dem Bedarf an validen höheren räumlichen Auflösungen von Klimaprojektionsdaten nachzukommen, sollten zukünftig auch mikroklimatische Effekte (Lembrechts 2023) in den Modellen berücksichtigt werden, die für die Identifizierung von lokalen Refugien relevant sein können. Für solche Entwicklungsprozesse ist eine enge Verzahnung von Forschung und Behördenpraxis erforderlich. Hierfür müssen entsprechende Rahmenbedingungen auf beiden Seiten geschaffen und etabliert werden.

Im Rahmen der Entwicklung der Risikoanalyse des Schutzgebietssystems im Klimawandel wurde erkannt, dass es neben der Darstellung der relativen Veränderungen anhand der Bioclim-Variablen erforderlich sein wird, ein breites Methodentoolset und daraus abgeleitete Informationen für die schutzgebiets- bzw. ökosystemspezifische Analysen bereitzustellen.

## Anpassungsfähigkeit

Unter der Anpassungsfähigkeit wird die Fähigkeit eines Systems (hier Schutzgebiet oder Ökosystem) verstanden, die Auswirkungen des Klimawandels zu minimieren. Sie ist eng mit dem Konzept der Resilienz verknüpft. Gemäß Walker et al. 2004 beschreibt diese die Fähigkeit, Störungen zu absorbieren und sich so zu reorganisieren, dass die Eigenart, wesentlichen Funktionen, Strukturen und Rückkopplungsprozesse eines Systems erhalten bleiben.

Ein Ansatz, der sich derzeit in Rheinland-Pfalz in der Erprobung befindet, ist die Modellierung der Klimaresilienz der Landschaft gemäß Buttrick et al. 2015. Sie definieren Klimaresilienz als eine Funktion von Landschaftseinheiten, die abhängig ist von

(I) der geländeklimatischen Diversität (siehe Abb. 3) und

(II) der Durchlässigkeit der Landschaft (der Fähigkeit, die Verbreitung von Arten zu unterstützen).

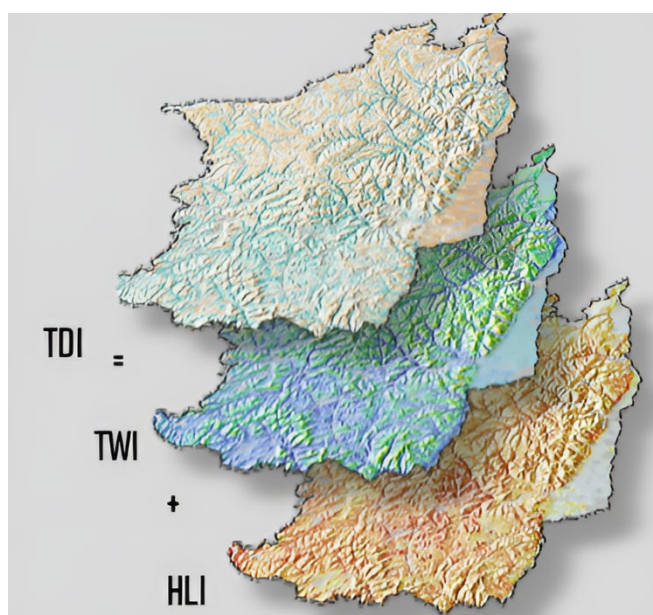


Abb. 3: Die Kombination des Heat load Index (HLI) und Topographic Wetness Index (TWI) erzeugt mit Hilfe einer Nachbarschaftsanalyse den Layer der geländeklimatischen Diversität (TDI) in Anlehnung an Buttrick et al. 2015 am Beispiel des Biosphärenreservates Pfälzerwald

Dieser Ansatz beruht auf der grundlegenden Annahme, dass heterogene, reliefierte Landschaften, die diverse Geländeklimate besitzen, Organismen mehr Möglichkeiten bieten, Klimarefugien zu finden als homogene Landschaften (Dobrowski 2011). Entscheidend wird es sein, ob die Bereiche mit hoher geländeklimatischer Diversität als potenzielle Klimarefugien (Morelli et al. 2016) der Biodiversität tatsächlich für Organismen erreichbar bzw. verfügbar sind aufgrund von bestehenden Landschaftsfragmentierungen und -strukturen. Dies soll mit der landesweiten Modellierung der Durchlässigkeit der Landschaft von Rheinland-Pfalz, die derzeit vom Institut für Landschaftsplanung und Ökologie (ILPÖ) der Universität Stuttgart im Rahmen eines Forschungsprojektes in Arbeit ist, analysiert werden.

In Ergänzung zu den Modellierungsergebnissen zur Bewertung der Exposition (Klimaanomalie), bietet die Methode zur Ermittlung der Klimaresilienz der Landschaft das Potential, hochaufgelöste Informationen anhand der lokalen Gegebenheiten zu erzeugen. Gemäß Carroll et al. 2017 lassen sich Modellierungsmethoden bzw. Metriken zur Identifizierung von Klimarefugien anhand der enthaltenen Daten, räumlich-zeitlicher Aussagen und räumlicher Auflösung

kategorisieren. In Übereinstimmung mit weiteren Studien schlagen Carroll et al. 2017 vor, diverse Metriken anzuwenden, die eine Spannweite der Komplexität umfassen, um Einschränkungen individueller Ansätze zu überwinden.

Die bisherigen Arbeiten zur Erprobung und Entwicklung einer Risikoanalyse des Schutzgebietsystems Rheinland-Pfalz im Klimawandel zeigen ein großes Potential von diversen Modellierungsmethoden auf, die z.T. in der Wissenschaft etabliert sind, aber in den Fachbehörden noch wenig oder keine Anwendung finden. Gerade aufgrund der Komplexität der Wirkungszusammenhänge von Schutzgebieten im Klimawandel und eingeschränkter Datenverfügbarkeit sollten sie als räumlich übertragbare Werkzeuge aufbereitet zur Verfügung stehen, um Fachbehörden zu befähigen, Entscheidungsgrundlagen zu optimieren und räumliche Prioritäten unter Berücksichtigung der Auswirkungen des Klimawandels zu identifizieren. Dabei sollten sowohl spezifische Annahmen sowie die Kriterien für Prioritätensetzungen transparent kommuniziert werden, als auch Konventionen für den Umgang mit unterschiedlichen Ergebnissen diverser Modelle etabliert werden. Auf diese Weise können Modellierungen den effizienten Einsatz von Ressourcen sowie zukunftsorientierte Erfolgsaussichten von Naturschutzmaßnahmen erhöhen.

## Literatur

- Booth, T. H. (2018): Why understanding the pioneering and continuing contributions of BIOCLIM to species distribution modelling is important. *Austral Ecol.* 43 (8): 852-60. <https://doi.org/10.1111/aec.12628>.
- Buttrick, S. et al. (2015): Conserving Nature's Stage: Identifying Resilient Terrestrial Landscapes in the Pacific Northwest. The Nature Conservancy, Portland Oregon. 104 S. Online erhältlich: <http://nature.ly/resilienceNW> (Letzter Zugriff: 30.10.2024).
- Carroll, C. et al. (2017): Scale-dependent complementarity of climatic velocity and environmental diversity for identifying priority areas for conservation under climate change. *Global Change Biology* 23 (11), 4508–4520. <https://doi.org/10.1111/gcb.13679>.
- Dobrowski, S.Z. (2011): A climatic basis for microrefugia: the influence of terrain on climate. *Global Change Biology*, 17 (2): 1022-1035. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02263.x>.
- Garcia, R.A. et al. (2014): Multiple Dimensions of Climate Change and Their Implications for Biodiversity. *Science* 344: 1247579. <https://doi.org/10.1126/science.1247579>.
- Hoffmann, S. und Beierkuhnlein, C. (2020): Climate change exposure and vulnerability of the global protected area estate from an international perspective. *Diversity and Distributions* 26 (11): 1496-1509, <https://doi.org/10.1111/ddi.13136>.
- Lembrechts, J. (2023): Microclimate alters the picture. *Nature Climate Change* 13: 423-424. <https://doi.org/10.1038/s41558-023-01632-5>.
- Morelli, T.L. et al. (2016): Managing Climate Change Refugia for Climate Adaptation. *PLOS ONE* 11 (8): e0159909. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0159909>.
- Parry, M.L. et al. (2007): Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Pecl, G.T. et al. (2017): Biodiversity redistribution under climate change: Impacts on ecosystems and human well-being. *Science* 355 (6332): eaai9214. <https://doi.org/10.1126/science.aai9214>.
- Peñuelas, J. et al. (2013): Evidence of current impact of climate change on life: a walk from genes to the biosphere. *Global Change Biology* 19 (8): 2303–2338. <https://doi.org/10.1111/gcb.12143>.

- Scheffers, B. R., et al. (2016): The broad footprint of climate change from genes to biomes to people. *Science* 354 (6313): aaf7671. <https://doi.org/10.1126/science.aaf7671>.
- Schulze, K. et al. (2018): An assessment of threats to terrestrial protected areas. *Conservation Letters* 11 (3): e12435. <https://doi.org/10.1111/conl.12435>.
- Walker, B. et al. (2004): Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems. *Ecology and Society* 9(2): Article 5. <https://doi.org/10.5751/ES-00650-090205>.
- Zebisch et al. (2021): The vulnerability sourcebook and climate impact chains – a standardized framework for a climate vulnerability and risk assessment. *International Journal of climate change Strategies and management* 13 (1): 35-59. <https://doi.org/10.1108/IJCCSM-07-2019-0042>.

#### Kontakt:

**Dr. Lisa Keidel**

Referat Biotopsysteme und Großschutzprojekte  
Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz (LfU RLP)  
[Lisa.Keidel@lfu.rlp.de](mailto:Lisa.Keidel@lfu.rlp.de), neu: [Lisa.Keidel@mkuem.rlp.de](mailto:Lisa.Keidel@mkuem.rlp.de)



## 2.2 Modellierungen als Planungsgrundlage für den Erhalt von FFH-Arten und -Lebensraumtypen

Philipp Wenta

### Hintergrund

Die FFH-Berichte von 2013 und 2019 zeigten erhebliche Defizite in den Erhaltungszuständen<sup>1</sup> (EHZ) der in den Anhängen der FFH-Richtlinie aufgeführten Schutzgüter. Europaweit waren 2019 nur 15 % der Lebensraumtypen (LRT) und 63 % der Arten im angestrebten günstigen Erhaltungszustand, was eine Verschlechterung im Vergleich zum vorherigen Berichtszeitraum darstellt (European Environment Agency 2020). Auf Bundesebene<sup>2</sup> gab es kaum Veränderungen, wobei weiterhin die Mehrheit der Arten und LRT in einem ungünstigen Zustand verblieb und der Gesamttrend bei 41 % der LRT und 34 % der Arten negativ war.

Vor diesem Hintergrund verabschiedete die EU 2020 die Biodiversitätsstrategie 2030, die ehrgeizige Ziele zur Eindämmung des Biodiversitätsverlustes setzt. Bis 2030 sollen mindestens 30 % der derzeit nicht in einem günstigen Zustand befindlichen Arten und Lebensräume diesen Status erreichen oder einen stark positiven Trend aufweisen. Zudem soll es keine negativen Trends mehr geben und alle bisherigen „Unbekannt“-Bewertungen sollen bis 2030 bewertet bzw. eingestuft sein.

Die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft „Naturschutz, Landschaftspflege und Erholung“ (LANA) hat 2020 beschlossen, dass die Bundesländer Fachkonzepte zur Bewahrung oder Verbesserung des EHZ von LRT und Arten der FFH-Richtlinie erstellen, um die quantitativen Zielgrößen für einen günstigen EHZ schutzgutspezifisch festzulegen. Die Ergebnisse dieser Fachkonzepte sollen in ein bundesweites Konzept einfließen.

### Modellierungsbedarf und -ansätze

Insbesondere bei der Ermittlung von günstigen Referenzwerten<sup>3</sup>, die für die Beurteilung des EHZ entscheidend sind, besteht ein großes Potential für Modellierungsansätze. Bisher basieren die von den EU-Mitgliedstaaten berichteten Referenzwerte häufig auf Experteneinschätzungen (oftmals auf unvollständiger und/oder veralteter Datenbasis), was die Reproduzierbarkeit und Vergleichbarkeit erschwert. Eine 2019 veröffentlichte Studie schlägt zwei systematische Ansätze zur Ermittlung von Referenzwerten vor (Bijlsma et al. 2019), die auch im aktuellen Leitfaden zur FFH-Berichterstattung (DG Environment 2023) zu finden sind.

Der referenzbasierte Ansatz berücksichtigt die historische Verbreitung/Fläche eines LRT oder die historische Verbreitung/Populationsgröße einer Art in einem Zeitraum, in dem sich diese in einem stabilen günstigen Zustand befunden haben sollten. Er erfordert gute historische Daten zu Verbreitung, Populationsgrößen sowie Trends und Belastungen. Fehlen diese Daten

<sup>1</sup> Der **Erhaltungszustand** ist die Gesamtbewertung des Zustands eines Lebensraumtyps oder einer Art auf der Ebene der biogeografischen oder marinen Region eines Mitgliedstaats.

<sup>2</sup> <https://www.bfn.de/ffh-bericht-2019> (Letzter Zugriff: 22.07.2024)

<sup>3</sup> **Günstige Referenzverbreitung:** Verbreitungsgebiet, in dem alle signifikanten ökologischen Variationen des Lebensraums/der Art in einer bestimmten biogeografischen Region enthalten sind und das groß genug ist, um das langfristige Überleben des Lebensraums/der Art zu ermöglichen. **Günstige Referenzpopulation:** Population in einer bestimmten biogeografischen Region, die als das für die langfristige Lebensfähigkeit der Art erforderliche Minimum angesehen wird. **Günstige Referenzfläche:** Gesamtfläche des Lebensraums in einer bestimmten biogeografischen Region, die als das für die langfristige Bestandsfähigkeit des Lebensraumtyps erforderliche Minimum angesehen wird.

oder sind sie lückenhaft, wird ein modellbasierter Ansatz empfohlen, der artspezifische Informationen über die erforderliche überlebensfähige Populationsgröße oder artspezifische bzw. lebensraumtypspezifische Merkmale wie die Eignung des Lebensraums oder die für eine ungestörte Funktion erforderliche Fläche verwendet.

Auch wenn in Bayern die naturschutzfachlichen Datengrundlagen in den letzten Jahren stetig verbessert wurden, reichen diese bei den LRT für einen referenzbasierten Ansatz nicht aus, da zum Zeitpunkt des Inkrafttretens der FFH-Richtlinie keine Daten zu diesen vorlagen. Bei den FFH-Arten ist die Datenlage besser, dennoch bestehen auch hier Kenntnisdefizite, die einen rein referenzbasierten Ansatz in vielen Fällen nicht zulassen. Wir sehen Modellierung daher als vielversprechendes Werkzeug, um referenzbasierte Ansätze zu ergänzen, Wissenslücken zu schließen und um reproduzierbare Aussagen zur Bilanzierung der erforderlichen Verbesserungen zur Erreichung eines günstigen EHZ treffen zu können.

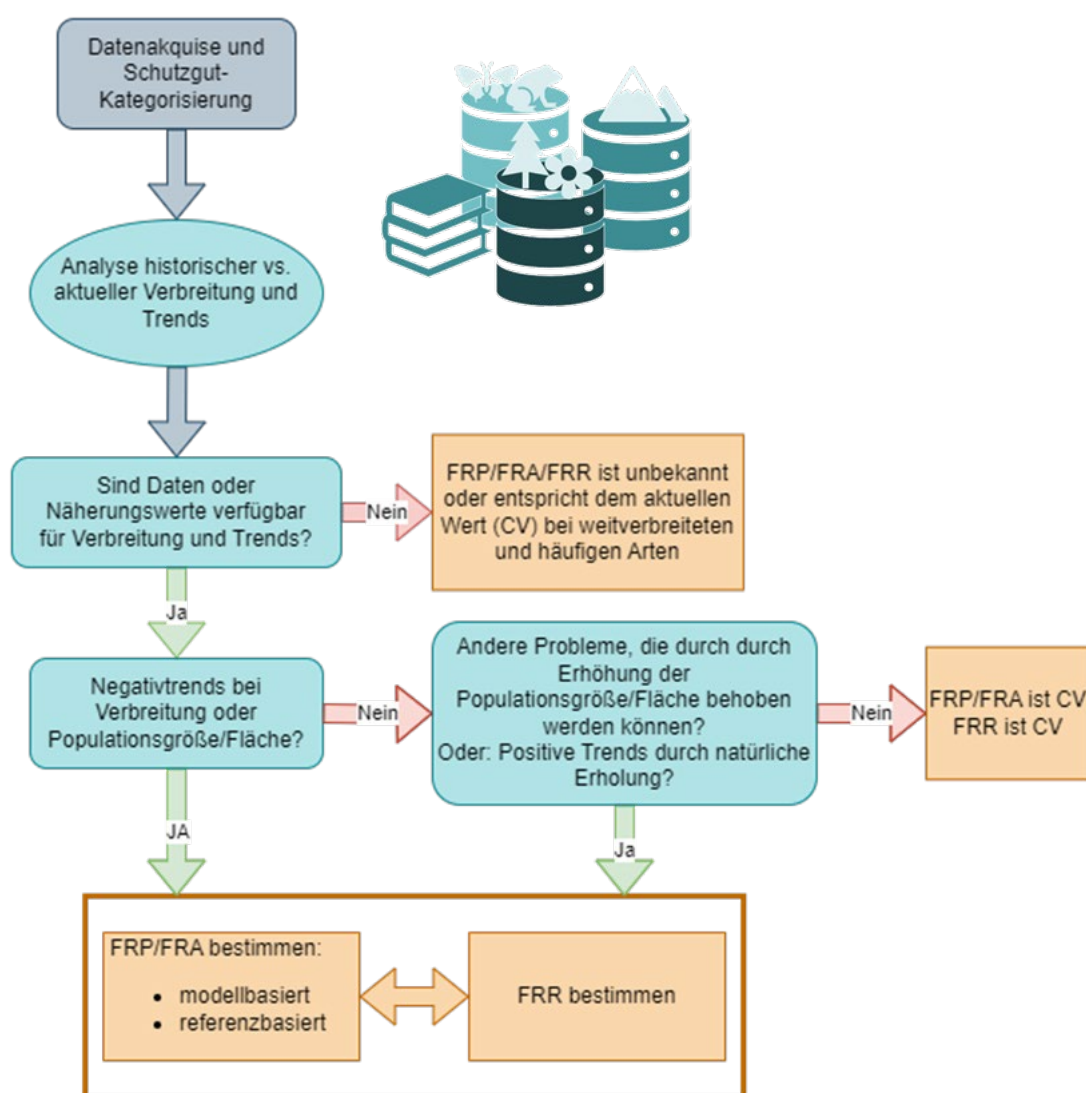


Abb. 3: Schematisch dargestellte Vorgehensweise zur Ermittlung günstiger Referenzwerte für Verbreitung, Fläche und Populationsgröße von FFH-Lebensraumtypen und -Arten, angelehnt an Abbildung 3.1 in Bijlsma et al. 2019. FRR = Favorable Reference Range (günstige Referenzverbreitung), FRA = Favorable Reference Area (günstige Referenzfläche), FRP = Favorable Reference Population (günstige Referenzpopulation), CV = Current Value (aktueller Wert).

## Das Bayerische Erhaltungszustandskonzept

Seit Januar 2024 arbeitet ein Projektteam am Bayerischen Landesamt für Umwelt (LfU) an der Entwicklung eines bayerischen Erhaltungszustandskonzepts (EZK) für die Offenland-Schutzgüter. Dabei kooperiert es eng mit Art-Expertinnen und -Experten am LfU und stimmt sich mit der parallellaufenden Konzeptentwicklung für Wald-Schutzgüter an der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) ab. Zu den wichtigsten Projektzielen gehören die systematische Festlegung von günstigen Referenzwerten, die Regionalisierung und Identifizierung von Schwerpunkträumen mit erhöhtem Handlungsbedarf sowie die Erstellung von Schutzgut-Steckbriefen, getrennt für Arten und Lebensraumtypen sowie für die alpine und kontinentale biogeographische Region.

Im Vordergrund stehen zunächst die systematische Aufbereitung der Datengrundlagen und die Methodenentwicklung, basierend auf den zuvor genannten Publikationen (DG Environment 2023; Bijlsma et al. 2019). Nach erfolgreicher Aufbereitung und Methodenentwicklung soll eine Validierung durch die Rückkopplung der Ergebnisse der Modellierung mit den bayerischen Expertinnen und Experten der höheren und unteren Naturschutzbehörden sowie den Wasserwirtschaftsämtern erfolgen. Zudem wird eine Vernetzung und Kooperation mit den zuständigen Behörden der anderen Bundesländer sowie dem BfN angestrebt, um einen Erfahrungsaustausch zu ermöglichen und Synergien zu nutzen. Besonders wünschenswert sind dabei die Standardisierung und Qualitätssicherung von Modellierungsmethoden sowie inter- und transdisziplinäre Austauschformate.

## Literatur

Bijlsma, R. J., Agrillo, E., Attorre, F. et al. (2019): Defining and applying the concept of Favourable Reference Values for species and habitats under the EU Birds and Habitats Directives. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Report 2928: 93 S. <https://doi.org/10.18174/469035>.

DG Environment (2023): Reporting under Article 17 of the Habitats Directive: Guidelines on concepts and definitions - Article 17 of Directive 92/43/EEC, Reporting period 2019-2024. Brüssel: 104 S.

European Environment Agency (2020): State of nature in the EU: Results from reporting under the nature directives 2013-2018. Publications Office: 146 S. <https://data.europa.eu/doi/10.2800/088178>.

### Kontakt:

#### Philipp Wenta

Bayerisches Landesamt für Umwelt  
[philipp.wenta@lfu.bayern.de](mailto:philipp.wenta@lfu.bayern.de)

## 2.3 Modellierungsansätze aus Sicht der Unteren Naturschutzbehörde Kreis Plön

Jan-Eike Altpeter

Die Tätigkeit als Vollzugsbehörde findet in der Regel anlassbezogen beispielsweise in der Eingriffsregelung statt, und Entscheidungen werden stets auf der Grundlage von Gesetzen und Erlassen formuliert. Das Verarbeiten oder Sammeln von Daten spielt in der unteren Naturschutzbehörde im Kreis Plön eine untergeordnete Rolle. Aktuell werden auch keine Modellierungsansätze oder Ergebnisse daraus verwendet. Gründe dafür liegen unter anderem in der fehlenden Fachkenntnis des Personals, die eine Anwendung oder auch die Interpretation von Modellierungsansätzen oder Ergebnissen ermöglichen würde. Sollten Modellierungsansätze in einer (unteren) Naturschutzbehörde eingesetzt werden, wäre daher die Schaffung von zeitlichen und finanziellen Kapazitäten und die Beschäftigung von internen oder externen Experten unerlässlich. Zudem ergibt sich der Wunsch an zukünftige Modellierungsansätze, dass die Ergebnisse und insbesondere auch die damit verbundenen Unsicherheiten für jene verständlich präsentiert werden, die bisher keine oder kaum Berührungspunkte mit Modellierung oder der Interpretation von Ergebnissen anderer statistischer Verfahren hatten.

Grundsätzliche Bedenken bestehen in der Gerichtsfestigkeit der durch Modellierungsergebnisse herbeigeführten Entscheidungen. Die Legitimierung von Verfahren und Standards durch höhere Ebenen wäre zudem eine Grundvoraussetzung für die Anwendung.

Ein Beispiel für die bereits anerkannte Verwendung von Modellierungsansätzen ist im Zuständigkeitsbereich der unteren Wasserbehörde. Hier existieren zwar normierte Verfahren, die Bewertung der Modellergebnisse durch die Behörde muss sich jedoch aus mangelnder Fachkenntnis, Software- und Datenverfügbarkeit darauf beschränken, die Rahmenbedingungen zu überprüfen. Statistische Modelle könnten jedoch trotzdem zur Unterstützung von Abwägungen, Entscheidungen und zur Bereitstellung von Umweltinformationen dienen.

Konkrete Fragestellungen für Modellierungsansätze wären beispielsweise:

- Prognose über die Entwicklung und Wirkung von Ausgleichsmaßnahmen wie z.B. Schaffung von artenreichem Grünland aus artenarmem Intensivgrünland über Extensivierung oder Sukzessionsflächen auf Acker oder Grünland. Hierbei wäre es interessant, welche Ausgangsfaktoren und -bedingungen zu betrachten sind, um Maßnahmen/Auflagen zu formulieren, die einerseits geringe Herstellungskosten bzw. -aufwand benötigen und skalierbar sind, andererseits mit wenig Aufwand seitens der Behörde kontrolliert oder gemonitort werden können und trotzdem einen hohen Mehrwert für den Naturhaushalt bieten.
- Es besteht die Möglichkeit, biotopgestaltende Maßnahmen über Förderrichtlinien umsetzen zu lassen. Modellierungsansätze können hierbei die bestehenden Expertenmeinungen bei der Identifikation von Suchräumen unterstützen.
- Für die Standortsuche von Freiflächen-Photovoltaikanlagen werden in Schleswig-Holstein derzeit seitens des Naturschutzes nahezu ausschließlich statische Parameter genutzt (z.B. die Schutzgebietskulisse). Daten über die Verbreitung von Arten finden nur in seltenen Fällen Eingang in die Diskussion und werden in der Regel erst auf Vorhaben-Ebene behandelt. Über Habitatmodelle könnte das Vorkommen von bspw. Schalenwild, Fledermäusen oder Amphibien bereits auf Ebene der Standortwahl vorausschauend berücksichtigt werden.

- Im Zuge der Veränderung der Temperatur- und Niederschlagsmuster in den vergangenen Jahren wurde beobachtet, dass einige Gehölz- und Straucharten seltener erfolgreich gepflanzt werden konnten. Daraus ergab sich die Nachfrage nach der Verwendung von nicht-regionalem Pflanzgut oder gebietsfremden Arten oder Sorten für die freie Landschaft. Habitatmodelle könnten übergeordnete Behörden dabei unterstützen, die Liste der zugelassenen gebietsheimischen Arten in Hinblick auf die Klimawandelanpassung zu überarbeiten. Selbstverständlich darf die potenzielle Invasivität von gebietsfremden Arten nicht außer Acht gelassen werden.
- Zur Beschleunigung von Planungsverfahren wird das Vorkommen von Arten häufig über eine Potentialanalyse oder über „bereits vorhandene Daten“ abgeschätzt, um Verbotstatbestände im Artenschutz auszuschließen. Häufig sind diese Untersuchungen sehr oberflächlich und nicht tatsächlich zur Bewertung der Eingriffsfolgen geeignet, sodass der Planungsprozess letztendlich doch erheblich verzögert wird. Unter Umständen können Modellierungsansätze die Aussagen einer klassischen Potentialanalyse unterstützen und die Aussagekraft und Belastbarkeit der Gutachten damit erhöhen.

#### Kontakt:

**Jan-Eike Altpeter**

Kreis Plön, Untere Naturschutzbehörde

[jan-eike.altpeter@kreis-ploen.de](mailto:jan-eike.altpeter@kreis-ploen.de)

## 2.4 Einsatz von Modellierung aus Sicht des Sächsischen Landesamts für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

Silke Bruns

Der Einsatz von Modellierungen als Entscheidungsunterstützung für naturschutzfachliche Fragestellungen, insbesondere im Kontext von Renaturierung und Klimawandel, eröffnet neue Perspektiven für eine effiziente Bearbeitung von Fachaufgaben.

### **Für welche naturschutzfachlichen Fragestellungen setzen Sie bzw. würden Sie gern Modellierungsansätze einsetzen?**

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt sehen wir drei vorrangige Themenbereiche:

1. Modellierung von aktuellen und potentiellen Habitaten relevanter Arten
2. Monitoring von Vegetations- und Nutzungsveränderungen in verschiedenen Zeitskalen
3. Ermittlung von Handlungsschwerpunkten infolge klimatischer Veränderungen

### **Welche Voraussetzungen müssen seitens der Behörden, aber auch seitens der Forschung erfüllt sein, damit Modellierungsansätze sinnvoll eingesetzt werden können?**

Für den operativen Einsatz von Modellen müssen die notwendigen Voraussetzungen gegeben sein. Dazu gehören valide und belastbare Datengrundlagen, u. a. zu Artvorkommen, zu Biotop- und Lebensraumtypen, zur Landnutzung, zum Wasserhaushalt, regionale Klimadaten. Da die Behörden Modellierungsaufgaben in der Regel nicht selbst bearbeiten, sind geeignete Auftragnehmer und Mittel für Eigenforschung erforderlich. Ausreichend erforschte, geeignete und gut anwendbare Modellierungsmethoden sowie Kompetenz in Bezug auf das komplexe Thema Modellierung sind unerlässlich, um Projekte zu initiieren und Ergebnisse korrekt zu interpretieren. Aus praktischer Sicht bieten auch fehlgeschlagene oder wenig erfolgreiche Modellierungsansätze sehr wertvolle Erkenntnisse. Diese werden aber in der Regel nicht publiziert. Hier ergibt sich ein gewisser Interessenkonflikt zwischen dem bestehenden Erfolgsdruck in Forschungsprojekten und den Anforderungen der Praxis. Nur wenn die Grenzen der Anwendung der Modelle klar beschrieben sind, können sie einen praktischen Nutzen entfalten. Modellierungen auf der Basis aufwändiger zusätzlicher Datenerhebungen sind aus Kostengründen nur in Ausnahmefällen realistisch. Ein bisher weitgehend ungenutztes Potenzial liegt in der Synthese verschiedener ohnehin vorliegender Daten (Satelliten- und Radardaten unterschiedlicher Auflösung, Punktwolken aus Laserscanbefliegungen, Orthofotos, genaue Höhenmodelle, Messdaten von Umweltmedien) bei der Modellierung.

### **Welche Best-Practice-Beispiele kennen Sie ggf. aus Ihrer Arbeit, die als Vorbild für den Einsatz von Modellierungen im praktischen Naturschutz und für eine erfolgreiche Politikberatung dienen können?**

Zu den Beispielen für erfolgreiche Politikberatung mithilfe von Modellierungen zählen klassische hydro(geo)logische Modellierungen, die im Rahmen von hydrologischen Gutachten für die Ökotopprognose in Mooren und die Maßnahmenplanung bereits in der Vergangenheit angewendet wurden.

Als Datengrundlage für die Ausweisung von Windeignungsgebieten (2 %-Ziel) durch die Regionalen Planungsverbände wurden Dichtezentren für Milane und für windkraftsensible Fledermausarten modelliert. Darüber hinaus wurden struktur- und artenreiche Kulturlandschaftsteile (SAK) in Sachsen vor allem auf der Grundlage von Dichtezentren bestimmter Biotop- und



Landnutzungstypen im Rahmen einer räumlichen Strategie des Naturschutzes in Sachsen identifiziert.

**Kontakt:**

**Silke Bruns**

Referat Flächennaturschutz, Natura 2000

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

[Silke.Bruns@smekul.sachsen.de](mailto:Silke.Bruns@smekul.sachsen.de)

## 2.5 Die Ökologische Flächenstichprobe (ÖFS) – Biodiversitätsmonitoring in NRW

Michael Oberhaus

Die Ökologische Flächenstichprobe („ÖFS“) ist das Monitoringprogramm zur Langzeitbeobachtung der Biodiversität in der Normallandschaft in NRW. Im Rahmen der ÖFS werden aktuell mit Modellierungsansätzen langjährige und landesweit repräsentative Trends der Bestände häufiger Brutvögel berechnet. Ebenfalls werden die Vorkommensschwerpunkte häufiger Brutvögel, Lebensräume und Pflanzenarten modelliert und als Karten dargestellt.

Themen wie Klimawandel, Witterungsereignisse (z.B. lange Dürreperioden) und mit dem Klimawandel zusammenhängende Faktoren wie die Ausbreitung invasiver Arten werden künftig für die Ableitung großräumiger landesweiter Aussagen zur Biodiversität zunehmend relevant. Hier könnten Modelle Prognosen zur Entwicklung der Biodiversität NRWs liefern, z.B. vor dem Hintergrund verschiedener Klima- und Naturschutzszenarien oder bereits geltender oder einzuführender politischer Konzepte und Strategien. Außerdem wird es zur synergistischen Nutzung von Daten wichtig sein, Modelle zu generieren, die Daten aus verschiedenen Monitoringprogrammen mit unterschiedlichen Erfassungsturnussen verarbeiten können.

Für Behörden ist die Zusammenarbeit mit Forschungseinrichtungen zur Modellentwicklung wünschenswert. Um den Transfer von der Forschung in die Praxis zu ermöglichen und Modellierungsansätze sinnvoll einsetzen zu können, braucht es jedoch auf die Besonderheiten der jeweiligen behördlichen Programme maßgeschneiderte anstelle von allgemeinen Ansätzen mit theoretischen Idealbedingungen. Daher ist es notwendig, dass sich beide Seiten regelmäßig und in allen Phasen eines Projekts aktiv auf Augenhöhe austauschen, um die Situation, Bedarfe und Ziele der Projektpartner zu verstehen. In den Behörden gilt es dazu vor allem, eine hinreichende personelle Ausstattung zur Methodenentwicklung und -verbesserung sowie zur engen Begleitung von Forschungsprojekten zu gewährleisten – sowohl im Bereich Ökologie als auch im Bereich Modellierung/Datenauswertungen. Ebenfalls sollten bestehende Fachmethoden behördenseitig regelmäßig überprüft und ggf. weiterentwickelt werden.

Des Weiteren wäre es sinnvoll, die Voraussetzungen für den beiderseitigen Datenaustausch zu verbessern (im Sinne einer gemeinsamen Dateninfrastruktur, eines erleichterten Datenmanagements zur Zusammenarbeit sowie der Datenverfügbarkeit selbst), um die technische Anschlussfähigkeit eines Projekts in der Behörde sicherzustellen.

Besonders gut gelungen ist die Zusammenarbeit zwischen Forschung und Behörde in einem Kooperationsprojekt mit dem Institut für Evolution und Ökologie der Universität Tübingen (Leitung: Dr. Nils Anthes, Bearbeitung: Mirjam Rieger) zur Modellierung landesweiter Trends der Bestände häufiger Brutvögel in NRW auf Basis der ÖFS (vgl. Abb. 1). Hier wurden ein regelmäßiger Austausch sowie ein vertrauensvolles und kollegiales Miteinander gepflegt, konstruktive und ergebnisoffene Diskussionen zur Ausgestaltung der Modellierung geführt und so schließlich ein spezifisch auf das vorliegende Monitoringprogramm und artspezifische Vorkommensverteilungen angepasstes Modelldesign entwickelt. Weiterhin wurden wartungsarme Skripte zur behördeninternen Anwendung und Fortschreibung, eine umfangreiche Dokumentation sowie nutzerfreundliche Ergebnis-Outputs erstellt. All dies wird in Kürze auch in einer (als online-preprint bereits verfügbaren) Journal-Veröffentlichung münden (Rieger et al. 2024, in prep).

So konnten die Modellierungsqualität deutlich erhöht, die Transparenz und Nachvollziehbarkeit für Dritte durch die Veröffentlichung der Methoden und die Darstellung der Ergebnisse in

dem öffentlichen Fachinformationssystem Biodiversitätsmonitoring NRW (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen 2022) gesichert und eine optimale Ausgangslage für belastbare Trends zur Politikberatung geschaffen werden. Ein Folgeprojekt zur Übertragung der Methodik auf Pflanzen(-gruppen) und Lebensräume ist bereits in Arbeit.

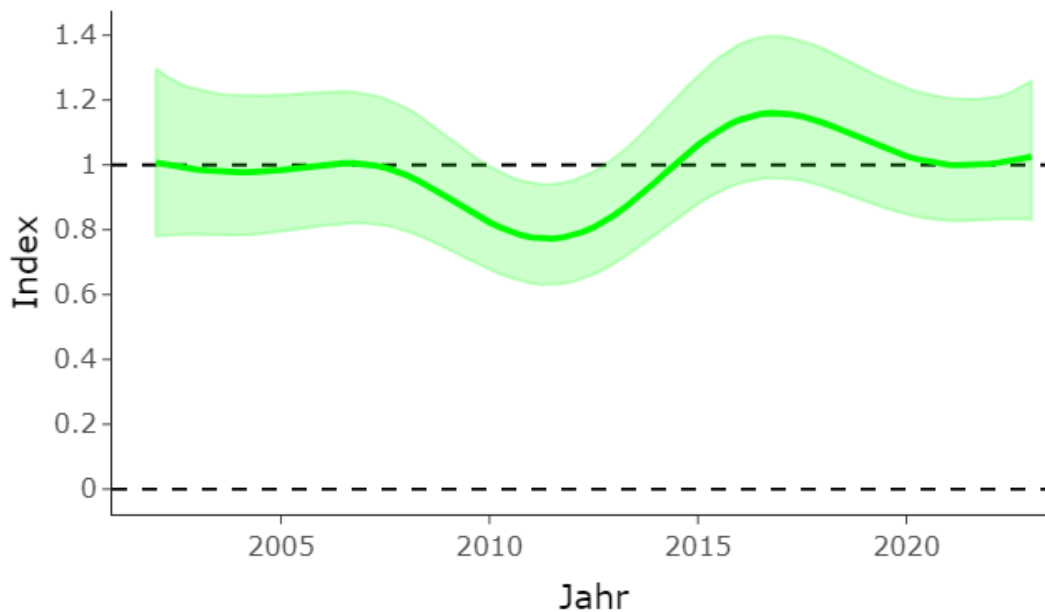


Abb. 1: Brutbestandsentwicklung des Zaunkönigs in Nordrhein-Westfalen für den Zeitraum 2002-2023 inklusive des 95 %-Konfidenzintervalls aus Daten der Ökologischen Flächenstichprobe. Das Beispiel zeigt, dass trotz des 6-jährigen Erfassungsturnus kurzfristigere Bestandsänderungen abgebildet werden können. Grundlage ist ein GAMM, das in einem Kooperationsprojekt von der Universität Tübingen entwickelt wurde. (Eigene Darstellung)

## Literatur

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (2022): Fachinformationssystem Biodiversitätsmonitoring des Landes Nordrhein-Westfalen. URL: <https://biodiversitaetsmonitoring.nrw/> (Letzter Zugriff: 23.07.2024)

Rieger, M. et al. (2024): Analysing bird population trends from monitoring data with highly structured sampling designs. in prep. bioRxiv preprint. <https://doi.org/10.1101/2024.06.30.601382>.

## Kontakt:

### Michael Oberhaus

Fachbereich 25: Monitoring, Effizienzkontrolle in Naturschutz und Landschaftspflege  
Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV NRW)  
[Michael.Oberhaus@lanuv.nrw.de](mailto:Michael.Oberhaus@lanuv.nrw.de)

## 2.6 Beitrag des Hessischen Landesamts für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Stephan Karger und Knut Werning

Im Hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) gewinnt die Frage nach Modellierungsansätzen im Naturschutz zunehmend an Bedeutung. In den letzten Jahren wurden im Dezernat Naturschutzdatenhaltung wichtige Grundlagen für einen effektiveren Umgang mit Naturschutzdaten geschaffen. Insbesondere die Zusammenführung aller naturschutzrelevanten Daten in standardisierter Form in einer zentralen Datenbank (Hessische Biodiversitätsdatenbank; HEBID) bietet eine gute Grundlage für weiterführende Auswertungen.

In der Abteilung Naturschutz werden bisher Modellierungen selten angewendet. Für das Grüne Besenmoos (*Dicranum viride*) wurden in Zusammenarbeit mit der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt landesweite Berechnungen durchgeführt. Das Ziel war die Ermittlung von bisher unbekannten Standorten des Grünen Besenmooses. Zur Beantwortung aktueller naturschutzfachlicher Fragen wurden in der Vogelschutzwarte zur Untermauerung der gutachterlichen Einschätzung mit der Software TRIM Trendberechnungen durchgeführt.

Wir sehen zurzeit Bedarf im Bereich der Zustandsbestimmung und Trendberechnungen für Arten und Lebensräume, gerade im Hinblick auf den Klimawandel. Im Rahmen der EU-Berichtspflichten liegen standardisierte Beobachtungsreihen für FFH-Arten und Lebensräume vor, die zum Teil zusätzlich für Hessen verdichtet werden. Die Daten dienen zurzeit hauptsächlich zur Untermauerung von Expertenwissen. Eine Hinwendung zu Aussagen auf Daten basierender Modelle ist für uns wünschenswert. Bei den Monitoringdaten besteht zum Teil das Problem, dass die Aufnahmeintervalle sehr lang sind und Änderungen in der Methodik die Vergleichbarkeit der Daten erschweren.

Für mittelhäufige Arten und häufige Arten liegen überwiegend Zufallsbeobachtungen vor, die keinen direkten Rückschluss auf Zu- und Abnahme der Arten zulassen. Hier könnten artspezifische standardisierte Aufnahmemethoden die Datenlage verbessern. Für Arten, für die nur aufwendig Beobachtungsdaten ermittelt werden können, fehlen zum Teil effektive und kostengünstige Verfahren zur Datenermittlung.

Die Naturschutzarbeit profitiert von ehrenamtlichen Artbeobachtern, insbesondere von Daten in qualitätsgesicherter Form, die über Arbeitsgemeinschaften und Verbände abgegeben werden. Neben diesen Daten gibt es eine Menge von Artbeobachtungen, die in Portalen vorhanden sind, aber deren Qualität nicht gesichert ist. Hier fehlen auch Strategien zur Trennung von zweifelhaften und plausiblen Daten, evtl. können Bilderkennungsverfahren diese Arbeit unterstützen.

Die Arbeit in den Behörden wird von den gesetzlichen Aufgaben geprägt, wobei häufig die Anforderungen das Arbeitsvolumen stark beanspruchen. Im Alltag ist daher die intensive Beschäftigung mit Modellierungsmethoden kaum zu leisten. Modellierungsprojekte scheitern meist an mangelnden Personalressourcen.

Modellansätze der Universitäten können häufig nicht in die Praxis übernommen werden, da diese zwar wissenschaftlich innovativ sind, aber nicht praxistauglich ausgeführt werden. Außerdem sind die Arbeiten meist zeitlich begrenzt und sinnvolle Ansätze können nicht fortgeführt werden.

Für den Einsatz von Modellierung in der Naturschutzverwaltung sind anerkannte und standardisierte Verfahren von besonderer Bedeutung. Ein praxistaugliches Programm zeichnet sich

dadurch aus, dass die verwendeten Berechnungsverfahren abstrakt verständlich sind und breite Akzeptanz in der Naturschutzarbeit besitzen. Die Programme müssen leicht zu bedienen sein und die notwendigen Parameter zur Einstellung sollten bereits vorliegen oder leicht zu ermitteln sein. Modellierungsverfahren können sich nur durchsetzen, wenn sie nachhaltig gepflegt und erneuert werden.

Die Akzeptanz von Modellierungsmethoden in der Verwaltung ist besonders hoch, wenn die Modelle aufwendige Arbeitsschritte vereinfachen und etablierte Verfahren die Begründung von Ergebnissen erleichtern.

Insgesamt haben Modellierungsmethoden in der Naturschutzpraxis großes Potenzial, wenn bei der Initiierung von Vorhaben die unterschiedlichen Interessen in Forschung und Naturschutzpraxis berücksichtigt werden.

## Kontakt

### **Stephan Karger und Knut Werning**

Abteilung Naturschutz – Zentrum für Artenvielfalt  
Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

[Stephan.Karger@hlnug.he](mailto:Stephan.Karger@hlnug.he)

[Knut.Werning@hlnug.hessen.de](mailto:Knut.Werning@hlnug.hessen.de)

---



### 3 Session II: Modellierung für angewandten Naturschutz

#### 3.1 Überblick über Methoden- und Anwendungsentwicklung für den Naturschutz

Moritz Mercker

Eine der häufigsten aktuellen Fragestellungen im Naturschutz beschäftigt sich damit, welchen Einfluss Änderungen im Klima und/oder in anthropogenen Aktivitäten auf die Natur derzeit haben und zukünftig haben werden. Um diese Fragen zu beantworten, werden ausreichend empirische Daten im Zusammenspiel mit geeigneten Modellen benötigt.

Ein Modell beschreibt einen Prozess in stark vereinfachter Form und konzentriert sich daher auf die wesentlichen Eigenschaften eines Prozesses. Dies ist notwendig, da mit steigender Komplexität des Modells die Interpretierbarkeit erschwert wird und zudem die Gefahr der Überanpassung (und damit der verminderten Generalisierbarkeit) steigt. John von Neumann, ein bedeutender Mathematiker und Physiker des 20. Jahrhunderts, veranschaulichte dies mit der Aussage: "With four parameters I can fit an elephant, and with five I can make him wiggle his trunk" (Dyson, 2004).

Ein Modell verwendet in der Regel Eingangsdaten oder erklärende Variablen ( $\vec{X}$ ) (z. B. die Distanz zu einer anthropogenen Struktur) und verknüpft diese über eine Zuordnungsregel ( $Z$ ) sinnvoll mit einer empirisch erhobenen Variable von Interesse ( $Y$ ) (bspw. eine Individuendichte). Über eine Fehlerminimierung werden dann Parameter in der Zuordnungsvorschrift so bestimmt, dass  $Z(\vec{X})$  möglichst genau  $Y$  beschreibt. Im Anschluss kann  $Z$  für Prognosen eingesetzt werden, indem andere/hypothetische Eingangsdaten  $\vec{X}$  verwendet werden. Welche Art von Zuordnungsregel (oder Modell) genau verwendet wird, ist eine kritische Entscheidung im Modellierungsprozess.

Insgesamt kann man Modelle in drei Klassen einteilen. Die erste Klasse, die in den letzten Jahren viel Aufmerksamkeit erhalten hat, ist die künstlichen Intelligenz (KI). Diese Modelle werden in der Regel mit einer großen Anzahl empirischer Daten trainiert, in deren Folge in einer Art „Black Box“ ein nahezu beliebig komplexer Zuordnungsalgorithmus iterativ geformt wird. Die zweite Klasse beinhaltet Regressionsmodelle. Obwohl es hier viele komplizierte Namen und Methoden gibt (GLMMs, GAMMs, Bayes'sche vs. frequentistische Methoden usw.), machen diese Modelle im Kern alle dasselbe: Sie nehmen an, dass die Variablen von Interesse (z. B. die Speziesdichte  $Y$ ) und die erklärenden Variablen ( $\vec{X}$  – z. B. der Abstand zur anthropogenen Struktur) linear oder nichtlinear explizit miteinander korreliert sind. Die dritte Klasse, über die in der ökologischen Modellierung außerhalb der Klimamodellierung überraschend wenig gesprochen wird, beinhaltet die mechanistischen Modelle. Hier versucht man, die Natur des Prozesses mit Hilfe oft komplizierterer Gleichungen zu beschreiben. Diese können erforderlich sein, wenn Prozesse aufgrund ihrer Komplexität nicht adäquat über einfache (explizite) Korrelationen beschrieben werden können. In diesen Gleichungen können z. B. Ableitungen der Variablen auftauchen, dann spricht man von Differenzialgleichungen.

Nun könnte man denken: Wenn eine bestimmte empirische Datengrundlage zur Verfügung steht, dann resultieren aus allen drei Methoden Prognosemodelle mit etwa gleicher Prognose-schärfe – aber das ist weit gefehlt. KI-Mechanismen brauchen z. B. oft sehr große Mengen an Daten, um sinnvolle Prognosemodelle zu erstellen. Dies hängt damit zusammen, dass es im Kontext der Zuordnungsvorschrift in der „Black Box“ eine große Flexibilität gibt, sodass es eine

große Menge an Daten benötigt, um diese Komplexität sinnvoll „zu formen“. Regressionsmethoden sind diesbezüglich etwas genügsamer, da man vorschreibt, dass die Abhängigkeit  $Y$  von  $\vec{X}$  in Form von Geraden (oder Kurven) vorliegt, sodass diese Modelle mit deutlich weniger Daten sinnvoll angepasst werden können. Allerdings können diese Methoden viele komplexere Prozesse nicht hinreichend beschreiben, was uns zu den mechanistischen Modellen führt: Hier gibt man Gleichungen vor, die oft nur eine bestimmte Art bzw. beschränkte Anzahl an Lösungen erlauben – nämlich nur die, die im Kontext des Prozesses (nach Einschätzung der modellierenden Person) möglich sind. Ein einfaches Beispiel wäre ein Steinwurf: Aus unserem physikalischen Verständnis wissen wir, dass dieser aufgrund von Naturgesetzen einer parabolischen Bahn folgt. Anstelle hier z. B. mit geeigneten Regressionsmodellen nichtlineare Kurven an empirische Daten zu fitten, können wir den Prozess stattdessen mit Gleichungen beschreiben, die die parabolische Form der Flugbahn bereits vorgeben. In diesem Fall müssen nur noch zwei Parameter bestimmt werden (Abflugwinkel und Wurfstärke), was Prognosekurven mit deutlich besseren Schätzsicherheiten zur Folge hätte. Im Kontext ökologischer Prozesse stellt sich hier allerdings die Herausforderung, dass es nicht immer trivial ist, sinnvolle Gleichungen zu finden, weil die Prozesse nicht hinreichend bekannt sind. Hier kann man sich behelfen, indem die Modellprognosen intensiv mit externen unabhängigen Daten validiert werden (Thompson, 2022).

Jüngst haben wir im Rahmen einer Pilotstudie untersucht, ob es möglich ist, Modelle zu entwickeln, die es erlauben, das Vogelschlagrisiko von Brutvögeln an Windenergieanlagen (WEA) bei gegebener WEA-Brutplatz-Konstellation belastbar zu prognostizieren (Mercker et al., 2023). Hierfür verglichen wir alle uns bekannten diesbezüglichen Methoden, die sich grob in zwei der oben erwähnten Klassen gliedern ließen: „empirische Kollisionsrisikomodelle“ (Regressionsauswertungen von WEA-Vogelschlagopfern) und „mechanistische Kollisionsrisikomodelle“ (die eine mechanistische Beschreibung der Interaktion des drehenden WEA-Rotors mit dem durchfliegenden Vogel beinhalten). Zudem akquirierten wir etwa 70.000.000 empirische Datenpunkte zu Vogelbewegung (aus Deutschland und Österreich aus diversen Projekten) sowie Daten zu WEA-Vogelschlagopfern, um neue Modelle zu entwickeln und zu parametrisieren.

Es stellte sich dabei heraus, dass das Integrieren der mechanistischen Modelle (parametrisiert über die Auswertung der umfangreichen o. g. Bewegungsdaten) einen enormen Gewinn an Prognoseschärfe gegenüber den reinen regressionsbasierten Ansätzen zur Folge hatte, u. a. da letztere nur spärlich vorhandene Daten/Studien zum WEA-Vogelschlag nutzen können. Ein entsprechendes Prognosemodell, welches ein Modell zur Raumnutzung mit einem mechanistischen Kollisionsrisikomodell zusammenführt („Raumnutzungs-Kollisionsrisikomodell“ („RKR-Modell“)) wurde im Rahmen dieser Arbeiten entwickelt und kürzlich für den Rotmilan finalisiert; die Belastbarkeit der Prognosen wurde mittels verschiedener externer Daten demonstriert (Abb. 1 – siehe auch Mercker et al., 2023, 2024). Die Methode solle nunmehr laut einem Bericht der Bundesregierung zur Prüfung der Einführung einer probabilistischen Methode zur Berechnung der Kollisionswahrscheinlichkeit von Brutvögeln bei Windenergieanlagen an Land noch im Jahr 2024 eingeführt werden (Bundestag Drucksache 20/9830 vom 15.12.2023).

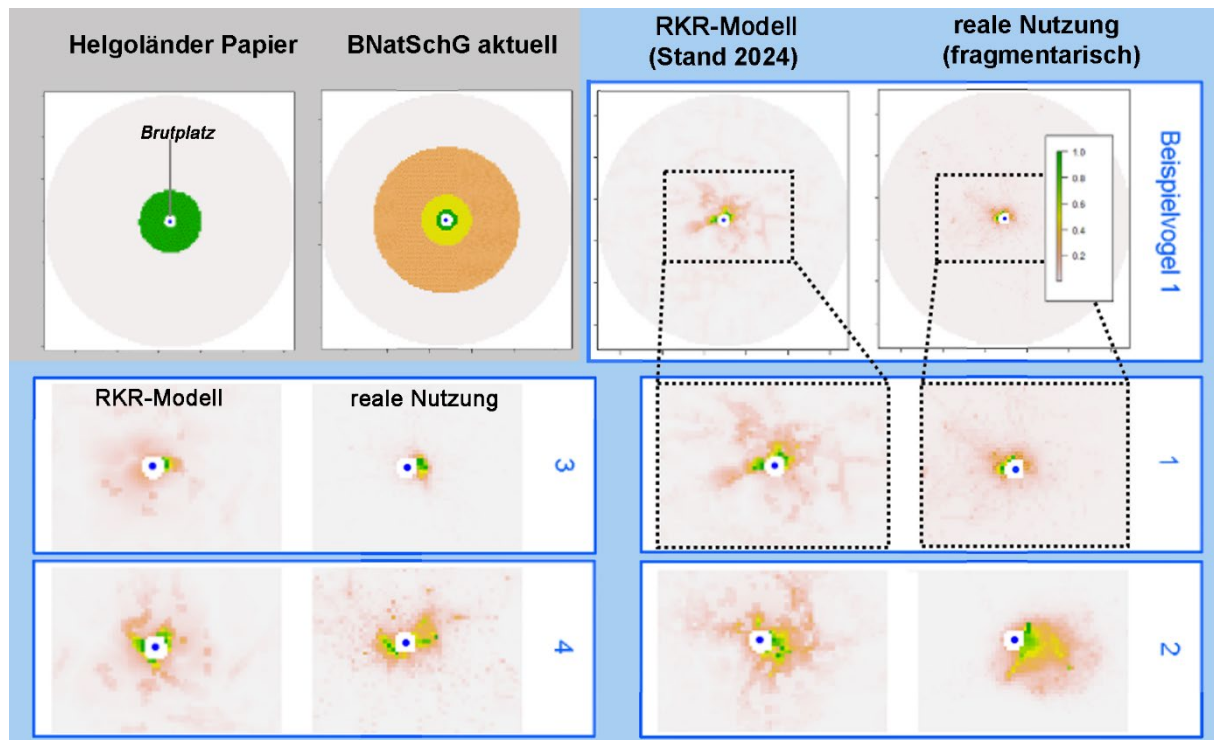


Abb. 1: Grau hinterlegte Bereiche: Visualisierung bisheriger abstandsbasierter Empfehlungen. Blau hinterlegte Bereiche: Durch das RKR-Modell prognostizierte (jeweils links) vs. reale (jeweils rechts) Rotmilan-Raumnutzung um den Brutplatz (weißer Kreis mit blauem Punkt) für vier Beispielvögel. Grüne Farben bedeuten eine relativ hohe Nutzung, gelbe eine mittlere Nutzung, orange-rote eine eher geringere bis mittlere und weiße Farben eine geringe Nutzung (angepasst aus Mercker et al., 2024).

Zusammenfassend hängt die Prognosequalität eines Modells (hinsichtlich Schärfe und Unverzerrtheit) in der Regel nicht nur von den verfügbaren empirischen Daten ab, sondern vielmehr von einem maßgeschneiderten Zusammenspiel zwischen Daten und Modell. Die Wahl des richtigen Modells kann hier nicht nur entscheidend dafür sein, die betrachteten Prozesse überhaupt adäquat beschreiben zu können, sie kann auch die Prognoseschärfe drastisch erhöhen. Zum einen über die oben genannte implizite Einschränkung der möglichen Lösungen, zum anderen über das Nutzen weiterer/anderer (umfangreicherer) Datenquellen.

## Literatur

- Dyson, F. (2004): A meeting with Enrico Fermi. How one intuitive physicist rescued a team from fruitless research. *Nature* 427 (8540). S. 297. <https://doi.org/10.1038/427297a>.
- Mercker, M., Liedtke, J., Liesenjohann, T. und Blew, J. (2023): Pilotstudie „Erprobung Probabilistik“: Erprobung probabilistischer Methoden hinsichtlich ihrer fachlichen Voraussetzungen mit dem Ziel der Validierung der Methode zur Ermittlung des vorhabenbezogenen Tötungsrisikos von kollisionsgefährdeten Brutvogelarten an Windenergieanlagen. Pilotstudie im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUKLV). Husum: 113 S. Online verfügbar unter <https://www.bioconsult-sh.de/projekte/raumnutzungs-kollisionsrisikomodell>. (Letzter Zugriff: 13.11.2024)

Mercker, M., Raab, R., Liesenjohann, T., Liedtke, J. und Blew, J. (2024): Fortsetzungsstudie Probabilistik—Das „Raumnutzungs-Kollisionsrisikomodell“ („RKR-Modell“): Fachliche Ausgestaltung einer probabilistischen Berechnungsmethode zur Ermittlung des Kollisionsrisikos von Vögeln an Windenergieanlagen in Genehmigungsverfahren mit Fokus Rotmilan. Im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz, Bonn. Husum: 100 S. Online verfügbar unter <https://www.bioconsult-sh.de/projekte/raumnutzungs-kollisionsrisikomodell>. (Letzter Zugriff: 13.11.2024)

Thompson, E. (2022): Escape from Model Land. How Mathematical Models Can Lead Us Astray and What We Can Do About It. Basic Books. New York: 256 S. ISBN-13: 9781529364873.

Bundestag Drucksache 20/9830 vom 15.12.2023 (<https://dserver.bundestag.de/btd/20/098/2009830.pdf>) (Letzter Zugriff: 13.11.2024)

## Kontakt:

### **Dr. Moritz Mercker**

Bionum GmbH – Büro für Biostatistik und Statistik in der Ökologie;  
Universität Heidelberg  
[mmercker@bionum.de](mailto:mmercker@bionum.de)

### 3.2 Populationstrends und Demografie im Projekt BatTrend

Saskia Schirmer, Gerald Kerth und Marcus Fritze

Fledermäuse sind lange nicht mehr so häufig wie vor den 1950er Jahren (Stebbing und Griffith 1986), auch wenn einige Populationen sich langsam wieder erholen (Meinig et al. 2020). Wie genau sich Populationen deutschlandweit über die Jahre entwickeln, ist für viele Arten, Zeiträume und Regionen weitestgehend unbekannt (aber siehe Meschede 2012). Da absolute Populationsgrößen bei eher versteckt lebenden Tieren wie Fledermäusen schwer zu erfassen sind, wird versucht Populationsentwicklungen vor allem indirekt über Populationstrends oder über demografische Kenngrößen einzuschätzen. Demografische Parameter wie Überleben, Reproduktion, Immigration und Emigration liegen der Populationsentwicklung zu Grunde, so dass z. B. eine Abnahme im Überleben auch einen Hinweis auf eine Zustandsverschlechterung der Population gibt. Populationstrends und demografische Faktoren können aus Monitoring-Daten mittels passender Modelle geschätzt werden, sofern es geeignete Monitoring-Methoden gibt, die geeignete Daten produzieren. Das Projekt BatTrend am Lehrstuhl für Angewandte Zoologie und Naturschutz der Universität Greifswald hat sich zum Ziel gesetzt, verschiedene Fledermaus-Monitoring-Methoden zu untersuchen, weiterzuentwickeln und in Populationstrendsschätzungen zu integrieren, um die Entwicklungen von Fledermauspopulationen bestmöglich bewerten zu können. Neben vor allem ehrenamtlich erhobenen Winterquartierzählungen sollen mit Lichtschranken und Fotofallen ausgestattete Sommer- und Winterquartiere, Wochenstubenzählungen, bioakustische Aufnahmen, Umwelt-DNA und Fang-Wiederfang-Daten auf ihre Nutzbarkeit zum Erstellen von Populationstrends hin untersucht werden. Die gewonnenen Daten sollen analysiert und in den BATLAS integriert werden, dem ersten bundesweiten digitalen Fledermausatlas.

#### BATLAS: der digitale Fledermausatlas

BATLAS ist eine Webanwendung (<https://batlas.info>), die die Expertisen von Fledermausforscher\*innen im Feld, Fledermauswissenschaftler\*innen, Statistiker\*innen und IT-Expert\*innen zusammenbringt und einen öffentlich zugänglichen Output generiert, der für naturschutzfachliche Anwendungen einfach genutzt werden kann. Bisher fließen hauptsächlich ehrenamtlich erhobene Winterquartierzählungen in die zentrale Datenbank ein, was in Zukunft für andere Datentypen erweitert werden soll. Aus den Daten wird für jede Art ein Populationstrend über die Zeit geschätzt, der als Grafik auf einer öffentlichen Webseite zur Verfügung gestellt wird. Zusätzlich wird die Datengrundlage und die Unsicherheit in der Trendschätzung beschrieben und eine Interpretationshilfe gegeben, in welchen Zeitabschnitten der Trend signifikant ansteigt, abfällt oder stabil ist. Alle datenliefernden Institutionen oder Personen werden als Quelle direkt auf der Webseite genannt. Die Webanwendung schützt die Standorte von Winterquartieren, indem sie die lokale Verteilung nur über 20 x 20 km Quadranten anzeigt, was das Auffinden der Winterquartiere unmöglich macht. Außerdem werden die Rohdaten nicht veröffentlicht.

#### Populationstrends aus Winter-Zählungen

Bei Zählungen in Winterquartieren werden lokale Populationen gezählt, ohne nach Alter oder Geschlecht zu unterscheiden, um die Fledermäuse nicht im Winterschlaf zu stören. Betrachtet man die Zählungen an einem Ort über die Jahre hinweg, sieht man grob, wie sich eine Population entwickelt, erhält jedoch keinen Einblick in die demografischen Prozesse und Hintergründe. Häufig sind diese Entwicklungen nicht-linear (z.B. innerhalb eines betrachteten

Zeitraumes zeitweise ansteigend und anschließend wieder abfallend), unterscheiden sich zwischen Orten und haben eine starke Variabilität zwischen den Jahren. Dies lässt sich gut mit Hierarchischen GAMs modellieren (Pedersen et al. 2019, Knape 2016), die sowohl einen deutschlandweiten Trend schätzen, als auch lokale Trends für jedes Winterquartier. Diese statistischen Modelle ermöglichen es auch, zu beurteilen, ob Populationen (zeitweise) zu- oder abnehmen. Möchte man jedoch wissen, warum sich Populationen verändern, benötigt man informativere Daten.

### Demografische Parameter aus Fang-Wiederfang-Daten

Bei der Fang-Wiederfang-Methodik werden individuenbasierte Daten erhoben, indem Individuen einer Population gefangen, markiert, Alter und Geschlecht bestimmt, und die Tiere wieder in die Population entlassen werden. Bei einem erneuten Fang werden bereits markierte Tiere wiedererkannt. Mit diesen Daten kann ein individuenbasiertes Cormack-Jolly-Seber-Modell (z.B. Kéry und Schaub 2012) erstellt werden, mit dem man Überlebenswahrscheinlichkeiten schätzen kann. Fledermäuse werden vor allem in Wochenstuben beringt. Da manche Fledermausarten soziale Gruppen ausbilden, die lokal sehr nah beieinander vorkommen, ohne untereinander in Austausch zu sein, ist es wichtig, diese soziale Komponente bei der Interpretation von demografischen Parametern miteinzubeziehen.

### Verknüpfung unterschiedlicher Datentypen

Die Verknüpfung unterschiedlicher Datentypen kann dazu beitragen, die Vorteile aller Datentypen zu nutzen und dadurch eine Trendschätzung für mehr Arten zu erhalten, bereits vorhandene Trends zu präzisieren, aber auch Trendschätzungen zu evaluieren und zu validieren. Zähldaten sind vergleichsweise unaufwändig und potentiell flächendeckend zu erheben, dabei enthalten sie aber aggregierte Informationen, die nur einen groben Einblick in die Populationsentwicklung geben können. Fang-Wiederfang-Daten sind dagegen sehr aufwändig zu erheben, nicht flächendeckend vorhanden, dafür aber auf Individuenebene auswertbar und können einen viel detaillierteren Einblick in Populationsdynamiken von Fledermäusen verschaffen. Eine Verknüpfung der Ergebnisse aus beiden Datenquellen kann beim Verständnis des Gesamtbilds helfen. Beispielsweise kann das durch die Fang-Wiederfang-Methode gewonnene Wissen über Überleben, Raumnutzung und Sozialstrukturen in Wochenstuben genutzt werden, um die Trendberechnung aus Wochenstuben zu validieren und gegebenenfalls zu verbessern.

### Literatur

- Kéry, M. und Schaub, M. (2012): Bayesian Population Analysis using WinBUGS. A hierarchical perspective. Elsevier, Amsterdam: 554 S.
- Knape, J. (2016): Decomposing trends in Swedish bird populations using generalized additive mixed models. *Journal of Applied Ecology* 53(6): 1852 – 1861.
- Meinig, H., Boye, P. et al. (2020): Rote Liste und Gesamtartenliste der Säugetiere (Mammalia) Deutschlands. BfN-Schriftenvertrieb im Landwirtschaftsverlag (Hrsg.). Bonn: 73 S.
- Meschede, A. (2012). Ergebnisse des bundesweiten Monitorings zum Großen Mausohr (*Myotis myotis*): Analysen zum Bestandstrend der Wochenstuben. BfN Schriften 325. Bundesamt für Naturschutz. Bonn: 71 S.
- Pedersen, E. J., Miller, D. L. et al. (2019): Hierarchical generalized additive models in ecology: an introduction with mgcv. *PeerJ* 7: e6876. <https://doi.org/10.7717/peerj.6876>.



Stebbing, R. E., and Griffith, F. (1986): Distribution and status of bats in Europe. 1. Auflage. Institute of Terrestrial Ecology. ISBN-13: 978-0904282948.

**Kontakt:**

**Dr. Saskia Schirmer\*, Gerald Kerth und Marcus Fritze**

Zoologisches Institut und Museum

Universität Greifswald

\*[saskia.schirmer@uni-greifswald.de](mailto:saskia.schirmer@uni-greifswald.de)

### 3.3 Populationsgefährdungsanalysen

Viktoriia Radchuk

Populationsgefährdungsanalysen sind verschiedene Modelle, die zur Bewertung der Lebensfähigkeit einer Population unter Betrachtung einer Reihe plausibler Zukunftsszenarien genutzt werden. Beispiele für solche Szenarien sind der Klimawandel, die Fragmentierung von Lebensräumen und das Nutzungsmanagement. Auf Englisch heißen sie Population Viability Analysis und wurden deswegen als PVA abgekürzt und bekannt. Diese Modelle verwenden als Input biologische Daten und Landschaftsdaten, die den Lebensraum der Populationen beschreiben. Als Output liefert die PVA Lebensfähigkeitsschätzungen, zum Beispiel Kurven des Aussterbensrisikos, (Meta)populationsgröße, Zeit bis zum Aussterben (Akçakaya 2000; Beissinger und Westphal 1998; Pe'er et al. 2013).

Beispiele für naturschutzfachliche Fragen, die PVA beantworten und so die Behörden bei Entscheidungen unterstützen kann, sind:

- Wie wird sich die Populationsdynamik unter verschiedenen Szenarien des Klimawandels entwickeln?
- Welches Wiederansiedlungsszenario ist am vorteilhaftesten, um eine langfristig stabile Populationsdynamik zu gewährleisten?
- Auf welche Lebensstadien muss sich das Populationsmanagement konzentrieren, um die langfristige Lebensfähigkeit der Population zu gewährleisten?
- Was ist die optimale Abschöpfungsrate (Jagd, Ernte), die die Lebensfähigkeit der Population nicht gefährdet?

Es gibt viele verschiedene Modelle, die für Populationsgefährdungsanalyse benutzt werden können (Abb. 1). Diese Modelle unterscheiden sich in ihrer Komplexität und in der Art und Auflösung der benötigten Daten.

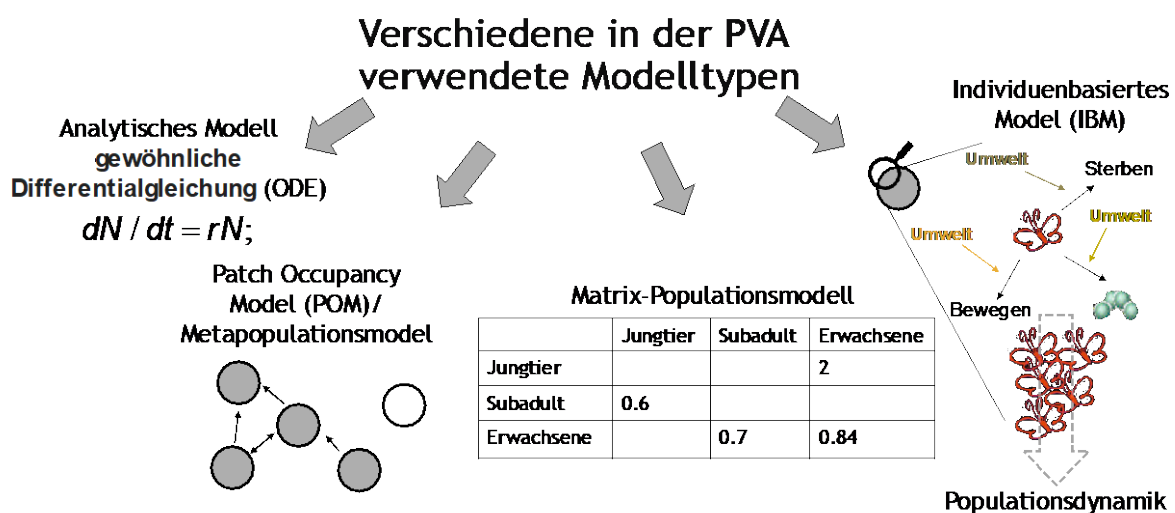


Abb. 1: Verschiedene Modelltypen, die in Populationsgefährdungsanalysen verwendet werden können. Ein grauer Kreis steht für einen besetzten Lebensraum-Patch, ein weißer Kreis für einen unbesetzten Lebensraum-Patch. (Eigene Darstellung)

Zum Beispiel fokussieren sich Metapopulationsmodelle auf die Belegung verschiedener Patches und den Austausch zwischen den Patches (Akçakaya 2000; Hanski 1994). Oft werden Matrix-Populationsmodelle verwendet, die die Populationen in Alters- oder Stadienklassen strukturieren und das Überleben und die Reproduktion dieser Klassen darstellen (Caswell 2002). Und schließlich modellieren individuenbasierte Modelle das Schicksal jedes einzelnen Individuums in der Population, so dass sich aus dem Verhalten jedes einzelnen Individuums die gesamte Populationsdynamik ergibt (Grimm und Railsback 2005). Die Wahl des Modelltyps hängt von der Biologie der Art und von der Verfügbarkeit und Auflösung der Daten ab. So werden beispielsweise für soziale Arten häufiger komplexe Modelle benötigt, wie individuenbasierte Modelle, um komplexe Interaktionen zwischen Individuen darzustellen. Wenn jedoch die Daten zur Darstellung dieser Prozesse nicht verfügbar sind, sollte man sich eher für ein einfacheres Modell entscheiden (Radchuk et al. 2016, 2021).

Das erste Beispiel für eine PVA-Anwendung betrifft den Moor-Perlmutterfalter in Ardennes (Belgien). Es handelt sich um eine eiszeitliche Reliktart, was bedeutet, dass die Lebensräume dieser Schmetterlingsart in Westeuropa (Torfmoore und Feuchtwiesen) durch Tausende von Kilometern feindlicher Matrix von den großen Arealen geeigneter Lebensräume im Norden, z. B. in Finnland, getrennt sind. Diese Art bevorzugt kühlere und feuchtere Bedingungen und ist daher wahrscheinlich nicht in der Lage, dem Temperaturanstieg standzuhalten. Ich habe mich in meiner Doktorarbeit mit der Frage befasst „Wie wird sich die Populationsdynamik dieses Falters in Belgien unter verschiedenen Szenarien des Klimawandels entwickeln?“ Um zu beurteilen, wie sich der Klimawandel auf diese Art auswirkt, müssen wir die Auswirkungen verschiedener Temperaturen auf alle Lebensstadien dieser Arten untersuchen (Radchuk et al. 2013). Zu diesem Zweck haben wir Eier, Raupen und Puppen im Labor verschiedenen Temperaturen ausgesetzt. Anhand dieser Daten haben wir dann mehrere Matrix-Populationsmodelle entwickelt, die verschiedenen Szenarien von Klimaveränderungen entsprechen. Für das Basisszenario des Klimawandels, das der mittleren Temperaturbehandlung im Labor entspricht, wird ein Populationswachstum von 0.97 vorhergesagt, d. h. ein langfristiger Rückgang der Population. Beim Szenario des Temperaturanstiegs, d. h. der Hochtemperaturbehandlung im Labor, wird ein rascher Rückgang der Populationen vorhergesagt, die wahrscheinlich innerhalb der nächsten 12 Jahre aussterben werden. Unsere Sensitivitätsanalyse ergab, dass das Überleben der überwinternden Raupen den größten Einfluss auf die Wachstumsrate der Population hat. Und das Überleben dieses Stadiums wird durch die steigenden Temperaturen negativ beeinflusst. Als Ergebnis dieser Studie haben wir Erhaltung und Etablierung von Grasbüscheln als die wichtigste Maßnahme vorgeschlagen, da die Grasbüschel ein geeignetes Mikroklima für die Raupen bieten und ihre Thermoregulation ermöglichen. Man sollte die Bäume in unmittelbarer Nähe des Moors entfernen, was zu einem höheren Grundwasserspiegel führt und dadurch die Entwicklung von Grasbüscheln fördert. Diese Maßnahmen wurden bei einem Treffen der Ranger, die das Moorschutzgebiet überwachen, vorgestellt und diskutiert.

Das zweite Beispiel für die Anwendung der PVA konzentriert sich auf den Waldrapp, eine charismatische Vogelart. Im Jahr 1504 wurde der Waldrapp durch ein Dekret des Erzbischofs Leonhard von Salzburg zu einer der ersten offiziell geschützten Tierarten der Welt. Trotzdem wurde der Waldrapp in Europa im 17. Jahrhundert durch Bejagung ausgerottet. Dank der Wiederansiedlung in Europa kehrte der Waldrapp 1994 zurück und seit 2002 werden Waldrappe durch das Waldrappteam wieder in Deutschland und Österreich angesiedelt (<http://alt.waldrapp.eu/index.php/de/>). Bis 2019 konnte das Waldrappteam vier Brutkolonien in Süddeutschland und Österreich etablieren. Alle Kolonien teilen sich ein Überwinterungsgebiet in Italien.

Diese vier Kolonien wurden mit handaufgezogenen Vögeln gegründet. Dazu leben zwei Pflegemütter mit Vögeln aus Zoos zusammen, trainieren mit ihnen den Flug und zeigen ihnen im Spätsommer/Herbst die Zugroute nach Italien. In unsere Studie (Drenske et al., 2023) haben wir die Daten bis zum Ende des ersten LIFE-Projekts des Waldrappteams ausgewertet. Die hier vorgestellte Studie war das zentrale Leitpapier für das nachfolgende LIFE-Projekt. Unsere Studie befasste sich mit den folgenden Fragen:

- Kann die Population ohne zusätzliche Maßnahmen zum Populationsmanagement, wie Handaufzucht oder unterstützte Migration, überleben?
- Wie würden sich künftige Maßnahmen zum Populationsmanagement auf die Reproduktion und das Überleben der Population auswirken?

Auch hier benötigen wir Überlebens- und Reproduktionsraten, um ein PVA-Modell zu erstellen. Sinah Drenske, die Hauptautorin dieser Studie, nutzte die verfügbaren Daten, um die jährlichen Überlebensraten für vier Altersgruppen zu schätzen. Sie stellte fest, dass die Überlebensrate der Vögel im ersten Jahr am niedrigsten ist, ungefähr 0.64. Sie testete dann auch Szenarien mit Überlebensraten, die um 10 und 25 % über dem Ausgangswert lagen, wobei sie davon ausging, dass diese Ziele durch Erhaltungsmaßnahmen erreicht werden können. So ähnlich wurde auch für die geschätzte Basisreproduktionsrate die Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Laut dem Basisszenario liegt die Wachstumsrate knapp unter 1, was bedeutet, dass die Waldrapp-Population ohne weitere Hilfe aussterben würde. In den meisten Fällen reichte eine einzige Interventionsmaßnahme, wie die Erhöhung der Reproduktions- oder Überlebensrate einer Altersklasse, nicht aus, um den Rückgang der Population zu verhindern. Um die langfristige Lebensfähigkeit der Population zu erreichen, sollte der Schwerpunkt auf der Verbesserung der Überlebensraten der erwachsenen Tiere liegen. Dafür sollte man illegale Bejagung und Todesfälle durch Stromschlag verhindern. Handaufzucht oder die vorübergehende Aufnahme von Weibchen sind weitere Möglichkeiten, um die Reproduktionsrate zu erhöhen (Drenske et al., 2023).

Ich bin davon überzeugt, dass PVA eines der wichtigsten Modellierungswerkzeuge ist, das die Naturschutzpraxis unterstützen kann, vor allem vor dem Hintergrund von Renaturierung und Klimawandel.

## Literatur

- Akcakaya, H. R. (2000): Viability analyses with habitat-based metapopulation models. *Population Ecology* 42(1): 45 – 53. <https://doi.org/10.1007/s101440050043>.
- Beissinger, S. R. und Westphal, M. I. (1998): On the use of demographic models of population viability in endangered species management. *Journal of Wildlife Management* 62(3): 821 – 841. <https://doi.org/10.2307/3802534>.
- Caswell, H. (2002): *Matrix population models: construction, analysis and interpretation*. 2. Auflage. Oxford University Press: 722 S.
- Drenske, S. et al. (2023): On the road to self-sustainability: reintroduced migratory European northern bald ibises *Geronticus eremita* still need management interventions for population viability. *ORYX* 57(5): 637 – 648. <https://doi.org/10.1017/S0030605322000540>.
- Grimm, V. und Railsback, S. F. (2005): *Individual-based modeling and ecology*. Princeton University Press: 446 S.
- Hanski, I. (1994): A practical model of metapopulation dynamics. *Journal of Animal Ecology* 63(1): 151 – 162. <https://doi.org/10.2307/5591>.

- Pe'er, G. et al. (2013): A protocol for better design, application, and communication of population viability analyses. *Conservation Biology* 27(4): 644 – 656. <https://doi.org/10.1111/cobi.12076>.
- Radchuk, V. et al. (2021): Individual-based Models. In: R. Salguero-Gómez und M. Gamelon (Eds.): *Demographic Methods across the Tree of Life*. Oxford University Press: 213 – 228.
- Radchuk, V. et al. (2016): Simple or complex: Relative impact of data availability and model purpose on the choice of model types for population viability analyses. *Ecological Modelling* 323: 87 – 95. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2015.11.022>.
- Radchuk, V., Turlure, C. und Schtickzelle, N. (2013): Each life stage matters: The importance of assessing the response to climate change over the complete life cycle in butterflies. *Journal of Animal Ecology* 82(1): 275 – 285. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2012.02029.x>.

#### Kontakt:

**Dr. Viktoriia Radchuk**

Abteilung für Ökologische Dynamiken  
Leibniz-Institut für Zoo- und Wildtierforschung (IZW), Berlin  
[radchuk@izw-berlin.de](mailto:radchuk@izw-berlin.de)

### 3.4 Ökologisch-ökonomische Modellierung für effektiven und kosteneffizienten Naturschutz im Klimawandel

Frank Wätzold

#### Problemstellung

Prognosen zufolge soll der Klimawandel im Jahr 2070 der größte Treiber des Biodiversitätsverlusts sein (Dasgupta 2024). Die Gründe sind die Verschiebung von Lebensräumen (in der Nordhalbkugel überwiegend in Richtung des Nordpols und in höhere Höhenlagen) durch deren Erwärmung und sich ändernde Niederschlagsbedingungen. Die notwendige Migration von Arten mit den Lebensräumen wird oft durch die Fragmentierung von Landschaften behindert. Darüber hinaus kommt es auch zu einer phänologischen Anpassung von Arten. Ein Beispiel sind Vögel, die auf Grund höherer Temperaturen im Frühling früher im Jahr brüten. Hier besteht jedoch die Gefahr einer desynchronisierten Anpassung mit anderen Arten, mit denen eine symbiotische Beziehung besteht, und insbesondere in Kulturlandschaften mit der Landnutzung, die für die Arten förderlich oder problematisch sein kann. Ein Beispiel ist die Wiesenmahd. Hier können sich Mahdtermine auf Grund von klimatischen Änderungen so verschieben, dass sie für Wiesenbrüter problematisch sind, da ihre Nester durch die Mahd zerstört werden.

Grundsätzlich hat sich die ökologische-ökonomische Modellierung als erfolgversprechende Methode entwickelt, um effektive und kosteneffiziente Maßnahmen und Politikinstrumente für den Naturschutz zu entwickeln (siehe als Beispiel Wätzold et al. 2016), die auch in Entscheidungshilfesoftware integriert werden kann (Sturm et al. 2018). Unter effektiv wird hierbei verstanden, dass das Naturschutzziel, etwa der Schutz einer gefährdeten Art, erreicht wird und unter kosteneffizient, dass Naturschutzmaßnahmen und Politikinstrumente so ausgestaltet werden, dass für gegebene finanzielle Mittel die Naturschutzziele zu einem möglichst hohen Grad erreicht werden.

#### Integrierte Modellierung als Lösungsansatz

Das Grundprinzip der ökologisch-ökonomischen Modellierung besteht darin, dass eine Landschaft in Zellen eingeteilt wird, für die räumlich differenziert nach Zellen und jeweils für verschiedene Naturschutzmaßnahmen die Kosten und die Auswirkungen auf Arten bestimmt werden. Danach werden in einem Optimierungsverfahren – gegebenenfalls unter Berücksichtigung von Anreizwirkungen durch Politikinstrumente auf das Verhalten von Landnutzern und Landnutzerinnen – diejenigen Flächen und Maßnahmen ausgewählt, die für ein gegebenes Budget den höchsten Naturschutzeffekt erzielen. Abb. 1 illustriert das Grundprinzip unter Berücksichtigung von Klimawandel. Ein Klimamodell bestimmt relevante Klimadaten wie beispielsweise tägliche Temperatur und täglicher Niederschlag. Diese gehen (eventuell noch vermittelt über ein Vegetationsmodell, siehe Gerling et al. 2022) in ein ökologisches Modell ein, das die Auswirkungen von unterschiedlichen Naturschutzmaßnahmen auf Arten unter verschiedenen Klimaszenarien und Zeiträumen flächenspezifisch abschätzt. Die Kosten, beispielsweise Kosten die durch die Verschiebung von Mahdterminen zum Schutz von Wiesenbrütern entstehen, werden im Rahmen von Kostenberechnungen ebenfalls flächenspezifisch und unter verschiedenen Klimaszenarien und Zeiträumen bestimmt. Durch Optimierung werden dann für unterschiedliche Klimaszenarien und Zeiträume effektive und kosteneffiziente Maßnahmen und gegebenenfalls Politikinstrumente bestimmt.



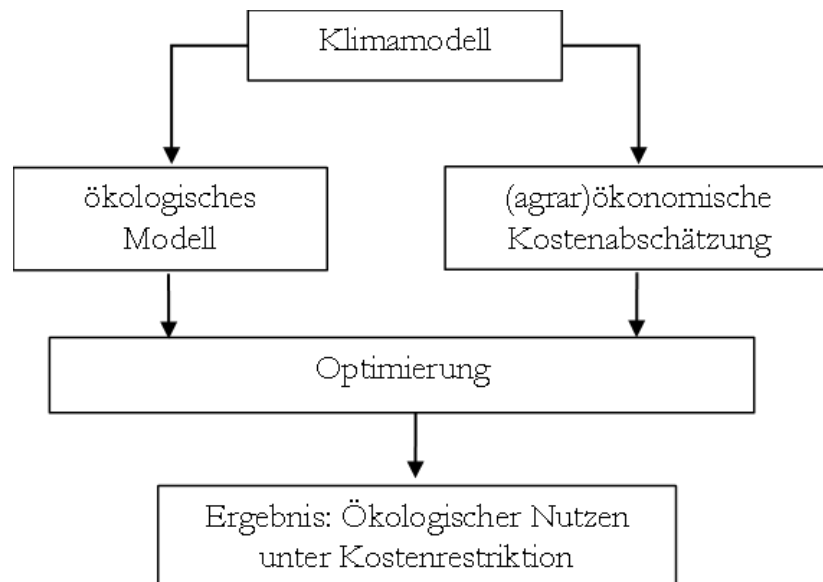


Abb. 1: Schema eines ökologisch-ökonomischen Modells mit Integration von Klimadaten (Eigene Darstellung)

### Ausgewählte Ergebnisse

Basierend auf den hier vorgestellten Grundüberlegungen haben Gerling et al. (2022) ein ökologisch-ökonomisches Modell verbunden mit einem Klimamodell entwickelt, mit dessen Hilfe kosteneffiziente Maßnahmen zum Schutz der Sumpfschrecke als Indikatorart im Feuchtgrünland in Schleswig-Holstein für die Zeitscheiben 2020-2039 und 2060-2079 entwickelt wurden. Gerling et al. (2023b) haben das Modell erweitert und die Kosteneffizienz der Politikinstrumente Flächenkauf und langfristige Pachtverträge für den Zeitraum 2020-2079 verglichen und Gerling et al. (2023a) haben die Veränderungen von kosteneffizienten Agrarumweltprogrammen zum Schutz von Wiesenbrütern im Klimawandel mit Hilfe eines ökologisch-ökonomischen Modells untersucht. Unabhängig von den Modellierungsergebnissen finden interessierte Leser\*innen Politikempfehlungen zum Biodiversitätsschutz im Klimawandel bei Gerling und Wätzold (2021) und Wätzold et al. (2020).

### Literatur

- Dasgupta, P. (2024): The economics of biodiversity. The Dasgupta Review. Cambridge University Press. Cambridge: 550 S.
- Gerling, C., Drechsler, M. et al. (2022): Climate–ecological–economic modelling for the cost-effective spatiotemporal allocation of conservation measures in cultural landscapes facing climate change. *Q Open* 2(1). qoac004. <https://doi.org/10.1093/qopen/qoac004>.
- Gerling, C., Drechsler, M. et al. (2023a): Time to consider the timing of conservation measures: Designing cost-effective agri-environment schemes under climate change. *Agricultural and Resource Economics Review* 52(2): 231 – 249 . <https://doi.org/10.1017/age.2023.4>.
- Gerling, C., Drechsler et al. (2023b): Cost-Effective Policy Instruments for Biodiversity Conservation Under Climate Change – the Need for Flexibility. Available at SSRN 4617809. [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=4617809](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4617809). (Letzter Zugriff: 13.11.2024)
- Gerling, C., & Wätzold, F. (2021). An economic evaluation framework for land-use-based conservation policy instruments in a changing climate. *Conservation Biology* 35(3): 824 – 833. <https://doi.org/10.1111/cobi.13631>.

- Wätzold, F., Drechsler, M. et al. (2016): A novel, spatiotemporally explicit ecological-economic modeling procedure for the design of cost-effective agri-environment schemes to conserve biodiversity. *American Journal of Agricultural Economics* 98(2): 489 – 512. <https://doi.org/10.1093/ajae/aav058>.
- Sturm, A., Drechsler, M. et al (2018): DSS-Ecopay–A decision support software for designing ecologically effective and cost-effective agri-environment schemes to conserve endangered grassland biodiversity. *Agricultural Systems* 161: 113-116. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2018.01.008>.
- Wätzold, F., Feindt, P. H. et al. (2020): Wie die Politik auf die Bedrohung der Biodiversität in Agrarlandschaften durch den Klimawandel reagieren kann: Stellungnahme des Wissenschaftlichen Beirats für Biodiversität und Genetische Ressourcen beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. *Berichte über Landwirtschaft – Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft*. <https://buel.bmel.de/index.php/buel/article/view/330>. (Letzter Zugriff: 13.11.2024)

#### Kontakt:

##### **Prof. Dr. Frank Wätzold**

Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg  
Lehrstuhl Volkswirtschaftslehre, insbesondere Umweltökonomie  
[waetzold@b-tu.de](mailto:waetzold@b-tu.de)

## 4 Session III: Modellierung für Renaturierung

### 4.1 Modellierung zur Unterstützung der Wiederherstellung von Seegraswiesen

Boris Schröder-Esselbach, Matteo Lattuada, Lars Kamperdicks, Thorsten B. H. Reusch, Katharina Keszy, Mia M. Bengtsson und Maike Paul

#### Wiederherstellung von Seegraswiesen – Motivation

Seegraswiesen – in der Ostsee größtenteils gebildet aus Gewöhnlichem Seegras, *Zostera marina* – fördern Biodiversität und liefern wichtige Ökosystemleistungen wie Kohlenstoffbindung sowie Sedimentstabilisierung, die für den Küstenschutz von großer Bedeutung sind (United Nations Environment Programme 2020). Eutrophierung und Verschmutzung, erhöhte Wassertrübung, Aktivitäten wie Bagger- und Schleppnetzfisherei sowie das Vordringen invasiver Arten führen zu einer erheblichen Verschlechterung der Seegras-Lebensräume (Waycott et al. 2009) und dem weit verbreiteten Rückgang von Seegraswiesen. Vor allem in der Ostsee hat das Gewöhnliche Seegras einen erheblichen Lebensraumverlust erlitten, wobei die Seegraswiesen in diesen Gewässern den größten Flächenrückgang in den europäischen Meeren verzeichneten. Glücklicherweise hat sich dieser Trend in den letzten Jahren umgekehrt, was wahrscheinlich auf die verbesserte Wasserqualität zurückzuführen ist (de los Santos et al. 2019). Diese jüngsten Verbesserungen bieten eine gute Ausgangssituation, um Erhaltungs- und Wiederherstellungsmaßnahmen in der Ostseeregion voranzutreiben.

Das SeaStore-Projekt zielt darauf ab, die wissenschaftliche Grundlage für eine robuste und wissenschaftlich fundierte Wiederansiedlung von Seegras in südbaltischen Gewässern zu schaffen und damit dem Verlust von Seegraswiesen durch die Entwicklung wirksamer Wiederherstellungsmethoden entgegenzuwirken. Dabei fokussiert das Projekt auf das Verständnis der Lebensraumbedingungen und die Wiederherstellung von Seegraswiesen in der südlichen Ostsee, wo frühere Wiederherstellungsversuche mehrfach gescheitert sind (HELCOM 2021). Das Projekt schließt Wissenslücken in Bezug auf die ökologischen Präferenzen der Pflanze sowie hydrodynamische Schwellenwerte für die Wiederansiedlung. Zudem bewertet es die Auswirkungen von natürlichen und wiederhergestellten Seegraswiesen mit Blick auf die Ökosystemleistungen Sedimentstabilisierung und Kohlenstoffspeicherung sowie den ökologischen Wert anhand von Nahrungsnetzen. 2024 wurde das SeaStore-Projekt in der UN-Dekade zur Wiederherstellung von Ökosystemen ausgezeichnet.

#### Modellierungsansätze in der Forschung zur Wiederherstellung von Seegraswiesen

In der Forschung zur Wiederherstellung von Seegraswiesen liefern verschiedene Modellierungsverfahren wichtige Beiträge. So liefern Habitatmodelle bzw. Verbreitungsmodelle (sog. species distribution models oder environmental niche models, Schröder 2008; Elith & Leathwick 2009; Zurell et al. 2020) einerseits einen fundamentalen Beitrag zum Verständnis der ökologischen Nische des Seegrases, indem sie die Effekte verschiedener Umweltvariablen und ihres Zusammenwirkens auf die Verbreitungsmuster von Seegras beschreiben. So sind etwa Lichtverfügbarkeit, hydrodynamische Verhältnisse und Salzgehalt wesentliche Umweltvariablen, die die Verbreitung von Seegras begrenzen (Bertelli et al. 2022). Zum anderen ermöglichen die Modelle die Identifikation geeigneter Wiederansiedlungsflächen, indem sie die Habitateignung auf Basis der Ausprägung der Umweltvariablen räumlich explizit vorhersagen. Unbesiedelte Flächen mit hoher Habitateignung sind folglich potentielle Wiederansiedlungsstandorte mit erhöhter Erfolgswahrscheinlichkeit. In der deutschen Ostsee untersuchten

Schubert et al. (2015) und Bobsien et al. (2021) mit Habitatmodellen die Verbreitung von Seegras in Abhängigkeit von mehreren Umweltvariablen und schätzten unter anderem hydrodynamische Schwellenwerte für das Vorkommen von Seegras ab. Die Modellergebnisse dieser Studien spielten eine wichtige Rolle bei der Auswahl der Untersuchungsflächen für das SeaStore-Projekt.

Zur Erweiterung der Habitateignungsmodelle wurden in SeaStore nicht nur während der Felduntersuchungen erhobene Daten verwendet, sondern zudem öffentlich verfügbare Datensätze zu weiteren relevanten Umweltvariablen integriert (u. a. geografische Variablen wie die „Entfernung von Flussmündungen“, die mit dem Nährstoffinput aus der Landwirtschaft zusammenhängt, Abb. 1).

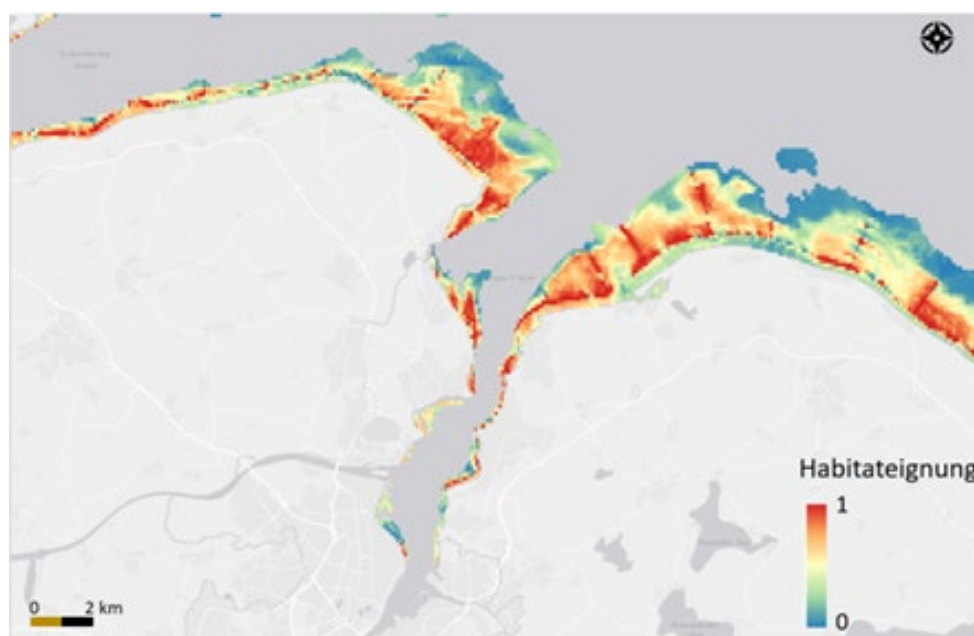


Abb. 1: Habitateignungskarte als Ergebnis der Verbreitungsmodellierung: Vorhersage der Habitateignung für Gewöhnliches Seegras, *Zostera marina*, in der Kieler Förde basierend auf Umweltvariablen, welche die drei Bereiche Bathymetrie/Terrain (Tiefe, Neigung, Exposition, Distanz zur Küste/zu Flüssen), Lichtverfügbarkeit/Nährstoffe (Partikelkonzentration, Chlorophyllgehalt, Trübung) sowie Hydrodynamik (Wellenhöhe, Wellenperiode) abdecken. Verwendet wurde ein Random Forest Modell zur Abschätzung der Habitateignung/Vorkommenswahrscheinlichkeit (Modellgüte:  $AUC^* = 0.95$ ). Unbesiedelte Flächen mit hoher Habitateignung sind potentielle Wiederansiedlungsstandorte mit erhöhter Erfolgswahrscheinlichkeit. (Eigene Darstellung)

\* Area Under Curve (Fläche unter der Receiver-Operating-Characteristic (ROC) Curve, auch Konkordanzindex) – ein Maß für die Qualität von Verbreitungsmodellen, das Werte zwischen 0.5 (entsprechend einem Modell mit konstant vorhergesagte Vorkommenswahrscheinlichkeit) und 1 (perfekte Trennung zwischen Vorkommen und Nichtvorkommen) annehmen kann (Reineking & Schröder 2004).

Außerdem haben wir solcherart statistische Modellansätze der Verbreitungsmodellierung dafür verwendet, Eigenschaften der Seegraspflanzen und der Seegrasbestände vorherzusagen (sog. trait-distribution models, Abb. 2). Solcherlei Informationen sind eine Grundvoraussetzung dafür, die Bereitstellung von Ökosystemleistungen wie z. B. die Kohlenstoffspeicher-

fähigkeit abschätzen zu können, wie sie nach der Wiederherstellung der Seegraswiesen zu erwarten sind (Orth et al. 2020).

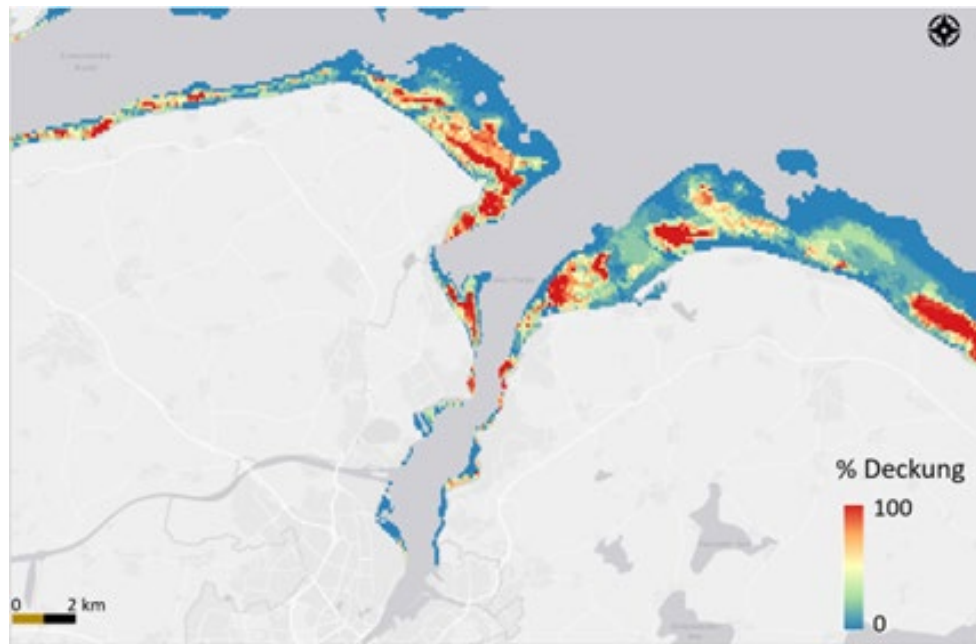


Abb. 2: Karte der vorhergesagten Deckung [%] des Gewöhnlichen Seegrases, *Zostera marina*, in der Kieler Förde basierend auf den in Abb. 1 verwendeten Prädiktoren. Verwendet wurde ein Random Forest Modell (Modellgüte AUC = 0.85). (Eigene Darstellung)

Zur Ermittlung von Schwellenwerten der Hydrodynamik für die Wiederansiedlung von Seegras wurden Versuche im Wellenkanal als physikalisches Modell durchgeführt. Die durchgeführten Messungen wurden ebenfalls mit statistischen Modellen – hier mit einem Cox proportional hazard Modell zur Survival-Analyse – ausgewertet. Sie unterstützen die Ermittlung geeigneter Wiederansiedlungsstandorte und die Bestimmung standortspezifischer Anforderungen für die Wiederansiedlung. Zudem ermöglichen sie die Ermittlung der Notwendigkeit und Dimensionierung technischer Maßnahmen, wie z. B. Zäune aus Weidenästen zur Verringerung der hydrodynamischen Kräfte als temporäre Wiederansiedlungshilfe, zur Wiederansiedlung von Seegras am jeweiligen Standort. Wir konnten zeigen, dass die hydrodynamischen Schwellenwerte für eine Wiederansiedlung niedriger sein müssen als sie für etablierte Wiesen abgeschätzt wurden, da neu gepflanzte Triebe mehrere Tage benötigen, um sich nach dem Einsetzen an einem neuen Standort zu verankern (Kamperdicks et al., in Revision).

### Integration verschiedener Modelle in ein Entscheidungsunterstützungssystem zur Wiederansiedlung von Seegras

Die Verbreitungsmodelle, Modelle zur Abschätzung bereitgestellter Ökosystemleistungen (z.B. Schibalski et al. 2022) wie auch die Ergebnisse der Wellenkanalexperimente werden in ein Entscheidungsunterstützungssystem integriert. Ergänzt werden diese umweltbezogenen Rahmenbedingungen für die Wiederansiedlung hierbei durch Informationen zum lokalen Flächenmanagement sowie zu politischen und gesetzmäßigen Rahmenbedingungen, die ebenfalls einen Einfluss auf den Erfolg der Wiederansiedlung haben. Zum Ende des Nachfolgeprojekts SeaStore2 wird dieses Werkzeug mit seinen Modellen die Entscheidungsträger\*innen bei der Planung von Maßnahmen zur Wiederansiedlung von Seegraswiesen unterstützen.

Wichtige Rahmenbedingungen, die dafür notwendig sind, Modellierungsmethoden und -ergebnisse für die Politikberatung und in der Naturschutzpraxis nutzen zu können, sind in unseren Augen (i) Qualitätsstandards für Modelle wie z.B. ODMAP für Verbreitungsmodelle (Zurell et al. 2020) oder auch ODD für Individuenbasierte Modelle (Grimm et al. 2020), (ii) frei zugängliche, konsistente Geodaten z. B. als Prädiktor- und ggf. auch Response-Variablen in Verbreitungsmodellen sowie (iii) ein Co-Design von Szenarien und Referenzzuständen als Vergleichsgrundlage.

## Literatur

- Bertelli, C. M. et al. (2022): The use of habitat suitability modelling for seagrass: A review. *Frontiers in Marine Science* 9: 997831. <http://doi.org/10.3389/fmars.2022.997831>.
- Bobsien, I. C. et al. (2021): Modeling eelgrass spatial response to nutrient abatement measures in a changing climate. *Ambio* 50(2): 400-412. <http://doi.org/10.1007/s13280-020-01364-2>.
- de los Santos, C. B. et al. (2019): Recent trend reversal for declining European seagrass meadows. *Nature Communications* 10(1): 3356. <http://doi.org/10.1038/s41467-019-11340-4>.
- Elith, J., Leathwick, J.R. (2009): Species distribution models: Ecological explanation and prediction across space and time. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 40: 677-697. <http://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.110308.120159>.
- Grimm, V. et al. (2020): The ODD protocol for describing agent-based and other simulation models: A second update to improve clarity, replication, and structural realism. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 23(2): 7. <http://doi.org/10.18564/jasss.4259>.
- HELCOM (2021): Restoration measures for coastal habitats in the Baltic Sea: cost-efficiency and areas of highest significance and need. HELCOM ACTION report. <https://helcom.fi/wp-content/uploads/2021/11/Restoration-measures-for-coastal-habitats-in-the-Baltic-Sea.-cost-efficiency-and-areas-of-highest-significance-and-need.pdf>. (Letzter Zugriff: 26.09.2024)
- Kamperdicks, L., Lattuada, M. et al. (in revision): Enhancing seagrass restoration success: Detecting and quantifying mechanisms of wave-induced dislodgement. *Science of Total Environment*.
- Orth, R. J. et al. (2020): Restoration of seagrass habitat leads to rapid recovery of coastal ecosystem services. *Science Advances* 6(41): eabc6434. <http://doi.org/10.1126/sciadv.abc6434>.
- Reineking, B. und Schröder B. (2004): Gütemaße für Habitatmodelle. In: Dormann, C.F., Blaschke, T., Lausch, A., Schröder, B. und Söndgerath, D. (Hrsg.): *Habitatmodelle – Methodik, Anwendung, Nutzen*. UFZ-Berichte 9/2004: 27-37. [https://www.ufz.de/index.php?en=20939&pub\\_id=4453](https://www.ufz.de/index.php?en=20939&pub_id=4453). Gesamter Tagungsband: [https://www.researchgate.net/publication/234061593\\_Habitatmodelle\\_-\\_Methodik\\_Anwendung\\_Nutzen](https://www.researchgate.net/publication/234061593_Habitatmodelle_-_Methodik_Anwendung_Nutzen). (Letzter Zugriff: 26.09.2024)
- Schibalski, A. et al. (2022): Spatiotemporally explicit prediction of future ecosystem service provisioning in response to climate change, sea level rise, and adaptation strategies. *Ecosystem Services* 54: 101414. <http://doi.org/10.1016/j.ecoser.2022.101414>.
- Schröder, B. (2008): Challenges of species distribution modelling belowground. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 171(3): 325-337. <http://doi.org/10.1002/jpln.200700027>.
- Schubert, P. et al. (2015): Mapping and modeling eelgrass *Zostera marina* distribution in the western Baltic Sea. *Marine Ecology Progress Series* 522: 79-95. <https://doi.org/10.3354/meps11133>.
- United Nations Environment Programme (2020). Out of the blue: The value of seagrasses to the environment and to people. UNEP, Nairobi: 96 S. <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/32636/seagrass.pdf>. (Letzter Zugriff: 14.11.2024)

Waycott, M. et al. (2009): Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106(30): 12377-12381. <http://doi.org/10.1073/pnas.0905620106>.

Zurell, D. et al. (2020): A standard protocol for reporting species distribution models. *Ecography* 43: 1261-1277. <http://doi.org/10.1111/ecog.04960>.

#### Kontakt:

**Prof. Dr. Boris Schröder-Esselbach\*, Dr. Matteo Lattuada, Lars Kamperdicks, Thorsten B. H. Reusch, Dr. Katharina Kesy, Dr. Mia M. Bengtsson und Dr. Maike Paul**

\*Institut für Ökologie, Fachgebiet Ökosystemkunde und Pflanzenökologie  
Technische Universität Berlin  
[Schroeder-esselbach@tu-berlin.de](mailto:Schroeder-esselbach@tu-berlin.de)



## 4.2 Modellbasierte Wahrscheinlichkeit der Nichtnutzung im Wald als Hinweis auf potenzielle Wälder mit natürlicher Entwicklung

Falko Engel

### Hintergrund

In der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt (NBS) hat sich die Bundesregierung 2007 das Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2020 5 % der Waldfläche Deutschlands einer natürlichen Waldentwicklung (NWE) zu überlassen. Die aktuelle Bilanz der NWE-Flächen zeigt, dass das 5 %-Ziel trotz einer deutlichen Zunahme auf 3,1 % noch nicht erreicht ist (Steinacker, Engel und Meyer 2023). Unter Berücksichtigung bereits heute geplanter weiterer NWE-Flächen, z. B. bei der Erweiterung der Naturzonen der Nationalparks, werden sich zukünftig 4,1 % der Waldfläche eigendynamisch entwickeln. Es ist daher notwendig, weitere NWE-Flächen zu identifizieren, um das 5 %-Ziel zu erreichen. Dies sollte möglichst systematisch geschehen, um einen effektiven Schutz der Biodiversität zu gewährleisten. Nach Möglichkeit sollten Flächen ausgewählt werden, die die in der derzeitigen NWE-Flächenkulisse repräsentierte Biodiversität komplementär ergänzen und einen hohen naturschutzfachlichen Ausgangswert haben. Um Konflikte mit wirtschaftlichen Interessen zu vermeiden, ist es von Vorteil, neue NWE-Flächen vorrangig dort auszuwählen, wo ein geringes Nutzungsinteresse besteht. Die Vermeidung von Konflikten (bei gleichzeitiger Erfüllung der naturschutzfachlichen Ziele) erleichtert die Zielerreichung.

Ein Hilfsinstrument bei der Auswahl neuer NWE-Flächen kann die von Engel (2019) modellierte Wahrscheinlichkeit für Nichtnutzung im Wald sein. Diese gibt Hinweise auf mögliche NWE-Potenzialflächen. NWE-Potenzialflächen sind Flächen, auf denen mit hoher Wahrscheinlichkeit eine natürliche Entwicklung stattfindet, diese jedoch nicht durch eine rechtliche Sicherung dauerhaft als Bestimmungszweck festgelegt ist. Diese Flächen liegen dort, wo eine Nutzung durch den Menschen nicht mit dem Ziel einer natürlichen Entwicklung, sondern aus anderen Gründen unterbleibt.

### Modellierung der Wahrscheinlichkeit für Nichtnutzung

Die Modellierung der Wahrscheinlichkeit der Nichtnutzung wurde mit Hilfe eines Regressionsmodells realisiert (Engel 2019). Dabei wurde die Methode Spike-and-Slab GAM (Scheipl, Fahrmeir und Kneib 2012) verwendet, bei der es sich um einen Bayes'schen Ansatz mit Variablen- und Modellselektion handelt. Die Datenbasis des Modells besteht aus der binären abhängigen Variable Nichtnutzung (ja/nein) an Traktecken der Bundeswaldinventur (BWI). Als erklärende Variablen gingen bundesweit verfügbare Rasterdaten in das Modell ein (Digitales Geländemodell (DGM), Digitales Landbedeckungsmodell, Digitales Landschaftsmodell, Open Street Map und Daten des DWD). Daraus wurden folgende Größen abgeleitet, die in einer räumlichen Auflösung von 25 m für den gesamten Wald in Deutschland zur Verfügung standen: Hangneigung, Topographic Roughness Index, Distanz zur Erschließung, Waldtyp, Vertical Distance to Channel Network (VDCN), Topographic Wetness Index, Anteil Edge Area, Proximity Index und mittlerer Jahresniederschlag. Die VDCN ist der Abstand der Geländeoberfläche zu einem Grundwasserkörper, der grob aus DGM und Oberflächengewässern abgeleitet wird. Weitere Beschreibungen der Variablen sind bei Engel (2019) zu finden.

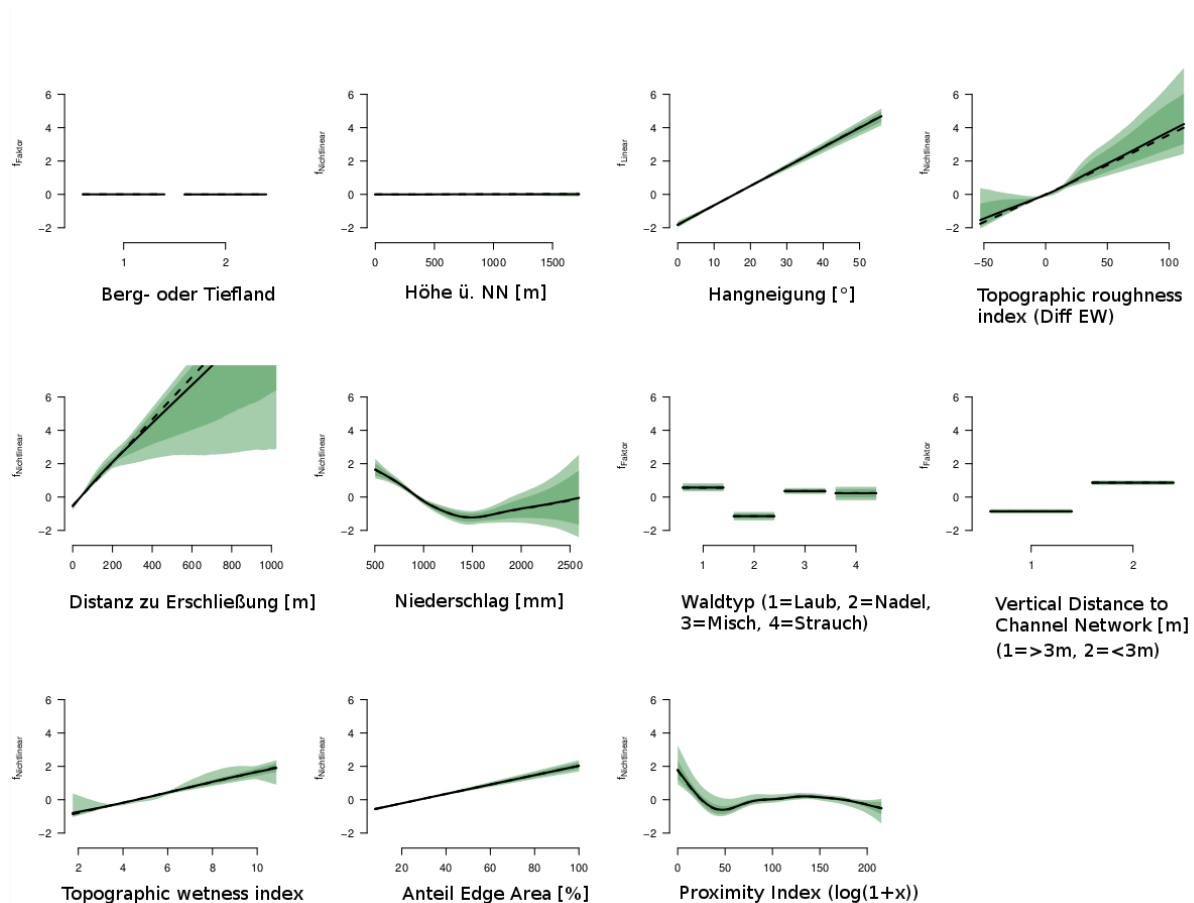


Abb. 1: Marginale Effekte der Variablen. Konfidenzbänder und Mittelwert bzw. Median der Modell-durchläufe des Spike-and-Slab GAM. Diff. EW: Differenz zum Erwartungswert (Eigene Darstellung)

Die marginalen Effekte beschreiben den Einfluss der Variablen auf die vorhergesagte Wahrscheinlichkeit (Abb. 1). Die vier wichtigsten Variablen im Modell sind der Waldtyp, die VDCN, die Distanz zur Erschließung und die Hangneigung. Flächen mit dem Waldtyp “Nadelwald” führen zu einer geringeren Wahrscheinlichkeit für Nichtnutzung, was plausibel erscheint, da Nadelwälder in der Regel künstlich zum Zweck der Holznutzung angelegt wurden. Eine VDCN von weniger als 3 Metern führt zu einer erhöhten Wahrscheinlichkeit. Dies ist auch plausibel, da tendenziell hohe Grundwasserstände die Bewirtschaftung erschweren. Eine hohe Distanz zur Erschließung und eine hohe Hangneigung führen erwartungsgemäß ebenfalls zu einer höheren Wahrscheinlichkeit für Nichtnutzung.

Das Endprodukt der Modellierung ist eine Wahrscheinlichkeitskarte für Nichtnutzung für den gesamten Wald in Deutschland mit einer Auflösung von 25 x 25 Metern (Abb. 2).

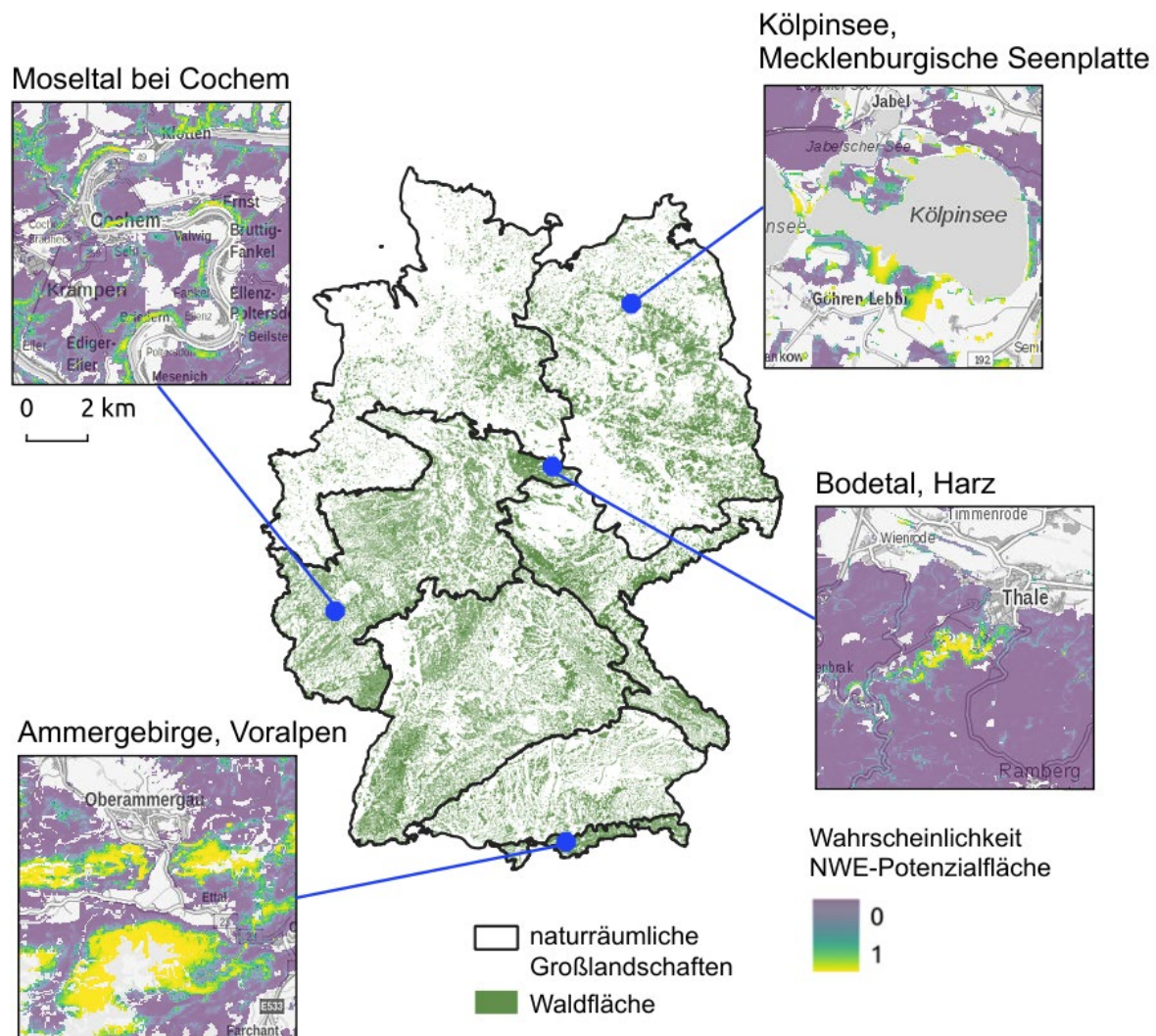


Abb. 2: Beispielhafte Ausschnitte aus der Karte der Wahrscheinlichkeit der Nichtnutzung mit Wald-übersicht in Deutschland. Wahrscheinlichkeiten liegen für den Gesamtwald mit einer räumlichen Auflösung von 25 x 25 m vor. Räumliche Gliederung: Naturräumliche Großlandschaften (BfN 2008), Hintergrundkarte und Waldecke: © GeoBasis-DE / BKG (2019)

## Fazit

Auf Flächen, die mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht genutzt werden, ist von einer Synergie zwischen hohem Naturschutzwert und geringem Nutzungsinteresse auszugehen. Bei der Suche nach weiteren potenziellen NWE-Gebieten kann eine solche Modellierung Hinweise auf ggf. geeignete Flächen liefern, die einen wichtigen Beitrag zur Lösung von Zielkonflikten zwischen Schutz- und Nutzungszielen leisten würden. Eine weitere Verwendung des Modellergebnisses im Rahmen eines Optimierungsprozesses ist denkbar (vgl. Seebach und Braunisch 2022).

Da das Modellergebnis nur eine Wahrscheinlichkeit für Nichtnutzung darstellt, müssen die tatsächlichen Verhältnisse auf den Flächen überprüft werden. Bei der Suche nach neuen NWE-Flächen sind Aspekte des zukünftigen Flächenmanagements von großer Bedeutung. Um spätere Konflikte zu vermeiden, müssen bereits bei der Flächenauswahl und -abgrenzung Belange der Verkehrssicherung, des Forstschatzes, des Wildtiermanagements und der Besucherlenkung berücksichtigt werden. Auch bestehende naturschutzfachliche Vorgaben - z. B. auf

Grundlage der Fauna-Flora-Habitat (FFH)-Richtlinie -, die einem Prozessschutz entgegenstehen, oder andere rechtliche Verpflichtungen sind zu berücksichtigen (Steinacker, Engel, und Meyer 2023).

Die Modellergebnisse werden voraussichtlich in ein Entscheidungsunterstützungssystem einfließen, das derzeit im Rahmen des vom Bundesamt für Naturschutz geförderten Projekts NWeQZIF (NW-FVA 2024) entwickelt wird.

## Literatur

- BfN (Bundesamt für Naturschutz) (2008): Daten zur Natur 2008. Landwirtschaftsverlag. Münster: 368 S.
- BKG (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie) (2019): Datenquellen: [https://sgx.geodatenzentrum.de/web\\_public/gdz/datenquellen/Datenquellen\\_TopPlus\\_Open\\_01.09.2023.pdf](https://sgx.geodatenzentrum.de/web_public/gdz/datenquellen/Datenquellen_TopPlus_Open_01.09.2023.pdf). (Letzter Zugriff 22.11.2024)
- Engel, F. (2019): Perspektiven und Potenziale für die Gestaltung eines kohärenten Systems von Wäldern mit natürlicher Entwicklung in Deutschland. Göttingen: Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen. <http://hdl.handle.net/21.11130/00-1735-0000-0005-132D-4>. (Letzter Zugriff: 18.11.2024)
- NW-FVA (Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt) (2024): „NWeQZIF – Natürliche Waldentwicklung (NWE) in Deutschland – Qualitätssicherung und Verbesserung des Zugangs zu Informationen über den Flächenbestand“. NWeQZIF – NW-FVA. <https://www.nw-fva.de/forschen/projekte/nweqzif>. (Letzter Zugriff: 18.11.2024)
- Scheipl, F., Fahrmeir, L. und Kneib, T. (2012): „Spike-and-Slab Priors for Function Selection in Structured Additive Regression Models“. Journal of the American Statistical Association 107(500): 1518–32. <https://doi.org/10.1080/01621459.2012.737742>.
- Seebach, L., und Braunisch, V. (2022): „Systematische Herleitung von Prioritätsflächen für die Ausweisung neuer Prozessschutzgebiete in Baden-Württemberg. Wo sollen die "Urwälder von morgen" entstehen?“ Natur und Landschaft 97(02): 62–70. <https://doi.org/10.19217/NuL2022-02-01>.
- Steinacker, C., Engel, F. und Meyer, P. (2023): „Natürliche Waldentwicklung in Deutschland: auf dem Weg zum 5 %-Ziel der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt“. Natur und Landschaft 98(12): 545–52. <https://doi.org/10.19217/NuL2023-12-01>.

## Kontakt:

**Dr. Falko Engel**

Abteilung Waldnaturschutz; Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (NW-FVA)  
[falko.engel@nw-fva.de](mailto:falko.engel@nw-fva.de)

### 4.3 Reorganisation des Auwaldökosystems angesichts pathogen-induzierter Mortalität, Klimawandel und veränderter hydrologischer Bedingungen

Stefanie Henkel

#### Hintergrund

Auwälder zählen zu den produktivsten und artenreichsten Ökosystemen der Welt (Kowalska et al. 2020; Tockner und Stanford 2002). Durch natürliche Hydrodynamik entsteht ein Mosaik an verschiedensten Lebensräumen, die eine Vielzahl an bedrohten Tier- und Pflanzenarten beherbergen (Ellenberg und Leuschner 2010). Neben ihrer Habitatfunktion liefern sie weitere wichtige Ökosystemleistungen wie Klimaregulierung, natürlichen Hochwasserschutz oder Erholung (Petsch et al. 2023; Scholz et al. 2012).

Auwälder gehören aber auch zu den bedrohtesten Ökosystemen. Der Erhaltungszustand von Hartholzauenwäldern, die natürlicherweise von der Stieleiche (*Quercus robur* L.), den drei Ulmenarten (Feld, Flatter und Bergulme – *Ulmus minor* Mill., *U. laevis* Pall., *U. glabra* Huds.) und der Gewöhnlichen Esche (*Fraxinus excelsior* L.) geprägt sind, ist europaweit ungenügend bis schlecht, weshalb Auwälder europaweit nach FFH-Richtlinie geschützt sind (Gutte 2011; Koenzen und Günther-Diringer 2021). Der Leipziger Auwald beherbergt hierbei einen der bedeutendsten und größten zusammenhängenden innerstädtischen Hartholzauenwälder Europas (Kasperidus und Scholz 2011; Scholz et al. 2012).

Zu den wichtigsten Stressoren, die dafür verantwortlich sind, dass Auwälder derzeit komplexe Reorganisationsprozesse durchlaufen, gehören:

- 1. Anthropogen veränderte Hydrodynamik:** Durch wasserbauliche Maßnahmen wie Flussbegradigungen und Eindeichung wurde der Auwald vom Wasser entkoppelt, weshalb es seit ca. 100 Jahren keine regelmäßigen Überflutungen mehr gibt und der Grundwasserspiegel gesunken ist, maßgeblich auch durch den Tagebau. Dies führte dazu, dass sich für die Aue untypische Arten wie der schattentolerante, aber überflutungsintolerante Ahorn (hier v.a. Bergahorn (*Acer pseudoplatanus* L.)) ausbreiten konnten, während Schlüsselarten wie die lichtliebende Stieleiche stark im Bestand zurückgingen (Wirth et al. 2021).
- 2. Klimawandel:** 2018-2020 waren die trockensten und heißesten aufeinanderfolgenden Jahre der letzten 250 Jahre (Rakovec et al. 2022). Extreme Dürreperioden verstärken die Austrocknung des Auwaldes und verschärfen die Schadwirkung invasiver Pathogene, was die Zusammensetzung und Struktur des Auwaldes stark verändern kann.
- 3. Invasive Pathogene:** Neben dem Ulmensterben und der Ahorn-Rußrindenkrankheit ist das durch einen Schlauchpilz verursachte Eschentriebsterben heutzutage die besorgniserregendste Baumkatastrophe. Mittlerweile beträgt der Anteil toter Eschen im Leipziger Auwald 60 %, und es gibt keine Esche ohne Schadsymptome mehr (Scholz et al. 2024). Da die Esche mit 45 % Anteil im Oberstand die dominante Baumart ist, führt ihr Ausfall zu Lücken im Kronendach und einer erhöhten Lichtverfügbarkeit in den unteren Waldschichten, was das Wachstum der übrigen Bäume beeinflusst.



## Ziel der Studie

Ziel der Studie war es deshalb herauszufinden, welchen Einfluss die Auflichtung durch das Eschentriebsterben (ETS) auf die Wachstumsreaktionen der Hauptbaumarten im Leipziger Auwald hat. Unsere Hypothesen lauteten:

1. Alle Arten profitieren generell von der Auflichtung durch das ETS
2. Der Effekt der Auflichtung durch das ETS ist abhängig von den hydrologischen Bedingungen, wobei die positiven Effekte auf feuchten Standorten stärker ausgeprägt sind als auf trockenen
3. Bäume in verschiedenen Kronenschichten reagieren unterschiedlich:
  - 3.1. Bäume im Unterstand profitieren besonders von Störungen im Kronendach, da der relative Anstieg der Lichtverfügbarkeit größer ist als im Oberstand.
  - 3.2. Bäume im Oberstand zeigen schwache Reaktionen auf das Eschentriebsterben, da sie weniger durch Konkurrenz um Ressourcen eingeschränkt werden.
4. Die Wachstumsreaktionen sind artspezifisch.

## Methoden

Die Daten für die Studie wurden im Rahmen des wissenschaftlichen Langzeit-Monitorings des Projektes „Lebendige Lupe“ erhoben. Dafür wurden in der Leipziger Nordwest-Aue 60 Dauerbeobachtungsflächen (Plots) à 0,25 ha nach dem BACI-Design (Before-After/Control-Impact) eingerichtet (Seele-Dilbat et al. 2022). Anhand zweier Bauminventuren (Erstinventur 2013/14 und 2016/17, Zweitinventur 2020/21) wurden alle Gehölze mit einem Brusthöhendurchmesser (BHD)  $\geq 5$  cm kartiert und verschiedene Parameter (u.a. BHD, Vitalität, Schäden, Kraft'sche Klasse) erhoben (Rieland et al. 2024). Seit 2016 wird zudem eine jährliche Eschenbonitur durchgeführt, die die Entwicklung der Schadsymptome der Eschen dokumentiert (Scholz et al. 2024). Anhand eines Grundwassermodells konnte für jeden Baum ein individueller Grundwasserflurabstand berechnet werden.

Wir nutzten lineare gemischte Modelle (Linear Mixed Models, LMM, Baayen 2008), um den Einfluss der Auflichtung durch das ETS und der Hydrologie auf das Wachstum der Hauptbaumarten abzuschätzen, separat für den Ober- und Unterstand (da nicht alle Arten gleichermaßen im Ober- und Unterstand vertreten sind). Wir nutzten die relative Wachstumsrate (RGR) als Antwortvariable, und Art, ETS und Grundwasserflurabstand sowie all deren Interaktionen bis zur dritten Ordnung als Testprädiktoren. Als Kontrollprädiktoren verwendeten wir Plotdichte, Baumvitalität, Schadsummendifferenz und den Zeitraum zwischen den Inventuren. Wir inkludierten Plot ID und Baum ID (um für abhängige Wachstumsantworten durch Zwiesel zu korrigieren) als random effects, sowie eine maximale random slopes structure. Alle Analysen wurden in R (Version 4.3.1) durchgeführt.

## Ergebnisse

Allgemein wurden die höchsten Wachstumsraten für die drei Ahornarten Spitz-, Berg- und Feldahorn beobachtet. Das Wachstum im Unterstand war generell höher als im Oberstand (Abb. 1). Auf erhöhte Auflichtung durch das ETS reagierten die meisten Arten sowohl im Ober- als auch im Unterstand generell positiv auf feuchten und negativ auf trockenen Standorten (Abb. 2). Die Bäume profitierten also nicht wie erwartet generell von der erhöhten Lichtverfügbarkeit, sondern die Wasserverfügbarkeit war ein entscheidender Faktor dafür, ob die

Bäume von der Auflichtung profitieren konnten. Im Oberstand war dieser hydrologieabhängige Effekt eher schwach ausgeprägt und artunabhängig, wohingegen er im Unterstand stark ausgeprägt und artabhängig war (Abb. 2).

Im Unterstand profitierten v. a. Spitz- und Bergahorn auf feuchten Standorten am meisten und waren gleichzeitig am wenigsten auf trockenen Standorten limitiert (im Gegensatz zu Hainbuche und Winterlinde), ein Zeichen dafür, dass sie gegenüber anderen Arten sehr konkurrenzstark sind und mit neuen Bedingungen am besten zurechtkommen (Abb. 2). Die Ulme reagierte kaum auf Auflichtung und Wasserverfügbarkeit, was sich womöglich auf ihren vegetativen Reproduktionsmechanismus zurückführen lässt, der sie relativ unempfindlich für Veränderungen der Umweltbedingungen macht. Die Ulme wird laut unseren Ergebnissen wohl in der Unterschicht erhalten bleiben, auch wenn sie in der Oberschicht aufgrund des Ulmensterbens höchstwahrscheinlich keine große Rolle mehr spielen wird. Die Hainbuche litt auf trockenen Standorten sehr stark unter der Auflichtung, was überraschend war, da sie als moderat bis stark trockenheitstolerant gilt. Diese negativen Reaktionen der Hainbuche, wie auch die der Winterlinde, können jedoch durch eine indirekte Konkurrenzwirkung des Ahorns erklärt werden. Der Ahorn, und hier v. a. der Bergahorn, wies eine sehr hohe Abundanz und hohe Rekrutierung im Unterstand (Abb. 3) sowie in der Strauchschicht (vgl. Darnstaedt et al. 2024) auf. Es ist wahrscheinlich, dass der Bergahorn aufgrund seiner stark ausgeprägten Dominanz andere Arten verdrängt, und hier v. a. auch die Verjüngung der naturschutzfachlich besonders wichtigen Stieleiche verhindert (Abb. 3).

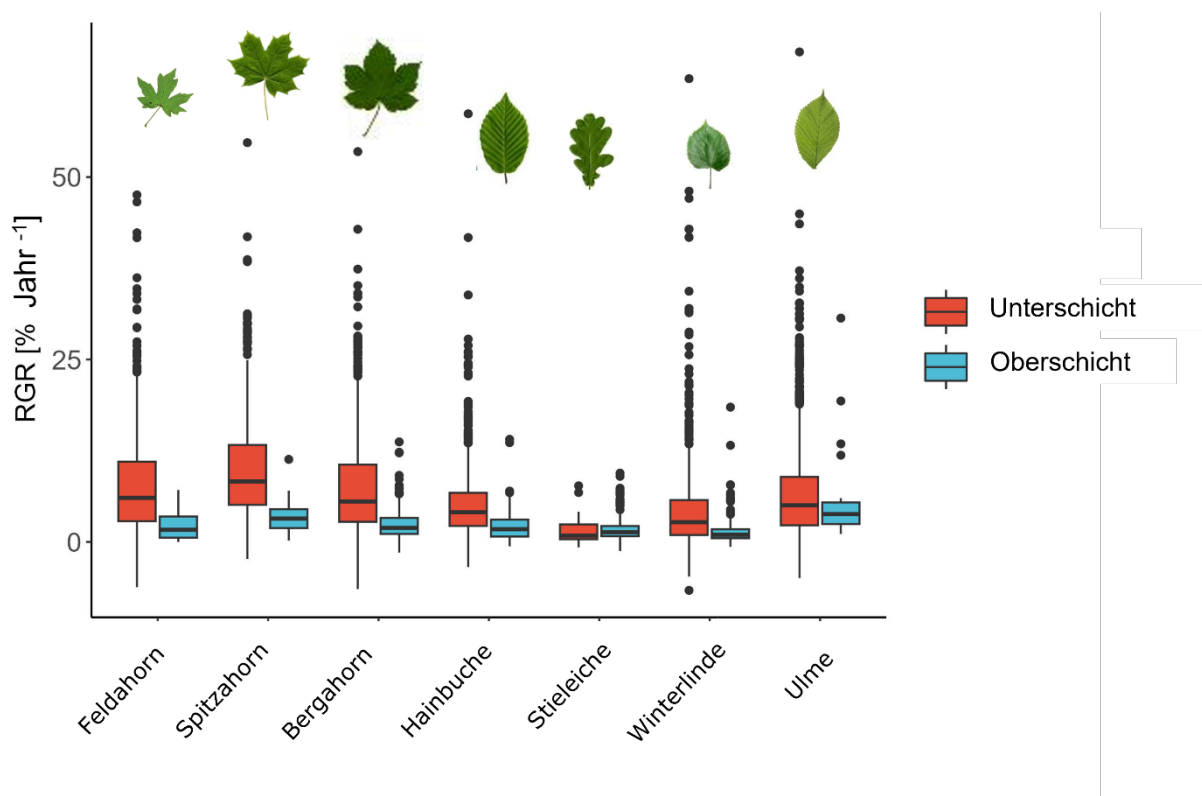


Abb. 1: Relative Wachstumsraten (relative growth rate, RGR) für die Hauptbaumarten in der Ober- und Unterschicht des Leipziger Auwaldes. (Abbildung modifiziert nach Henkel et al. (2024))



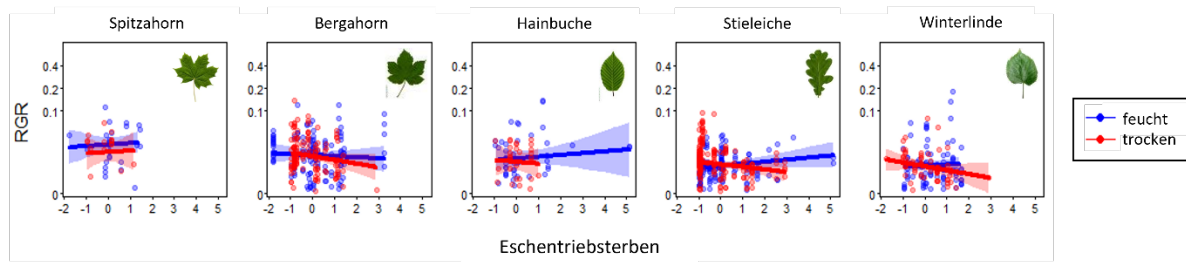
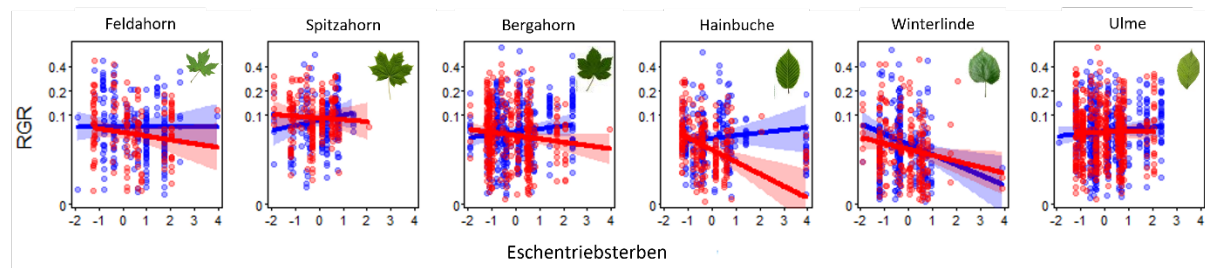
**Oberstand****Unterstand**

Abb. 2: Wachstumsreaktionen der Hauptbaumarten auf eine erhöhte Auflichtung durch das Eschentriebsterben (ETS) in Abhängigkeit der hydrologischen Bedingungen für den Ober- und Unterstand im Leipziger Auwald. Da es kaum Feldahorn und Ulme im Oberstand und kaum Eichen im Unterstand gibt, wurden diese in den jeweiligen Modellen ausgenommen. RGR = relative Wachstumsrate. (Abbildung modifiziert nach Henkel et al. (2024))

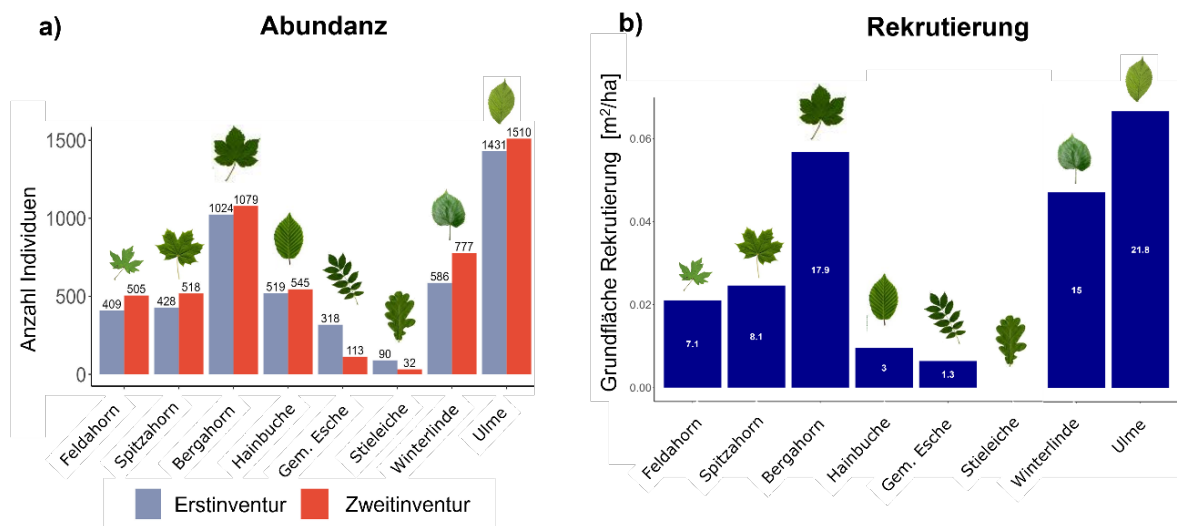


Abb. 3: a) Anzahl der Individuen pro Art in der Unterschicht für die Erst- und Zweitinventur im Leipziger Auwald. b) Rekrutierung (= Verjüngung in die kleinste Durchmesserklasse von 5-20 cm, basierend auf der Grundfläche) für die Hauptbaumarten des Leipziger Auwaldes. (Abbildungen modifiziert nach Henkel et al. (2024))

## Fazit und Ausblick

Unsere Ergebnisse lassen darauf schließen, dass die meisten Baumarten nur von der Auflichtung durch das Eschentriebsterben profitieren können, wenn die Wasserverfügbarkeit hoch ist. Eine zeitnahe und substantielle Revitalisierung natürlicher Hydrodynamik auf möglichst großer Fläche ist deshalb essentiell, um eine Baumartenzusammensetzung zu erhalten, die für den Schutz des Lebensraumtyps Hartholzauenwald und die Funktion des Ökosystems wichtig ist, und um konkurrenzstarke Arten wie Berg- und Spitzahorn zurückzudrängen anstatt sie zu fördern. Die ökologisch besonders wertvolle Stieleiche kann sich aufgrund der Dominanz des Bergahorns nicht mehr natürlich verjüngen und sollte durch naturnahe Methoden der Eichenpflanzung (Femel auf Mortalitätsflächen) gefördert werden. Das Eschentriebsterben befand sich während unseres Studienzeitraums noch in der Anfangsphase und begann erst nach 2020 deutlich an Intensität zu gewinnen. Ein kontinuierliches Monitoring der weiteren Entwicklung ist deshalb von entscheidender Bedeutung. Wichtig anzumerken ist, dass wir in unserem Modell Wachstumsraten als einen wichtigen Teilaspekt von Reorganisationsprozessen betrachten. Um einen umfassenderen Blick über die Reorganisation des Waldsystems zu erhalten ist es jedoch wichtig, weitere demographische Raten (Mortalität und Rekrutierung) mit einzubeziehen, was derzeit mit Hilfe von demographischen Wachstumsmodellen erreicht wird (Elles et al. 2024).

## Literatur

- Baayen, R. H. (2008). Analyzing linguistic data. A practical introduction to statistics. Cambridge University Press.
- Darnstaedt, F., Engelmann, R., Hartmann, T. et al. (2024). Gehölzbestand der Strauchschicht im Stieleichen-Ulmen-Hartholzauenwald (*Quercus-Ulmetum minoris* ISSLER 1942) im Projekt-gebiet Lebendige Luppe in der Elster-Luppe-Aue bei Leipzig [UFZ-Bericht].
- Ellenberg, H., & Leuschner, C. (2010). Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen: In ökologischer, dynamischer und historischer Sicht (6th ed.). UTB, Stuttgart.
- Elles, L., Boyce, J., Henkel, S. et al. (2024). Die Entwicklung der Baumartenzusammensetzung im Leipziger Auwald in Abhängigkeit vom Grundwasserspiegel: Prognosen eines demografischen Waldmodells [UFZ-Bericht].
- Gutte, P. (2011). Das *Quercus-Ulmetum minoris* Issler 1942, der Stieleichen- Ulmen-Hartholzwald, in der Elster-Luppe-Aue bei Leipzig. *Mauritiana*, 22, 213–242.
- Henkel, S., Richter, R., Andrzejak, K. et al. (2024). Floodplain forests under stress: How ash dieback and hydrology affect tree growth patterns under climate change [Preprint]. Research Square. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4676274/v1>
- Kasperidus, H. D., & Scholz, M. (2011). Auen und Auenwälder in urbanen Räumen. In C. Wirth, A. Reither, U. Zäumer, & H. D. Kasperidus (Eds.), *Der Leipziger Auwald—Ein dynamischer Lebensraum; Tagungsband zum 5. Leipziger Auensymposium am 16. April 2011* (UFZ-Bericht 6/2011, pp. 26–30). Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ.
- Koenzen, U., & Günther-Diringer, D. (2021). Auenzustandsbericht 2021 (1st ed.). Bundesamt für Naturschutz. <https://doi.org/10.19217/brs211>
- Kowalska, N., Šigut, L., Stojanović, M. et al. (2020). Analysis of floodplain forest sensitivity to drought. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 375(1810), 20190518. <https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0518>

- Petsch, D. K., Cionek, V. de M., Thomaz, S. M. et al. (2023). Ecosystem services provided by river-floodplain ecosystems. *Hydrobiologia*, 850(12), 2563–2584. <https://doi.org/10.1007/s10750-022-04916-7>
- Rakovec, O., Samaniego, L., Hari, V. et al. (2022). The 2018–2020 Multi-Year Drought Sets a New Benchmark in Europe. *Earth's Future*, 10(3), 1–11. <https://doi.org/10.1029/2021EF002394>
- Rieland, G., Scholz, M., Engelmann, R. A. et al. (2024). Tree inventory dataset of floodplain forest, Leipzig, Germany [Dataset]. PANGAEA. <https://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.968663>
- Scholz, M., Mehl, D., Schulz-Zunkel, C. et al. (2012). Ökosystemfunktionen von Flussauen. BfN: Naturschutz und Biologische Vielfalt, 124.
- Scholz, M., Till, J., Rieland, G. et al. (2024). Die Entwicklung des Eschentriebsterbens von 2016 bis 2023 im Leipziger Auwald [UFZ-Bericht].
- Seele-Dilbat, C., Engelmann, R., Hartmann, T. et al. (2022). Untersuchungsdesign der naturwissenschaftlichen Begleitung im Projekt Lebendige Luppe. UFZ-Bericht, 02/2022, 21–42.
- Tockner, K., & Stanford, J. A. (2002). Riverine flood plains: Present state and future trends. *Environmental Conservation*, 29(3), 308–330. <https://doi.org/10.1017/S037689290200022X>
- Wirth, C., Engelmann, R. A., Haack, N. et al. (2021). Naturschutz und Klimawandel im Leipziger Auwald: Ein Biodiversitätshotspot an der Belastungsgrenze. *Biologie in unserer Zeit - Biuz*, 51(1), 55–65. <https://doi.org/10.11576/biuz-4107>

**Kontakt:****Dr. Stefanie Henkel**

Universität Leipzig und Helmholtz Zentrum für Umweltforschung (UFZ)  
[shenkel@uni-leipzig.de](mailto:shenkel@uni-leipzig.de), [stefanie.henkel@ufz.de](mailto:stefanie.henkel@ufz.de)

#### 4.4 Modellierungsansätze für die Bewertung von Mooregebieten durch optische und radar-basierte Fernerkundungsdaten

Gohar Ghazaryan, Lena Krupp, Nele Landgraf, Simon Seyfried und Claas Nendel

Intakte Moore sind reich an organischem Material und spielen eine wichtige Rolle beim Klimaschutz, da sie große Mengen an Kohlenstoff binden und speichern können. Außerdem beherbergen sie eine einzigartige biologische Vielfalt, sorgen durch die Regulierung des Grundwasserspiegels für einen ausgeglichenen Wasserhaushalt und tragen dadurch zur Klimaanpassung bei. Die landwirtschaftliche Nutzung von Mooren ist jedoch nahezu immer mit einer Entwässerung und Absenkung des Grundwasserspiegels verbunden und führt in der Regel zu einer Degradierung des Torfkörpers und einem damit verbundenen Kohlenstoffverlust. Eine Wiedervernässung und Wiederherstellung des ökologischen Ausgangszustands von degradierten Mooren ist aufgrund der wichtigen ökologischen Funktionen des Ökosystems wünschenswert und leistet durch die Umkehr der Treibhausgasbilanz hin zur Wiederfestlegung von CO<sub>2</sub> durch Torfwachstum einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz. Eine genaue Beobachtung und Bewertung dieser Gebiete ist für eine bessere Erhaltung und angepasste Bewirtschaftung unerlässlich.

Das Projekt MoorgrünFE<sup>1</sup> zielt darauf ab, die Methoden zur Beobachtung von Grünland auf Moorböden zu verbessern. Dazu werden verschiedene Fernerkundungstechnologien, Modellierungen mit Algorithmen des maschinellen Lernens und prozessbasierte Modelle wie MONICA eingesetzt (Khaledi et al. 2024), um Daten zu sammeln und zu analysieren. Die Untersuchungen, welche auch umfangreiche Feldarbeit umfassen, werden in mehreren Gebieten durchgeführt (Abb. 1). So konnten im Jahr 2023 an mehr als 130 Probenahmestellen über 390 Bodenproben gezogen werden. Die Datenerhebung an diesen Punkten umfasste außerdem eine Messung der Artenzahl, der Vegetationshöhe und -bedeckung und die Erfassung von Hyperspektralbildern. Die meisten der untersuchten Moore werden aktuell wiedervernässt oder die Wiedervernässung beginnt in nächster Zeit. Das bedeutet, dass im Projekt keine Gebiete mit Mooren im natürlichen Zustand untersucht werden, sondern Feuchtwiesen, die auf Torfböden wachsen und in unterschiedlicher Intensität bewirtschaftet werden. Auf diesen Flächen findet Beweidung statt und/oder sie werden gemäht. Ein wichtiger Aspekt des Moor-Monitorings ist die Bewertung des Grundwasserspiegels, welche hier anhand von Radardaten des Sentinel-1-Satelliten durchgeführt wurde. Ein hoher Grundwasserspiegel verringert die Verfügbarkeit von Sauerstoff, was die Torfzersetzung verlangsamt und die CO<sub>2</sub>-Emissionen reduziert. Sentinel-1 liefert mittels Radarsensor bzw. der Rückstreuung von emittierten Radarwellen Daten, durch welche Veränderungen des Grundwasserspiegels erkannt werden können. Nach einer Vorverarbeitung der Daten, wie z.B. Orbit-Filterung, Polarisation- und Speckle-Filterung, werden diese Messungen mit vor Ort gemessenen Grundwasserflurabständen verglichen. Um diese Daten effektiv zu analysieren, werden Methoden wie Dynamic Time Warping (DTW) und Kreuzkorrelation verwendet, die die Variabilität der Grundwasserflurabstände gut abbilden. Dieser Ansatz ist entscheidend für das Verständnis der hydrologischen Dynamik von Mooren und ihrer Rolle bei der Kohlenstoffspeicherung.

---

<sup>1</sup> Nutzung von nah- und fernerkundlichen Daten verschiedener Sensoren für die Entwicklung von alternativen Modellierungsansätzen zur Bewertung von organischem Bodenkohlenstoff (SOC) und seiner Dynamik auf landwirtschaftlich genutztem Grünland auf Moorböden (<https://moorgruenfe.de/>)



Abb. 1: Forschungsgebiete des MoorgrünFE-Projekts  
(Eigene Darstellung)

Die Intensität der Landnutzung ist ein weiterer wichtiger Faktor, welcher Moore beeinflusst. Die Sentinel-1- und Sentinel-2-Daten werden zur Ableitung von Anzeigern für die Intensität der Landnutzung verwendet, indem Veränderungen von Vegetationsindizes über die Jahreszeiten beobachtet werden. Dies hilft zu verstehen, wie sich unterschiedliche Bewirtschaftungspraktiken (Mahdhäufigkeit, Beweidungsintensität) auf den Zustand der Moore auswirken. Die Intensität der Landnutzung wird durch die Analyse der zeitlichen Variation der Vegetationsindizes (VI) der einzelnen Pixel gemessen. Die Anzahl der lokalen Minima der VI-Werte im Laufe eines Jahres spiegelt die Intensität der Landnutzung wider. Das entsprechende Modell wird anschließend mit Hilfe von Landnutzungsdaten aus den Testgebieten validiert.

Die Biodiversität ist ein Schlüsselindikator für den ökologischen Zustand von Mooren. Sentinel-2 liefert hochauflösende optische Daten, die für die Kartierung von Vegetationstypen wichtig sind. Durch die Kombination von bodengestützten Vegetationskartierungen mit digitalen Höhenmodellen und Produkten, welche aus den Sentinel-2-Daten erstellt wurden, können wir verschiedene Vegetationstypen klassifizieren und somit ein Monitoring der Vegetation ermöglichen. Unter Einsatz von maschinellem Lernen (Random-Forest-Algorithmen) werden die Daten analysiert und genaue Vegetationsklassifikationen erstellt. Dies ermöglicht eine detaillierte und genaue Analyse von Vegetationsveränderungen im Laufe der Zeit, was für die Beurteilung des ökologischen Zustands von Mooren von entscheidender Bedeutung ist. Auch hyperspektrale Sensoren können zur Bewertung der Biodiversität von Mooren beitragen. In dieser Studie wurde der Nahbereichssensor Specim IQ zur Erfassung detaillierter Spektral-Informationen in 204 Bändern genutzt. Die hyperspektrale Nahaufnahme ermöglicht die Klassifizierung von Pflanzenarten auf der Grundlage ihrer einzigartigen Spektral-Signaturen. Diese Technologie ist besonders nützlich für das Monitoring von Arten, die für Moore von besonderer Bedeutung sind und spezifische Funktionen erfüllen (beispielsweise Kennarten oder Zeigerpflanzen für die Stickstoffverfügbarkeit). Die klassifizierten Nahaufnahmen können mit



anderen Fernerkundungsdaten (Drohnen- und Satellitendaten) kombiniert werden, um das Verständnis von Biodiversität und ihrer zeitlichen Veränderung zu verbessern.

Eine wesentliche Voraussetzung für die Untersuchung der Kohlenstoffbindungspotenziale von Mooren ist die exakte Bestimmung und Bewertung des organischen Kohlenstoffgehalts des Bodens. Der im Labor ermittelte Anteil an organischem Bodenkohlenstoff der gesammelten Bodenproben wird als Trainings- und Validierungsdatensatz für die Erstellung von Modellen und die anschließende großflächige Modellierung (mittels Random Forest) von organischem Bodenkohlenstoff verwendet (Abb. 2).

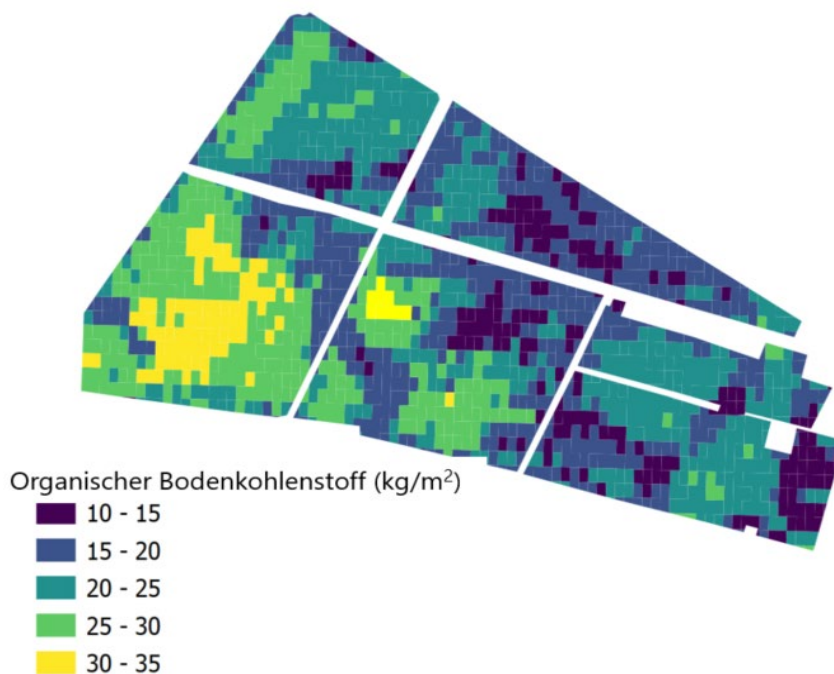


Abb. 2: Sentinel-2-basierte Karte des organischen Kohlenstoffs im Boden für Daten im Jahr 2023 im Gebiet Paulinenaue, Brandenburg (Eigene Darstellung)

Unsere Studie zeigt, dass Sentinel-1- und Sentinel-2-Satellitendaten von unschätzbarem Wert für das Monitoring verschiedener Aspekte zur Bewertung von Mooren sind. Dazu gehören der Grundwasserspiegel, die Vegetation, die Bewirtschaftungsintensität und der Kohlenstoffgehalt im Boden. Die Integration von optischen Daten und Radardaten liefert einen umfassenden Überblick über das Ökosystem und ermöglicht effektivere Management- und Schutzstrategien. Daten zu den komplexen Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Parametern in Moor-Ökosystemen liefern hier wichtige Erkenntnisse. Veränderungen des Grundwasserspiegels, des Vegetationszustandes und der Landnutzungspraktiken wirken stark aufeinander ein und beeinflussen den Gesamtzustand und die Nachhaltigkeit der Nutzung dieser Gebiete. Diese Komplexität unterstreicht den Bedarf an integrierten Monitoringansätzen, die diese Wechselwirkungen erfassen können und einen ganzheitlichen Blick auf das Ökosystem ermöglichen. Die Verwendung von Copernicus-Daten mit zusätzlichen Sensordaten, wie hyperspektralen und Nahbereichssensoren, bietet ein erhebliches Potenzial zur Verbesserung der Monitoringgenauigkeit und -effizienz. Dieser Multisensor-Ansatz ermöglicht eine detailliertere und genauere Bewertung verschiedener ökologischer Parameter, die für eine effektive Erhaltung und Bewirtschaftung entscheidend sind (Ghazaryan et al. 2024). Umfassende Referenzdaten

von hoher Qualität sind für die kontinuierliche Entwicklung und Verfeinerung von Monitoringmethoden unerlässlich. Genaue Kenntnis der Bodenparameter ist entscheidend für das Training und die Validierung von Klassifizierungsmodellen, die auf Fernerkundungsdaten basieren, um zuverlässige und robuste Vorhersagen zu gewährleisten. Die Übertragung dieser Methoden von der lokalen auf die regionale oder nationale Ebene stellt jedoch aufgrund der unterschiedlichen Umweltbedingungen und Landnutzungspraktiken eine große Herausforderung dar. Im nächsten Schritt folgen szenarienbasierte Analysen unter Nutzung bereits erhobener Daten und prozessbasierte Modellierung. Unter Einsatz von MONICA werden die Auswirkungen sich ändernder Rahmenbedingungen, wie Klimawandel und Management, identifiziert. Der Zustand des Grünlandes und die Dynamik des organischen Kohlenstoffgehaltes im Boden wird erfasst und modelliert, um nachhaltige szenarienbasierte Managementstrategien zu erstellen.

### Literatur

- Khaledi, V., Kamali, B., Lischeid, G., Dietrich, O., Davies, M. F. und Nendel, C. (2024): Challenges of Including Wet Grasslands with Variable Groundwater Tables in Large-Area Crop Production Simulations. *Agriculture* 14(5): 679. <https://doi.org/10.3390/agriculture14050679>
- Ghazaryan, G., Krupp, L., Landgraf, N., Seyfried, S. und Nendel, C. (2024): Enhancing peatland monitoring through multisource remote sensing: Optical and radar data applications. *International Journal of Remote Sensing*. <https://doi.org/10.1080/01431161.2024.2387133> (in Press).

### Kontakt:

**Dr. Gohar Ghazaryan\*, Lena Krupp, Nele Landgraf, Simon Seyfried und Prof. Dr. Claas Nendel**

Arbeitsgruppe Landschaftsmodellierung  
Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF)

\*[Gohar.Ghazaryan@zalf.de](mailto:Gohar.Ghazaryan@zalf.de)



---

## 5 Session IV: Postervorstellungen

### 5.1 Biodiversitätswandel besser erfassen: KI-gestützte Extraktion von Biodiversitätsdaten aus Schriftgut

Aron Marquart, Sandra Sánchez-Páez, Stefanie Paß, Franziska Schuster und Christian Bölling

Naturhistorische Sammlungen bergen eine Fülle biodiversitätsrelevanter Daten. Dokumente wie Sammlungsetiketten, Expeditionsberichte, Eingangskataloge und weitere schriftliche Überlieferungen im Sammlungskontext können direkt oder indirekt Aufschluss über die Biodiversität der jeweiligen Untersuchungsgebiete und Zeiträume in der Vergangenheit geben. Die für historische Zeiträume ableitbaren Artinformationen zu Vorkommen, Abundanz und Habitaten können bei der Analyse langfristiger Trends und als Indikatoren für den Zustand von Landschaftsräumen und Ökosystemen in der Vergangenheit verwertet werden. Bislang sind diese Daten weitestgehend nicht erschlossen, da eine manuelle Auswertung der Quellen und eine Transformation der Daten in gemäß FAIR-Prinzipien (Wilkinson et al. 2016) strukturierte Datenformate aufgrund der inhaltlichen und strukturellen Heterogenität und Komplexität der Dokumente und der Menge des Quellenmaterials nicht wirtschaftlich ist. Verfahren der Künstlichen Intelligenz können diesen Prozess erheblich beschleunigen und skalierbar machen. Im Projekt Collection Mining werden am Museum für Naturkunde Berlin Workflows zur KI-gestützten Informationsextraktion aus Digitalisaten von Dokumenten aus dem Sammlungskontext entwickelt (Belot et al. 2023). Die KI-gestützte Informationsextraktion ist als ein modularer Anwendungsworkflow von fünf aufeinander aufbauenden, funktionalen Schritten konzipiert (Abb. 1): (1) Vorprozessierung der Bilder zur Qualitätsverbesserung für die folgenden Schritte des Workflows, (2) Layoutanalyse zur Identifikation und Kategorisierung relevanter Bildbereiche wie Textblöcke und Zeilen, (3) Schriftanalyse zur Texterkennung auf syntaktischer Ebene, (4) Semantisches Parsing detektiert Kategorien semantischer Entitäten innerhalb des erkannten Texts (z.B. taxonomische Namen, Personen, Orte) und (5) Disambiguierung und Verlinkung, bei der erkannte Entitäten durch Verlinkung mit Normdateneinträgen identifiziert werden.

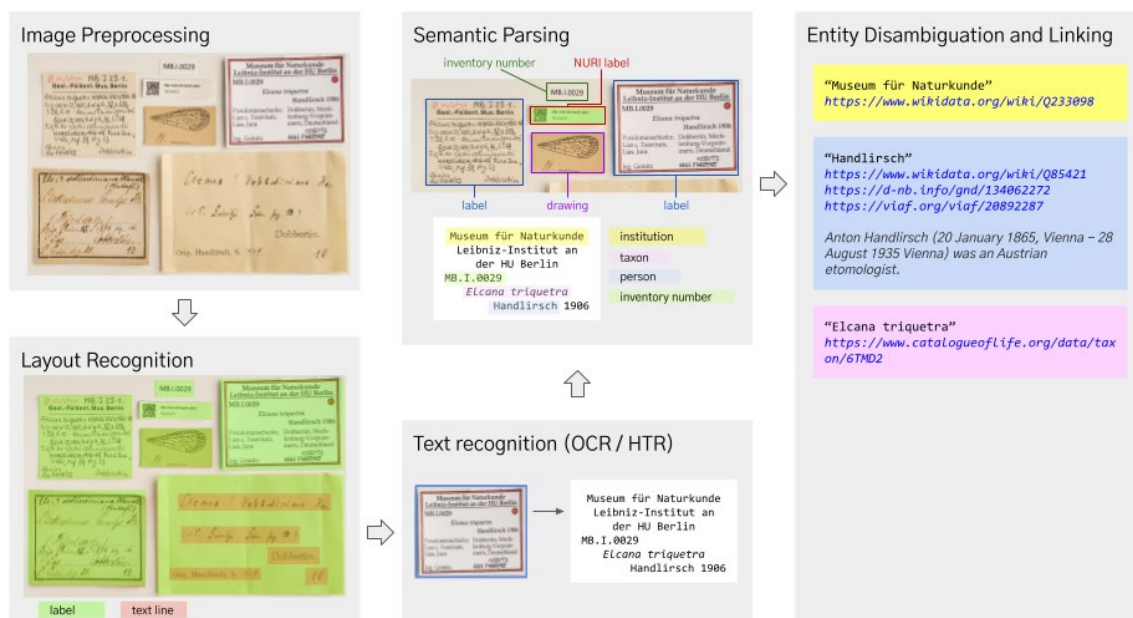


Abb. 1: Modularer Workflow der KI-gestützten Informationsextraktion. (Eigene Darstellung)

In einem vom Innovationsfonds des Museums für Naturkunde geförderten Pilotprojekt wurden anhand von Inhalten der vom MfN herausgegebenen wissenschaftlichen Zeitschriften Deutsche Entomologische Zeitschrift (Deutsche Entomologische Zeitschrift 2024), Zoosystematics and Evolution (Zoosystematics and Evolution 2024) und Fossil Record (Fossil Record 2024) die Voraussetzungen für eine durch Künstliche Intelligenz (KI) gestützte Informationsextraktion für biodiversitätsrelevante Daten untersucht. Im Fokus stehen dabei Angaben zum raumzeitlichen Auftreten biologischer Arten (Occurrences) in Verbindung mit Informationen zu Habitaten und, sofern verfügbar, weiteren biodiversitätsrelevanten Kontextinformationen. Zur Entwicklung eines KI-basierten Ansatzes für die Informationsextraktion wurde ein entsprechendes Datenmodell zur Extraktion von Occurrence-Daten entwickelt, ein Textkorpus aus den Zeitschriften (Abb. 2) auf Basis des Modells manuell annotiert und die Daten der erfassten Beobachtungsereignisse als RDF (Resource Description Framework) serialisiert (Abb. 3). Ziel ist auf Basis des annotierten Korpus die Entwicklung eines Text-Mining-Workflows, mit dem die in Dokumenten enthaltenen Informationen zu Sammlungsobjekten und zum raumzeitlichen Auftreten biologischer Arten aus natürlichsprachlichem Fließtext extrahiert und in einem strukturierten Datenformat verfügbar gemacht werden können.

die ja von Berliner Sammlern in der Gefangenschaft öfter erzielt werde. **Bischoff** zeigt ein Pärchen des mehr westdeutschen *Trichius zonatus gallicus* Heer vor, das er Anfang Juni 1899 an blühendem Rhabarber bei Wiesenburg i. M. gefangen habe. Die Art ist neu für Brandenburg. Ferner gibt er eine neue

Subgraph for Entity No. 5707 in  
10.1002/mmnd.191519150208 (Berliner Entomologische Zeitschrift 1915, 1915/2), 445 Entities, 514 Relations

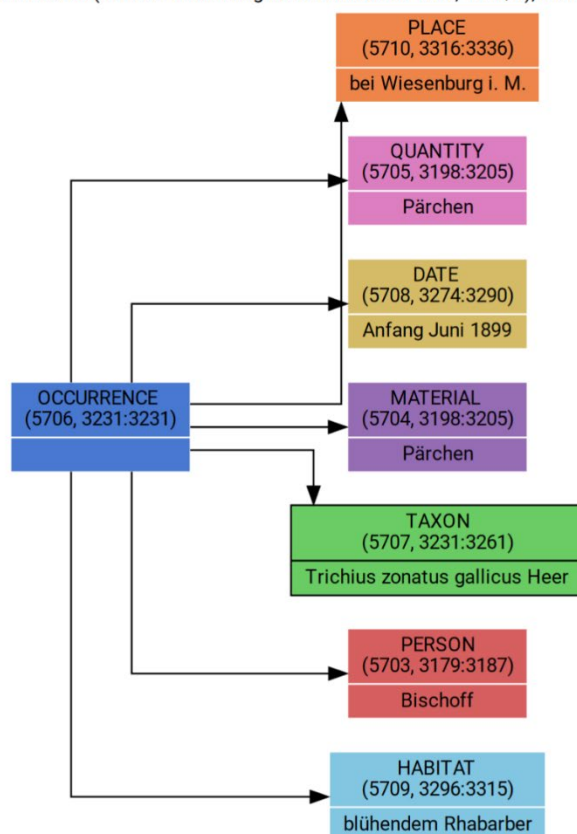


Abb. 2: Textpassage aus Berliner Entomologische Zeitschrift 1915/2 (1915), S. 204 mit gemäß Annotationsmodell manuell erschlossenem Beobachtungsereignis. (Eigene Darstellung)



Abb. 4: RDF-Export-Format: Serialisierung des erfassten Beobachtungsereignis (oben links), Serialisierung der erfassten Lokalität (unten links), Serialisierung des erfassten Taxon (oben rechts), Serialisierung der bibliographischen Daten zum Quelldokument (mitte links), Textausschnitt mit dem Beobachtungsereignis und Schema der erfassten Entitäten (unten rechts). (Eigene Darstellung)

Im Kontext des Themenfeldes Modellierung für den Naturschutz eröffnen sich für historische Biodiversitätsdaten aus Sammlungsüberlieferungen verschiedene Perspektiven und Fragen zur Datennutzung, unter anderem: Welche Anwendungsfelder bestehen für Biodiversitätsdaten aus historischen Zeiträumen? Welchen qualitativen und quantitativen Kriterien müssen Daten aus historischen Überlieferungen genügen, um für bestimmte Use Cases nutzbar zu sein? Welche schriftlichen Überlieferungen sind aus Anwendersicht von besonderer Bedeutung für die Erschließung historischer Biodiversitätsdaten? Welche rechtlichen Normen (z.B.

Eigentumsrecht, Urheberrecht, Archivrecht) sind für die Erschließung und Verwendung historischer Biodiversitätsdaten von Belang? Um eine bedarfsgerechte Erschließung historischer Biodiversitätsdaten im Kontext KI-basierter Methoden der Informationsextraktion zu gewährleisten, bedarf es eines fortgesetzten fachlichen Dialogs zwischen Datenprovidern und Anwendungsfeldern.

### Literatur

Belot, M. et al. (2023): High Throughput Information Extraction of Printed Specimen Labels from Large-Scale Digitization of Entomological Collections Using a Semi-Automated Pipeline. *Biodiversity Information Science and Standards* 7: e112466. <https://doi.org/10.3897/biss.7.112466>.

Deutsche Entomologische Zeitschrift (2024): <https://dez.pensoft.net/>. (Letzter Zugriff: 31.07.2024)

Fossil Record (2024): <https://fr.pensoft.net/>. (Letzter Zugriff: 31.07.2024)

Wilkinson, MD. et al. (2016): The FAIR Guiding Principles for Scientific Data Management and Stewardship. *Scientific Data* 3 (1): 1-9. <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18>.

Zoosystematics and Evolution (2024): <https://zse.pensoft.net/>. (Letzter Zugriff: 31.07.2024)

### Kontakt:

**Aron Marquart, Sandra Sánchez-Páez, Stefanie Paß, Franziska Schuster und Dr. Christian Bölling\***

Museum für Naturkunde Berlin –  
Leibniz-Institut für Evolutions- und Biodiversitätsforschung

\*[Christian.Boelling@mfn.berlin](mailto:Christian.Boelling@mfn.berlin)

## 5.2 Was sind geeignete Ansätze für eine ökologisch nachhaltige Flächennutzung durch die Landwirtschaft?

Ann-Sophie Katte, Maximilian Hofmeier und Nick Dühr

Der Schutz und Erhalt von Biodiversität ist ein zentrales Umweltziel, welches durch die intensive Landwirtschaft gefährdet wird. Die Landwirtschaft beeinflusst die Artenvielfalt durch intensive Bodenbearbeitung, den Einsatz von chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln sowie Düngemitteln und damit einhergehende Stoffeinträge in die Umwelt. Des Weiteren stellt die Nutzung von Tierarzneimitteln und Bioziden in der Tierhaltung eine Gefährdung für die Biodiversität dar (UBA 2018).

Im Eigenforschungsprojekt „Ernährung und Landwirtschaft mit Zukunft (ErLa)“ des Umweltbundesamtes sollen u. a. die Auswirkungen ausgewählter landwirtschaftlicher Anbaupraktiken auf das Schutzgut Biodiversität untersucht werden. Ziel des Projektes ist es, Perspektiven zur nachhaltigen Ausgestaltung des Agrar- und Ernährungssystems in Deutschland aufzuzeigen. Im Zuge des Projekts entstehen differenzierte Transformationsszenarien mit den Zeithorizonten 2030 und 2045.

Das im Rahmen der NaturschutzDigital 2024 vorgestellte Teilprojekt analysiert geeignete Ansätze für eine ökologisch nachhaltige Flächennutzung durch die Landwirtschaft in Deutschland. Ziel der Forschungsfrage ist es, ausgehend von einem definierten Zielzustand und einer durchgeführten Problemanalyse in ausgewählten Agrarregionen Deutschlands, geeignete Ansätze für eine ökologisch nachhaltige, landwirtschaftliche Flächennutzung zu identifizieren. Daraus sollen Empfehlungen für einen umweltgerechten Pflanzenbau der Zukunft bei möglichst multifunktionaler und regional angepasster Flächennutzung abgeleitet werden.

Eine Vielzahl von Anbaumaßnahmen und -konzepten zur umweltgerechten, landwirtschaftlichen Flächennutzung werden derzeit diskutiert oder bereits in der Praxis umgesetzt (bspw. Agroforstsysteme, Paludikulturen, Patch cropping, Kleeagrassysteme und vielfältige Fruchtfolgen). Aus der Vielfalt der Anbaukonzepte sollen diejenigen Konzepte identifiziert werden, die den Schutz der Umweltgüter Boden, Wasser, Luft, Klima und Biodiversität gewährleisten. In der Forschungsfrage soll u. a. bewertet werden, welche Anbaupraktiken und -konzepte für die spezifischen Problemlagen der ausgewählten Agrarregionen Deutschlands u. a. anhand ihrer Ökosystemleistungen und Umsetzbarkeit erfolgsversprechend sind.

Eine modellgestützte Analyse auf Schlagebene (Schlag = zusammenhängende landwirtschaftlich genutzte Fläche, die mit einer Kulturart bestellt oder aus der Produktion genommen ist) bietet eine Möglichkeit, den quantitativen Beitrag verschiedener Anbaukonzepte zur Erreichung schutzgutspezifischer Zielvorgaben zu beurteilen. Durch die Ausgestaltung von regionstypischen Betrieben werden die Standort- und Produktionsbedingungen für ausgewählte Agrarräume Deutschlands abgebildet. Der Betrachtungsrahmen der Modellierung orientiert sich an den Szenarien, welche forschungsfragenübergreifend im ErLa-Projekt für die Zeithorizonte 2030 und 2045 untersucht werden. Darunter das Szenario Zirkuläre Landwirtschaft, das 30 % Ökolandbauszenario, das Klimawandelanpassungsszenario und das Szenario zu innovativen Pflanzenbaupraktiken. Mit der Modellierung soll die spezifische Frage untersucht werden, welche Umweltwirkung von den verschiedenen Anbaukonzepten und den unterschiedlichen Betriebstypen im Rahmen der Szenarien ausgeht. Dabei werden Einzelmaßnahmen, Maßnahmenpakete oder Anbaukonzepte bzw. -systeme im Hinblick auf ihre Umweltwirkungen untersucht. Zu betrachtende Komponenten können bspw. vielfältigere Fruchtfolgen, Gemenge- und



Zwischenfruchtanbau, Implementation von Baumreihen auf einem Schlag oder auch innovative Anbaukonzepte wie Patch Cropping sein. Die Modellierung wird mittels des Pflanzenwachstumsmodells APSIM (Agricultural Production Systems sIMulator) durchgeführt. Auf Feld- und Regionalebene erzeugt APSIM Vorhersagen zu Auswirkungen der Anbaumaßnahmen auf den Bodenwasserhaushalt sowie den Stickstoff- und Kohlenstoffkreislauf. Neben der Abbildung diverser Kulturen können v. a. die Auswirkungen des Leguminosen- sowie des Gemengeanbaus abgebildet werden (APSIM Initiative 2024). Dies ermöglicht eine gezielte Betrachtung der Änderungen der Umweltwirkungen durch bspw. die notwendige Implikation von neuen Kulturarten in die Fruchtfolgen auf verschiedenen Regionshöfen als Folge des Klimawandels.

Lücken weist das Modell in der Darstellung der Auswirkungen landwirtschaftlicher Nutzung auf das Schutzgut Biodiversität auf. Biodiversität ist ein vielschichtiges Konzept, das nicht nur die Anzahl der Arten (Artenvielfalt), sondern auch die genetische Vielfalt innerhalb dieser Arten und die Vielfalt der Ökosysteme umfasst. Diese verschiedenen Ebenen in einer quantifizierbaren und modellierbaren Kennzahl zusammenzufassen ist im Projekt nicht möglich. Durch die Nutzung verschiedener Indikatoren und Indizes in der Modellierung werden semi-quantitative und qualitative Aussagen zu einzelnen Indikatoren der Biodiversität getroffen. Dabei sollte darauf hingewiesen werden, dass die angewandte Methodik nicht die gesamte Komplexität der Biodiversität erfassen kann.

Für das Schutzgut Biodiversität bestehen eine Reihe von qualitativen, politischen Zielen im Bereich der Flächennutzung. Im EU Nature Restoration Law (2022) werden die Ziele formuliert, den Schmetterlingsindex im Grünland sowie die Speicherung von organischem Kohlenstoff in bewirtschafteten Mineralböden bis 2030 soweit zu fördern, dass sich ein positiver Trend ergibt. Des Weiteren sollen laut EU-Biodiversitätsstrategie 2020 (EU-Kommission 2011) und EU Nature Restoration Law (2022) auf mindestens 10 % der landwirtschaftlichen Fläche Landschaftselemente mit großer Vielfalt bis 2030 angelegt werden. Weitere Flächenziele sind die Unterschutzstellung von mindestens 30 % der Land- und Meeresfläche sowie ein strenger Schutz für mindestens ein Drittel dieser Fläche bis 2030, verankert in der EU-Biodiversitätsstrategie 2020 (EU-Kommission 2011).

In der Farm to Fork-Strategie im Rahmen des Green Deals (EU-Kommission 2020) sind Umweltziele festgelegt worden, die die Ausbringung von chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln regulieren. Diese besagen, dass der Einsatz von und das Risiko durch chemische Pestizide sowie der Einsatz von Pestiziden mit höherem Risiko um 50 % bis 2030 reduziert werden sollen. Aufgrund der Limitation durch das Landnutzungsmodell können Pflanzenschutzmittelintensitäten nur indirekt abgebildet werden.

Da im Rahmen dieses Projektes eine umfassende Modellierung der Auswirkungen der Landwirtschaft auf die Biodiversität nicht möglich ist, wird sich darauf beschränkt, die Einhaltung des Grenzwertes für die Ammoniakkonzentration in der Luft für besonders sensitive Pflanzen sowie die Critical Levels der Genfer Luftreinhaltekonvention zu modellieren. Dabei liegt der Grenzwert für besonders sensitive Pflanzen (z.B. Flechten und Moose) bei  $1 \mu\text{g NH}_3$  je Kubikmeter Luft, für andere  $3 \mu\text{g NH}_3 \text{ m}^{-3}$  ( $2 - 4 \mu\text{g NH}_3 \text{ m}^{-3}$ ). In einem UBA-Expertenworkshop wurden diese Grenzwerte bestätigt (UBA 2024). Die Minderungsbedarfe für Ammoniak-Emissionen werden im Anschluss auf Grid- und Kreisebene ermittelt und in diesem Projekt als Grenzwert für Biodiversitätsschutz genutzt.



Weitere Ansätze konnten im Rahmen der Diskussionen auf dem Workshop NaturschutzDigital 2024 gesammelt werden, u. a. die Nutzung der Wechselwirkung von Bodenbrütern im Feld mit der Reihenbreite im Bestand sowie der Zusammenhang zwischen Landschaftselementen im Feld und dem Auftreten von Nützlingen.

Eigenforschungsprojekt „Ernährung und Landwirtschaft mit Zukunft (ErLa)“ Projektlaufzeit: 01.12.2022 – 31.10.2026

## Literatur

APSIM Initiative (2024): APSIM: The Leading Software Framework for Agricultural Systems Modelling and Simulation. <https://www.apsim.info/>. (Letzter Zugriff: 01.07.2024)

EU Nature Restoration Law (2022): Vorschlag für eine Verordnung des europäischen Parlaments und des Rates über die Wiederherstellung der Natur. COM/2022/304. Download unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A52022PC0304>. (Letzter Zugriff: 28.11.2024)

EU-Kommission (2011): Lebensversicherung und Naturkapital: Eine Biodiversitätsstrategie der EU für das Jahr 2020. MITTEILUNG DER KOMMISSION AN DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT, DEN RAT, DEN EUROPÄISCHEN WIRTSCHAFTS- UND SOZIALAUSSCHUSS UND DEN AUSSCHUSS DER REGIONEN. Brüssel: 20 S. Download unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52011DC0244&from=DE>. (Letzter Zugriff: 28.11.2024)

EU-Kommission (2020): Farm to Fork Strategy - For a fair, healthy and environmentally-friendly food system. [https://food.ec.europa.eu/horizontal-topics/farm-fork-strategy\\_en](https://food.ec.europa.eu/horizontal-topics/farm-fork-strategy_en). (Letzter Zugriff: 28.11.2024)

UBA, Umweltbundesamt (2024): Ammoniak-Emissionen. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/luftschadstoff-emissionen-in-deutschland/ammoniak-emissionen>. (Letzter Zugriff: 10.05.2024)

UBA, Umweltbundesamt (2018): Umweltwirkungen von Tierarzneimitteln. <https://www.umweltbundesamt.de/umweltwirkungen-von-tierarzneimitteln>. (Letzter Zugriff: 10.05.2024)

## Kontakt:

**Ann-Sophie Katte\*, Maximilian Hofmeier und Nick Dühr**

Fachgebiet Landwirtschaft, Umweltbundesamt Dessau-Roßlau

\*[ann-sophie.katte@uba.de](mailto:ann-sophie.katte@uba.de)

### 5.3 Verbesserung des Sclerotinia-Risikomodells für Winterraps in Deutschland: Integration von Phänologie und Krankheitsentwicklung in ein Entscheidungshilfesystem

Vera Krause und Dominic Anto Raja

Die Sclerotinia-Stängelfäule, verursacht durch *Sclerotinia sclerotiorum*, stellt eine zunehmende Bedrohung für Winterraps (*Brassica napus*) dar, die in Deutschland zu Ertragsverlusten von 20 bis 30 % führen kann (Dunker und von Tiedemann 2004). Entscheidungssysteme (DSS) für das Schädlingsmanagement bieten Landwirten Empfehlungen basierend auf integrierten Daten, wodurch der Einsatz von Pestiziden reduziert und die Ernteerträge optimiert werden können (Koch et al. 2007). Die Leistung des aktuellen Sclerotinia-Risikovorhersagemodells (SkleroPro) von ISIP zeigte in den letzten Jahren unter den sich ändernden klimatischen Bedingungen eine Genauigkeit von etwa 40 %. Diese Studie zielt darauf ab, die Genauigkeit bei der Bereitstellung feldspezifischer Empfehlungen für Fungizidanwendungen während der Blütezeit zu verbessern.

Um dies zu erreichen, haben wir zunächst das bestehende phänologische Modell durch ein neues Modell ersetzt (Abb. 1). Dieses neue Modell basiert auf täglichen Temperaturen und Tageslichtlängen, um die Blütezeit zu simulieren (Soltani und Sinclair 2012; Racca et al. 2015).

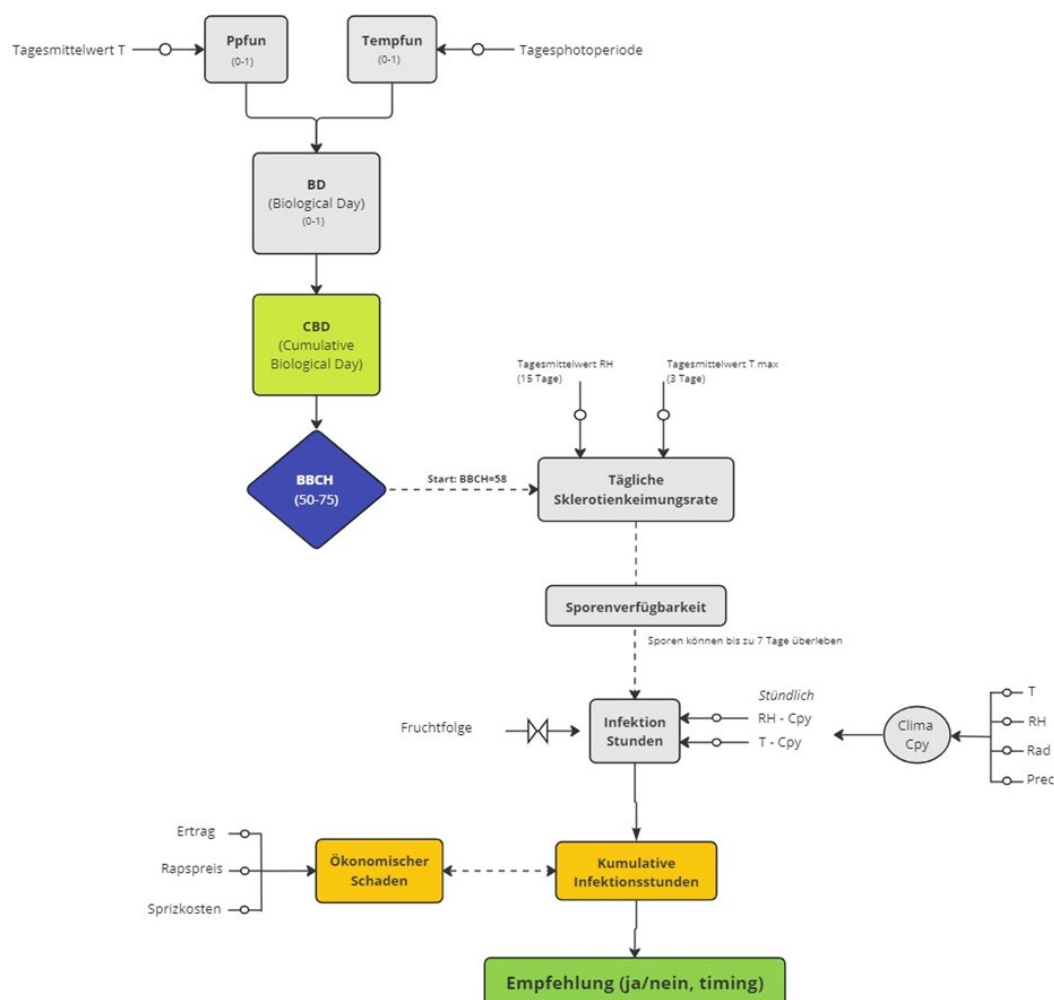


Abb. 1: Funktionsschema des integrierten phänologischen Modells und des Sclerotinia-Risiko-Modells (Eigene Darstellung)

Zusätzlich haben wir das Modell mit einem von uns entwickelten Modul zur Vorhersage der Sklerotienkeimung und Sporenverfügbarkeit ergänzt. Dieses Modul basiert auf einem generalisierten linearen Modell, das zwei Wettervariablen berücksichtigt: die durchschnittlichen Tageshöchsttemperaturen der letzten drei Tage und die durchschnittliche relative Luftfeuchtigkeit der letzten 15 Tage. Zur Identifikation der einflussreichsten Wettervariablen, die die Sklerotienkeimung auf dem Feld beeinflussen, haben wir im Vorfeld den Random-Forest-Algorithmus verwendet. Zur Kalibrierung des Modells nahmen wir an, dass die Sporen nach der Keimung der Sklerotien bis zu 7 Tage unter ungünstigen Wetterbedingungen überleben können. Zusätzlich wurde die Infektionsschwelle gemäß der Fruchtfolge durch uns neu angepasst.

Die Vorhersagegenauigkeit des phänologischen Modells und des Infektionsrisikomodells konnten von uns erfolgreich für Deutschland validiert werden. Dazu verwendeten wir für das phänologische Modell BBCH-Daten von etwa 2.000 Standorten, die Werten einer weltweit angewendeten Skala entsprechen, welche die Entwicklungsstadien von Winterraps in einem Dezimalsystem von 00 bis 99 klassifiziert und in neun Hauptphasen unterteilt. Das Infektionsrisikomodell testeten wir deutschlandweit für die Jahre 2020 bis 2023 anhand der Befallshäufigkeit von 30 Standorten in beiden Fällen.

Das neue phänologische Modell (Abb. 2) sagt Rapsblühstadien (BBCH 58-69) mit einer Genauigkeit von  $\pm 4$  Tagen voraus, beginnend mit der Simulation am 1. Februar.

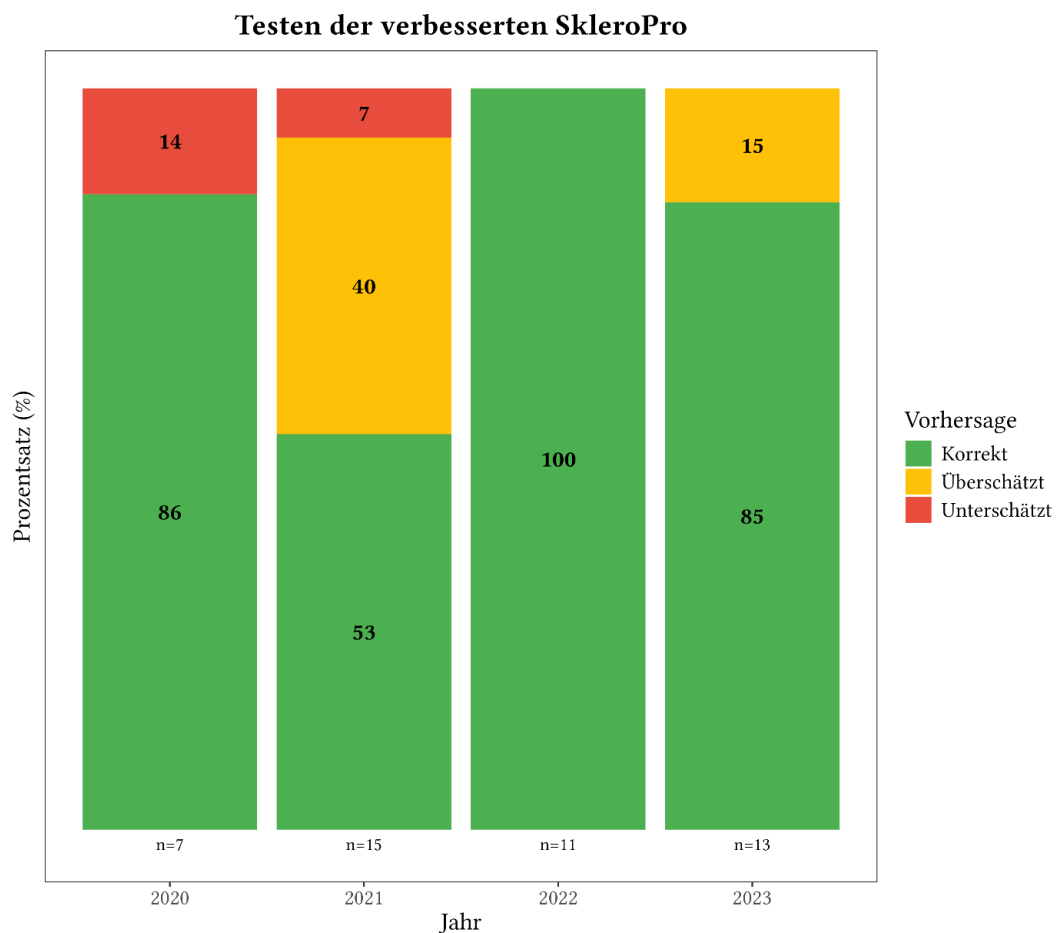


Abb. 2: Validierungsergebnisse des verbesserten SkleroPro-Modells (Eigene Darstellung)

Das verbesserte SkleroPro hat eine Genauigkeit von 78 % bei der Vorhersage von Sclerotinia-Infektionen und der Empfehlung von Fungizidanwendungen. Diese Modellverbesserung hat das Potenzial, die Zuverlässigkeit der Empfehlungen für rechtzeitige Fungizidbehandlungen gegen Sclerotinia-Infektionen signifikant zu erhöhen und somit unnötige Spritzungen ohne Ertragsverlust zu vermeiden. Feldversuche sind für 2024 geplant, um das Modell vor seiner Implementierung in das DSS zu validieren.

### Literaturverzeichnis

- Dunker, S. und von Tiedemann, A. (2004): Disease yield loss analysis for Sclerotinia stem rot in winter oilseed rape. IOBC 27(19): 59-65.
- Koch, S., Dunker, S., Kleinhenz, B. et al. (2007): A crop loss-related forecasting model for sclerotinia stem rot in winter oilseed rape. Phytopathology 97(9): 1186-94. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-97-9-1186>. PMID: 18944183.
- Racca, P., Kakau, J., Kleinhenz, B. et al. (2015): Impact of climate change on the phenological development of winter wheat, sugar beet and winter oilseed rape in Lower Saxony, Germany. Journal of Plant Diseases and Protection 122(1): 16-27. <https://doi.org/10.1007/BF03356526>.
- Soltani, A. und Sinclair, T. R. (2012): Modeling physiology of crop development, growth and yield. CABI. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/book/10.1079/9781845939700.0000>. (Letzter Zugriff: 28.11.2024)

### Kontakt:

#### **Vera Krause und Dominic Anto Raja**

Institut für Strategien und Folgenabschätzung; Julius Kühn-Institut Kleinmachnow

[Vera.krause@julius-kuehn.de](mailto:Vera.krause@julius-kuehn.de)

[anto.raja@julius-kuehn.de](mailto:anto.raja@julius-kuehn.de)

## 5.4 Ein Trait-basiertes Modell zur Simulation von Pflanzengemeinschaften im Grünland (GrasslandTraitSim.jl v1.0)

Felix Nößler, Thibault Moulin, Oksana Buzhdygan, Britta Tietjen und Felix May

Prozessbasierte Simulationsmodelle können helfen, Ökosysteme besser zu verstehen. Vorhandenes Wissen aus empirischen Untersuchungen kann in die Modelle integriert werden, um mechanistische Vorhersagen treffen zu können. Wir entwickeln das neue prozessbasierte Modell „GrasslandTraitSim.jl“ zur Simulation der Biomasse von Pflanzen im Grünland. Bestehende Grünlandmodelle (z. B. Taubert et al. 2012) können einige wenige Pflanzenarten genau simulieren, sind jedoch weniger gut geeignet, die pflanzliche Diversität im Grünland abzubilden.

In unserem Ansatz wird jede Pflanzenart durch Traits beschrieben. Die Traits sind zum Beispiel die maximale Höhe, die spezifische Blattfläche (Quotient aus Blattfläche und Blatttrockenmasse), oder der Blattstickstoffgehalt per Blattmasse von Pflanzenarten (Abb. 1A). Pflanzenarten mit unterschiedlichen Traitausprägungen reagieren unterschiedlich auf sich verändernde Umwelt- und Managementbedingungen. Dadurch können wir in dem Modell Funktionen definieren, die Traits mit demographischen Parametern von den Pflanzenarten verbinden (Chalmandrier et al. 2021). Zum Beispiel ist das Wachstum bei geringem Bodenwassergehalt stärker reduziert für Pflanzenarten, die eine geringe Wurzeloberfläche pro Gesamtbiomasse aufweisen (Abb. 1B).

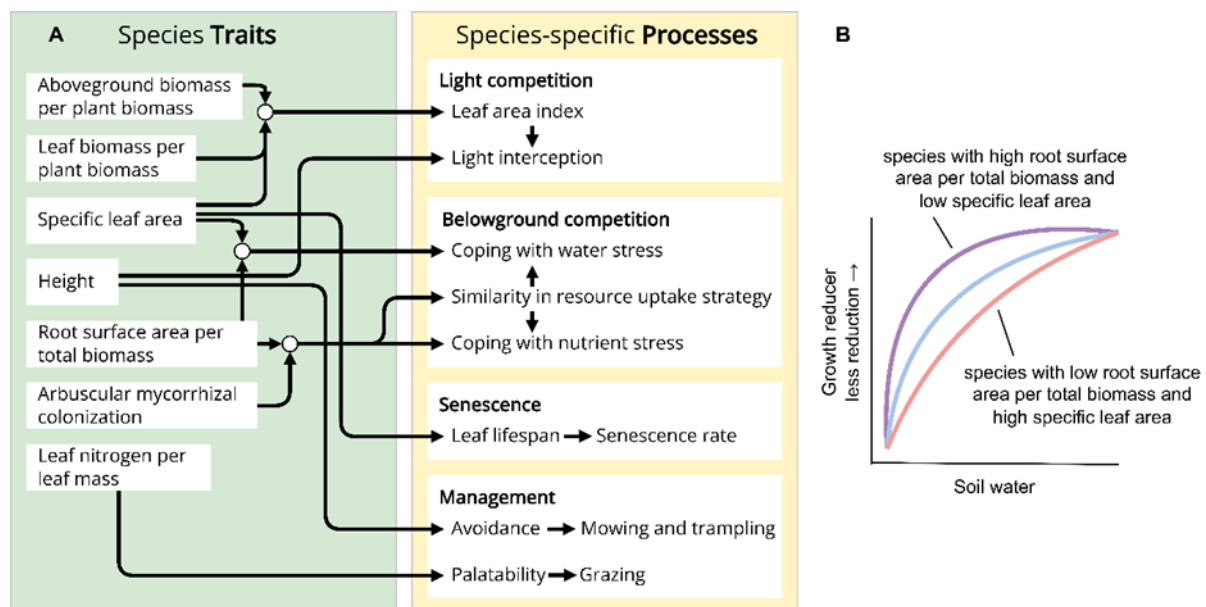


Abb. 1: Das GrasslandTraitSim.jl Modell verlinkt Traits mit Prozessen. Pfeile verdeutlichen welche Prozesse durch welche Traits beeinflusst werden (Panel A). Ein Beispiel zeigt, wie das Wachstum von Pflanzenarten bei verschiedenen Bodenwassergehalten reduziert wird und welche Rolle die Traits der Pflanzenarten dabei spielen (Panel B).

Der traitbasierte Ansatz hat den Vorteil, dass die Traits von vielen Pflanzenarten relativ einfach gemessen werden können. Demgegenüber lassen sich demographische Parameter wie zum Beispiel das Wachstum unter verschiedenen Bodenwassergehalten nur unter viel Aufwand messen. Dies ermöglicht die Simulation von vielen Pflanzenarten, da viele Trait-Daten bereits in Datenbanken vorliegen.

Damit das Modell realistische Vorhersagen machen kann, werden die Modellparameter (z. B. aus der Funktion in Abb. 1B) kalibriert. Dabei wird das mechanistische Modell unter sehr vielen verschiedenen Parameterkombinationen simuliert. Die Modellvorhersagen für spezifische Flächen werden mit den gemessenen Daten verglichen. Je näher die Modellvorhersagen an die gemessenen Daten herankommen, desto besser hat die Kalibrierung funktioniert. Jedoch besteht dabei die Gefahr der Überanpassung des Modells und der Modellparameter an die Daten der Kalibrierungsflächen. Daher werden die Modellvorhersagen des kalibrierten Modells auch mit Daten von Flächen, die nicht zur Kalibrierung genutzt worden sind, validiert. Wir kalibrieren und validieren das Grünlandmodell mit den Daten der Biodiversitäts-Exploratorien (Fischer et al. 2010).

Das GrasslandTraitSim.jl Modell simuliert die ober- und unterirdische Biomasse und Höhe von Pflanzenarten sowie den Bodenwassergehalt mit einem täglichem Zeitschritt. Die Veränderung der Zustandsvariablen wird durch verschiedene Eingangsvariablen beeinflusst. Dazu zählen klimatische Variablen wie Regen, Temperatur und photosynthetisch aktive Strahlung und Managementvariablen wie die Beweidungsintensität oder Mähereignisse. Darüber hinaus haben auch statische Bodenparameter wie zum Beispiel die Korngrößenverteilung, die Speicherung von Wasser im Boden und die Aufnahme des Wassers durch die Pflanzen einen Einfluss. Der Programmiercode des Modells ist frei verfügbar (Nößler 2024) und ist ausführlich dokumentiert.

Wir werden das Modell ausführlich kalibrieren. Danach lassen sich mit dem Modell Szenarien berechnen. Zum Beispiel kann berechnet werden, wie sich die Pflanzengemeinschaft entwickelt, wenn sich die Intensität der Bewirtschaftung (die Beweidungsintensität oder wie oft gemäht wird) oder das Klima ändern (zum Beispiel, wenn es seltener regnet). Es lässt sich auswerten, welche Traitausprägungen besonders stark in der Pflanzengemeinschaft vertreten sind oder ob Pflanzenarten mit verschiedenen Strategien und damit mit verschiedenen Traitausprägungen vertreten sind (ob es also eine hohe Traitdiversität gibt).

Das Modell wurde auch mit dem Ziel entwickelt, Managementoptionen zu finden, die eine hohe Biomasseproduktion ermöglichen und gleichzeitig zu einer hohen pflanzlichen Traitdiversität führen. Eine hohe Traitdiversität hat eine Reihe von Vorteilen. Zum einen kann davon ausgegangen werden, dass die Biomasseproduktion von Pflanzengemeinschaften mit einer hohen Traitdiversität resilienter gegen sich verändernde Umweltbedingungen reagiert. Zum anderen kann eine Pflanzengemeinschaft mit einer hohen Traitdiversität auch die Vielfalt anderer Organismengruppen (zum Beispiel Insekten) fördern und damit insgesamt zu einer höheren biologischen Vielfalt im Grünland führen.

## Literatur

- Chalmandrier, L., Hartig, F., Laughlin, D.C. et al. (2021): Linking functional traits and demography to model species-rich communities. *Nature Communications* 12: 2724. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-22630-1>.
- Fischer, M., Bossdorf, O., Gockel, S. et al. (2010): Implementing large-scale and long-term functional biodiversity research: The Biodiversity Exploratories. *Basic and Applied Ecology* 11(6): 473–485. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2010.07.009>.
- Nößler, F. (2024): GrasslandTraitSim.jl. Github repository. <https://github.com/FelixNoessler/GrasslandTraitSim.jl>. (Letzter Zugriff: 25.07.2024)
- Taubert, F., Frank, K., & Huth, A. (2012): A review of grassland models in the biofuel context. *Ecological Modelling* 245: 84-93. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2012.04.007>.

## Kontakt:

**Felix Nößler\*, Dr. Thibault Moulin, Dr. Oksana Buzhdygan, Prof. Dr. Britta Tietjen und Dr. Felix May**

Institut für Biologie; Freie Universität Berlin

\*[felix.noessler@fu-berlin.de](mailto:felix.noessler@fu-berlin.de)



## 5.5 Assisting Assisted Migration - umfassende Ensemble-Modelle für die gezielte Translokation von Pflanzen

Jonathan Ruhm

### Hintergrund

Um in Zukunft gezielte Schutzmaßnahmen für Pflanzen zu entwickeln, müssen wir verstehen, wie der Klimawandel ihre Lebensräume beeinflusst. Vorhersagen dazu können uns helfen herauszufinden, ob Pflanzen an ihren ursprünglichen Wuchsorten überleben bzw. wiederangesiedelt werden können oder ob eine Umsiedlung in geeignetere Gebiete (assisted migration) in Betracht gezogen werden sollte. Korrelative Vorhersagemodelle können dabei nützliche Informationen über Veränderungen der Lebensräume liefern und bei der Planung von Schutzmaßnahmen helfen. Neben den üblichen klimatischen Faktoren sollten hierbei zusätzlich mindestens auch Bodenparameter berücksichtigt werden, da diese für die Verbreitung und das Überleben von Pflanzen entscheidend sind. Um Herausforderungen bei der Modellierung von Lebensräumen zu begegnen, stehen zahlreiche Techniken zur Verfügung, die jedoch oft nicht genutzt werden. Das vorgestellte Ensemble-Modell-Framework ([https://github.com/JonathanRu3000/EnsMod\\_Framework/](https://github.com/JonathanRu3000/EnsMod_Framework/)) ist ein Versuch, diese Techniken zusammenzubringen, um genaue Vorhersagen über Veränderungen von Pflanzenlebensräumen zu treffen. Eine Auswahl dieser Techniken wird anhand der Pflanze *Cochlearia bavarica* VOGT (Bayrisches Löffelkraut) gezeigt. Die Modellierungen sind Beispiele und keine endgültigen Ergebnisse.

### Integration von Bodenvariablen in Habitatmodelle

Durch die Einbeziehung von Bodenvariablen können Vorhersagen über geeignete Habitate für Pflanzen weiter präzisiert werden. Feng et al. (2020) entwickelten eine Methode, mit der Bodenvariablen in die Vorhersage zukünftiger geeigneter Habitate einbezogen werden können. Die Herausforderung besteht darin, dass es im Gegensatz zu klimatischen Variablen keine zukünftigen Projektionen für Bodenvariablen gibt. Daher betrachten Feng et al. (2020) Bodenvariablen gegenüber den klimatischen Variablen als konstant, was sich zumindest bis zum Ende dieses Jahrhunderts rechtfertigen lässt (Wilkinson und Humphreys 2005; Targulian und Krasilnikov 2007). Basierend auf dieser Annahme werden dann unabhängige Vorhersagen anhand (zukünftiger) klimatischer und edaphischer Variablen erstellt und diese anschließend so integriert, dass nur klimatische Vorhersagen mit passenden Bodenhabitaten angezeigt werden. Abb. 1 zeigt, wie sich das Einbeziehen von Bodenvariablen auf die Vorhersage geeigneter Habitate für *C. bavarica* für den Referenzzeitraum (1981-2010) und das Ende des Jahrhunderts (2071-2100) auswirkt.

### Ensemble-Vorhersagen

Ensemble-Vorhersagen treffen meist robustere Vorhersagen, indem sie die Ergebnisse mehrerer Modelle kombinieren und so Schwächen einzelner Modelle ausgleichen. Zudem vermindern sie das Risiko der Überanpassung. Eine Feinabstimmung gängiger Modelle für solche Ensemble-Vorhersagen wurde durch Valavi et al. (2022) vorgestellt. Abb. 2 vergleicht beispielhaft die Ergebnisse fünf verschiedener Modelltypen für *C. bavarica*.

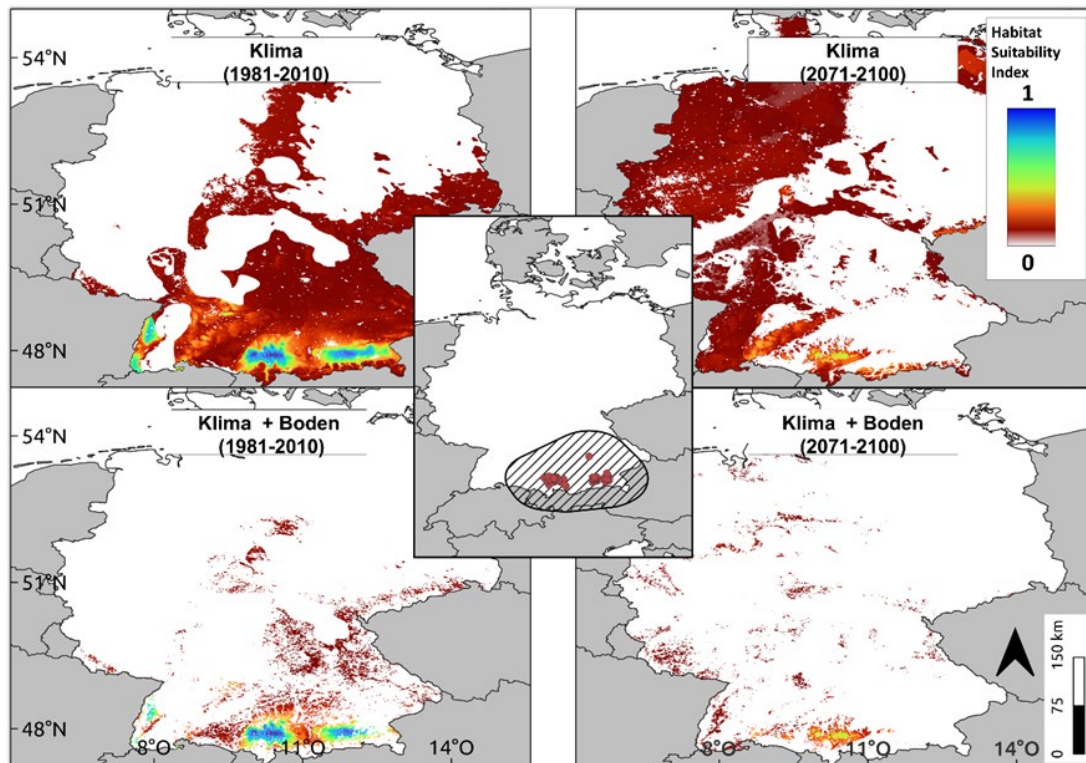


Abb. 1: Vergleich von Vorhersagen der Habitateignung für *C. bavarica* (Rot = 0: sehr geringe Habitateignung, Blau=1: sehr hohe Habitateignung). Zentral sind Fundpunkte und das Kalibrierungsgebiet (schraffiert) dargestellt. (Eigene Darstellung)

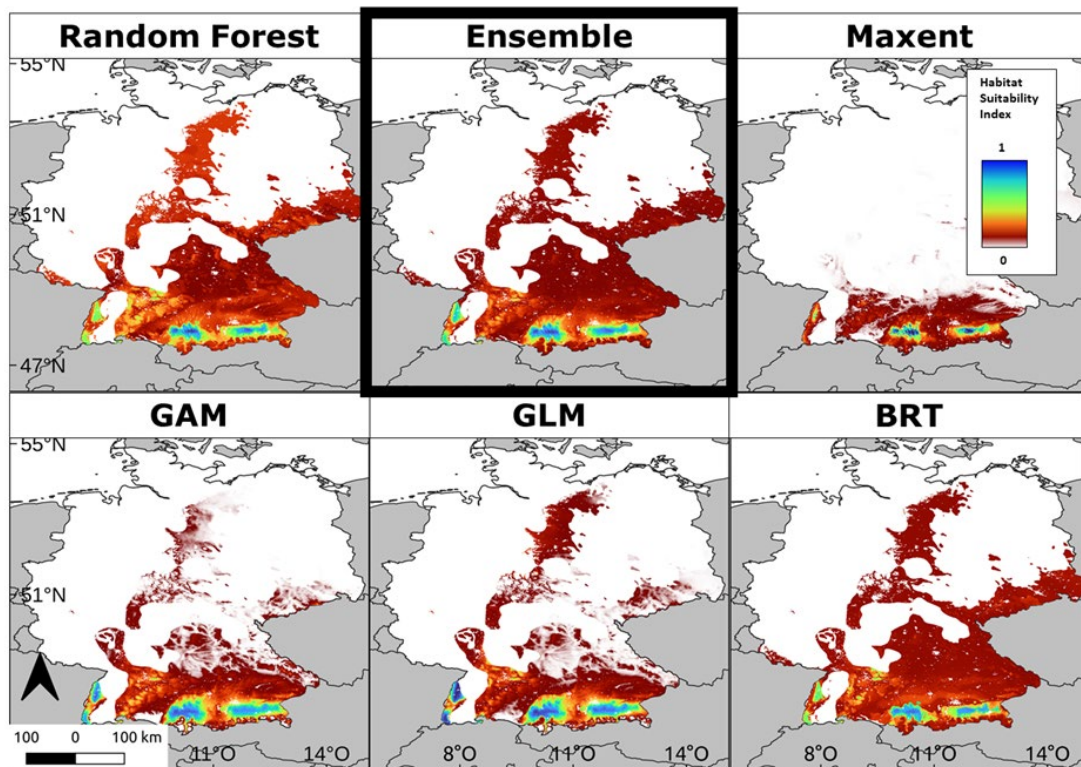


Abb. 2: Gegenüberstellung der Vorhersagen verschiedener Modelltypen für *C. bavarica*. (Rot = 0: sehr geringe Habitateignung, Blau=1: sehr hohe Habitateignung) (Eigene Darstellung)

### Bewertung des Extrapolationsrisikos

Die Extrapolation von Vorhersagen in unbekannte Gebiete und Zeiträume birgt oft große Unsicherheiten. Um Bereiche hoher Unsicherheit zu identifizieren, stehen verschiedene Werkzeuge zur Verfügung. Hier wird eine Methode aus Mesgaran et al. (2014) verwendet, die das Extrapolationsrisiko pro Rasterzelle anhand der Mahalanobis-Distanz berechnet. Die Karte in Abb. 3 zeigt in Blau alle Rasterfelder, die auf Basis der Bewertung des Extrapolationsrisikos als unbedenklich eingestuft wurden. In den finalen Vorhersagen werden nur diese berücksichtigt.

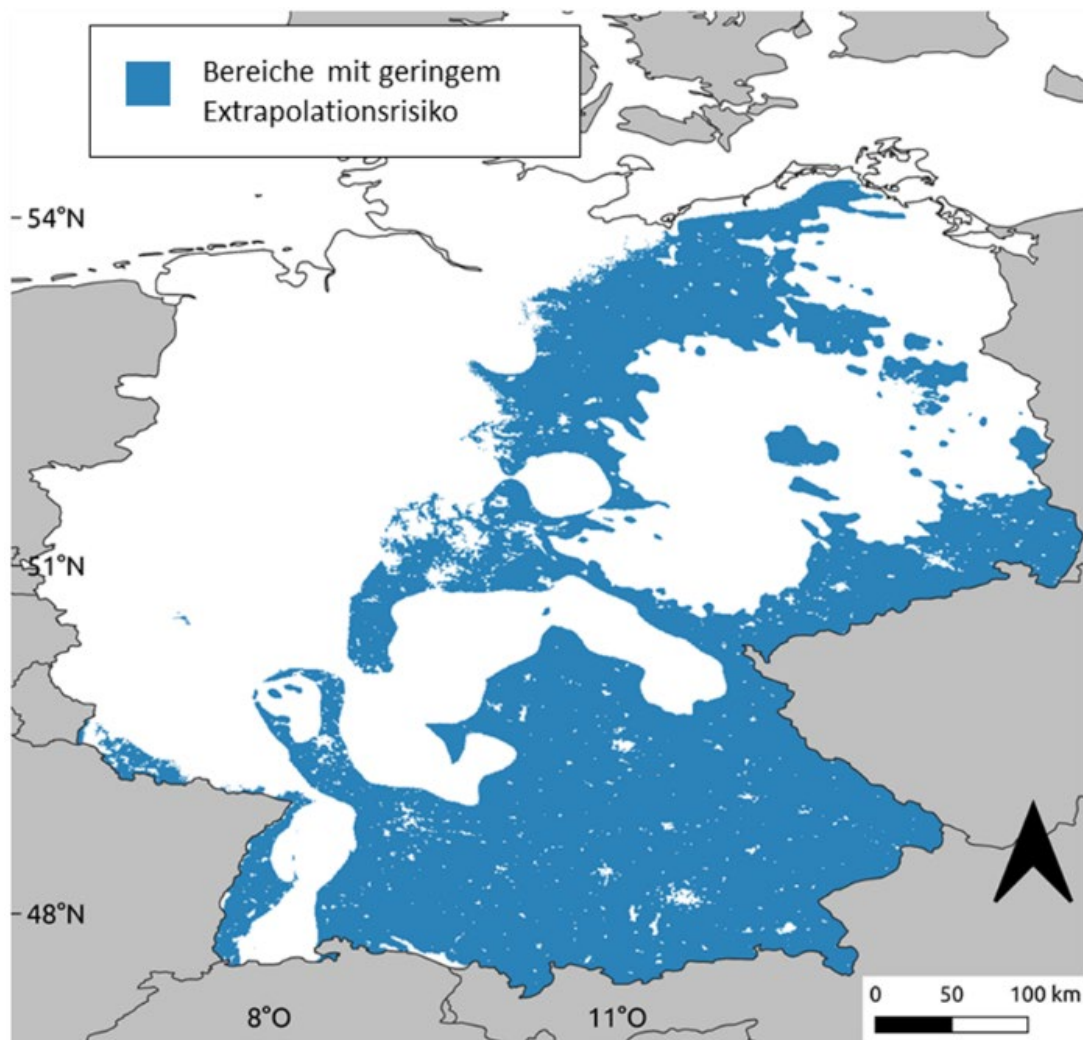


Abb. 3: Extrapolationsrisiko für *C. bavarica*. In Blau alle Rasterfelder, die auf Basis der Bewertung des Extrapolationsrisikos als unbedenklich eingestuft wurden. (Eigene Darstellung)

### Datenevaluation

Bei der Modellierung von Habitaten stellt sich oft die Frage, ob ein Datensatz an Fundpunkten ausreicht, um die Umweltbedingungen eines Habitats genau abzubilden. Im vorgestellten Framework wurde eine Methode entwickelt, die Abschätzungen dazu ermöglicht. Sie berechnet (Schoener D Index) für Anteile von Fundpunkten, wie umfassend sie die durch alle bekannten Fundpunkte definierte ökologische Nische einer Art wiedergeben. Dies dient als Bewertungsgrundlage der Stichprobengröße. Ein Datensatz kann z. B. als repräsentativ gelten, wenn mit weniger als 90 % der Fundpunkte mehr als 90 % der ökologischen Nische erfasst werden (Abb. 4).

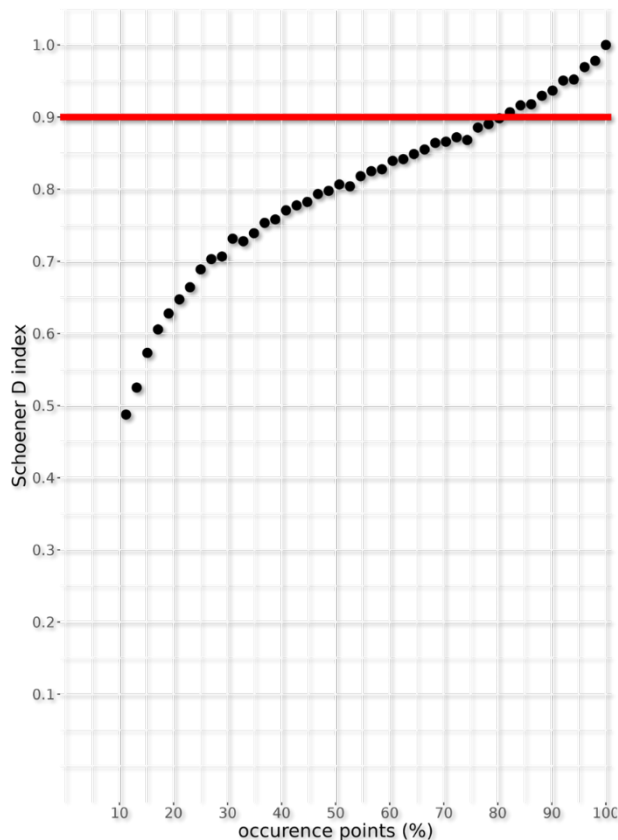


Abb. 5: Anteil der ökologischen Nische von *C. bavarica* (y-Achse), welcher durch Teildatensätze der Fundpunkte (x-Achse) erfasst wird. (Eigene Darstellung)

## Literatur

- Feng, L. et al. (2020): Predicting Suitable Habitats of *Camptotheca acuminata* Considering Both Climatic and Soil Variables. *Forests* 11(8): 891. <https://doi.org/10.3390/f11080891>.
- Mesgaran, M. B. et al. (2014): Here be dragons: A tool for quantifying novelty due to covariate range and correlation change when projecting species distribution models. *Diversity and Distributions* 20(10): 1147–1159. <https://doi.org/10.1111/ddi.12209>.
- Valavi, R. et al. (2022): Predictive performance of presence-only species distribution models: A benchmark study with reproducible code. *Ecological Monographs* 92(1): e01486. <https://doi.org/10.1002/ecm.1486>.
- Wilkinson, M.T. und Humphreys, G.S. (2005): Exploring pedogenesis via nuclide-based soil production rates and OSL-based bioturbation rates. *Soil Research* 43(3): 219–233. <https://doi.org/10.1071/SR04158>.
- Targulian, V.O. und Krasilnikov, P.V. (2007): Soil system and pedogenic processes: Self-organization, time scales, and environmental significance. *Catena* 71(3): 285–303. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2007.01.004>.

## Kontakt:

### Jonathan Ruhm

Fachgebiet Botanischer Artenschutz  
Bundesamt für Naturschutz, Bonn  
[jonathan.ruhm@bfn.de](mailto:jonathan.ruhm@bfn.de)



## 5.6 Wirkungsansätze für innovative Technologien im Hochwasserrisikomanagement in Deutschland

Hendrik Steinort

05.06.2024

### dAIch: Klimaanpassung & Hochwasserrisiko- management-Modellierung

Hendrik Steinort, IBM iX



#### 1 Menschliche Perspektive

Am Beispiel des Hochwasserereignisses im Ahrtal im Jahr 2021, möchte ich die multiperspektivische menschliche Dimension des Hochwassermanagements exemplifizieren.

- Das Ereignis hat die Verwundbarkeit von Gemeinschaften gegenüber extremen Wetterereignissen aufgezeigt.
- Die Notwendigkeit anschaulich gemacht, menschliche und soziale Aspekte in den Mittelpunkt technisch-organisatorischer Lösungen zu stellen.
- "Das Hochwasserereignis führte zu einem großen Misstrauen gegenüber den Behörden." Ommer et al. (2024)



#### 2 Hochwasserrisiko- problematik in Deutschland

Laut dem Deutschen Wetterdienst (DWD) haben Hochwasserereignisse in den letzten Jahrzehnten sowohl an Häufigkeit als auch an Intensität zugenommen. (Quelle: DWD Klimaberichte). Wichtige Ursachen sind:

- Klimawandel: Erhöhte Niederschlagsmengen und intensivere Regenfälle:
  - 90 % der weltweiten Katastrophen werden durch das Wetter verursacht, in den letzten 20 Jahren stieg die Zahl der klimabedingten Katastrophen um 83 %.
- Urbanisierung: Versiegelung von Flächen, die die natürliche Wasseraufnahme verhindert
- Unzureichende Flussregulierung: Fehlende oder veraltete Schutzmaßnahmen

Diese Faktoren erhöhen das Hochwasserrisiko und erfordern innovative und nachhaltige Lösungen.



#### 3 Technische Lösung: Maschinelles Lernen (ML) und Künstliche Intelligenz (KI)

Moderne Technologien wie Maschinelles Lernen (ML) und Künstliche Intelligenz (KI) bieten bahnbrechende Möglichkeiten für das Hochwasserrisikomanagement:

- > Präzisere Vorhersagen durch DL
- > Echtzeit-Überwachung durch KI und Drohnen
- > Unterstützungsleistung für menschliche EntscheiderInnen
- > Kontinuierliche Risikobewertung:
- > CoE - Effektivere Reaktionsstrategien



dAIchhausen



#### 4 Innovationen

AR/VR in der Umweltberichterstattung

AR (Augmented Reality) und VR (Virtual Reality) bieten innovative Möglichkeiten in der Umweltberichterstattung:

- Datenvisualisierung: 3D-Modelle und interaktive Simulationen veranschaulichen Hochwasserereignisse
- Immersive Schulungen: VR-Simulationen bieten realistische Trainingsumgebungen für Notfallmaßnahmen und AR liefert Echtzeitinformationen für Einsatzkräfte.
- Öffentlichkeitsbeteiligung: Virtuelle Rundgänge durch gefährdete Gebiete zur Bürgereinbindung
- Echtzeit-Datenintegration: Echtzeit-Umweltdaten werden über AR plastisch gemacht.

**Exklusiv:** KI-basiertes EntscheiderInnen Szenario. Erleben Sie interaktive Simulationen von Hochwasserszenarien und treffen Sie informierte Entscheidungen basierend auf Echtzeitdaten und KI-Analysen.



dAIchfurt



Die Hochwasserkatastrophe im Ahrtal im Juli 2021 hat die dringende Notwendigkeit für Klimaanpassungsmaßnahmen und umfassendere Risikosteuerung, die mehr Variablen in den Blick nimmt, beim Hochwassermanagement in Deutschland unterstrichen. Trotz aller Vorerfahrungen hat dieses Ereignis mehrere Probleme im derzeitigen Hochwasserrisikomanagement und seiner Steuerung offengelegt: zuvorderst Risikokartierung und die Notwendigkeit auswirkungsbezogener Prognosen, aber im Besonderen die Themen Frühwarnung und Risikokommunikation, die Zusammenarbeit zwischen Institutionen, Akteuren und Betroffenen, die Weiterentwicklung von Notfallplänen, die Schulungspraxis und nicht zuletzt die Angemessenheit der Hilfs- und Wiederaufbauhilfe.

Die Bevölkerung ist auf die Akteure des Hochwasserrisikomanagements angewiesen und erwartet umfassende Unterstützung in allen Phasen der Katastrophenbewältigung. Allerdings sind Zuständigkeiten oft unklar oder Befehlsketten zu starr definiert, so dass die Zusammenarbeit ineffektiv wird, weil sich die Maßnahmen nicht an den richtigen Stellen ergänzen oder die Akteure vor Ort nicht handlungsbefähigt sind, um zeitnah und flexibel im Katastrophenfall zu agieren. Derartige Ineffizienzen untergraben in zeitkritischen Katastrophensituationen das Vertrauen in die Behörden nachweislich. Es besteht daher ein dringender Bedarf, in der nachträglichen Analyse und in der Prävention die Erkenntnisse aus Forschung, Politik und Praxis zu kombinieren, um eine effektivere Hochwasserrisikosteuerung zu gewährleisten (Fekete und Sandholz 2021, Odersky und Löffler 2024, Thieken et al. 2023). Fallspezifische Simulationen können hierbei unter Berücksichtigung der verschiedenen Einflussgrößen wichtige Erkenntnisse liefern.

Ein wesentlicher Aspekt dabei ist die Integration des menschlichen Verhaltens vor, während und nach einer Flut, da dieses die Auswirkungen und die Erholung erheblich beeinflussen kann. Die Einbeziehung gesellschaftlicher Verhaltensweisen und Anpassungsdynamiken in die Hochwasserrisikobewertung kann zu einer genaueren Risikocharakterisierung und effektiveren Managementstrategien führen. Um das zu erreichen, braucht es in Deutschland – wie in Ansätzen geschehen – ein verbessertes Zusammenspiel von klarerem Problembewusstsein und einer technologisch offeneren Lösungsorientierung. Innovative Technologien wie KI-unterstützte Trainings und Kartierungen können, wie der Artikel im Folgenden zeigen wird, genauso wie Augmented/Virtual-Reality-Darstellungen helfen, die Komplexität der Einflussfaktoren in der Hochwasserrisikosteuerung einzubeziehen, um einige der oben genannten Probleme effektiv anzugehen.

### **Problemfelder beim Hochwasserrisikoschutz in Deutschland**

Die Katastrophe im Ahrtal hat gezeigt, dass trotz vorhandener Frühwarnsysteme die Warnungen oft nicht effektiv kommuniziert wurden. Das führte zu unzureichenden Maßnahmen und in der Folge zu den bekannten erheblichen Schäden. Eine Untersuchung der Ereignisse im Jahr 2021 hat gezeigt, dass gerade die unzureichende Kommunikation der Warnungen, der Mangel an Information und Datenaustausch und damit beiderseitig fehlendes Verständnis zu den Hauptursachen zählten. Kritische Infrastrukturversagen und die anhaltende Pandemie trugen einen weiteren Anteil zur Komplexität des Versagens und den Herausforderungen bei der Bewältigung bei (Fekete und Sandholz 2021, Odersky und Löffler 2024). Diese Multikrise führte nicht zuletzt zu einem merklichen Vertrauensverlust in die Handlungsfähigkeit des Staates, welcher bis heute andauert.

In der Konsequenz verfestigte sich der Eindruck, dass der Einsatz menschlicher und technischer Ressourcen nicht nur aus dem Blickwinkel der strategischen Fehlallokation kritisiert



wurde, sondern auch die Antiquiertheit der eingesetzten Methoden und Technologien. Dabei bieten gerade die technologischen Sprünge im Bereich von KI großes Potenzial für das Hochwasserrisikomanagement. Erstaunlicherweise technisiert dieser KI-Einsatz die Katastrophenhilfe nicht, sondern hilft die menschliche Perspektive wieder stärker in den Blick zu nehmen. Verfügbare State-of-the-Art-Technik kann zudem in Flutlagen im Vorfeld einen Vertrauensvorschluss in der Bevölkerung generieren und diese emotionale Dividende kann auch während der Risikolagen eingebracht werden.

### **Einsatz von KI-Technologien und Big Data für Hochwasserfrühwarnung**

Aus internationalen Flut-Risikogebieten wissen wir, dass es von Machine- und Deep-Learning (ML & DL) bis hin zu fortschrittlicher künstlicher Intelligenz (KI) Technologieansätze gibt, welche einen positiven Effekt auf Krisenbewältigung haben. Derartige Modelle können Vorhersagen aus physikalischen Modellen an lokale Bedingungen anpassen und in Echtzeit Risiken bewerten. Ein Beispiel ist das von IBM und NASA entwickelte geospatiale KI-Modell, das eine schnellere und präzisere Analyse von Satellitenbildern ermöglicht. Dadurch verkürzen sich Reaktionszeiten und erhöht sich die Genauigkeit der Vorhersagen, was wiederum einer effektiveren Vorbereitung und zielgenaueren Reaktion auf Hochwasserereignisse zugute kommt (Awah et al. 2024).

Die Nutzung großer Geodatenmengen und die Anwendung von KI-Methoden zur Verarbeitung dieser Daten bieten also neue Möglichkeiten, Hochwasserrisiken genauer zu kartieren, d. h. effektiv zu lokalisieren und einzugrenzen. ML-Modelle wie Convolutional Neural Networks (CNNs) und Long Short-Term Memory (LSTM) Netzwerke haben sich etwa bei der Vorhersage von Hochwasserereignissen als vielversprechend erwiesen und können multiple Indizes verarbeiten, um genaue Hochwasserrisikokarten zu erstellen. Dieses Wissen trägt dazu bei, die institutionelle Resilienz gegenüber Hochwasserkatastrophen zu erhöhen und die Auswirkungen zu minimieren (Fekete und Sandholz 2021).

Ein wichtiger Faktor in der Gestaltung von Hochwasserrisikomanagement ist etwa die Nutzung von Big Data zur Überwachung von Gefahrenlagen, der Vorhersage von Exposition und Anfälligkeit, der Bewertung der Flexibilität natürlicher Systeme und schlussendlich der Verwaltung von Katastrophenschutzmaßnahmen, welche auf die zeitkritischen Bedürfnisse der tatsächlich betroffenen Menschen reagieren. Live-Daten von Satelliten, Seismografen und Drohnen bieten verbesserte Fernerkundungsfähigkeiten. Ebenso schaffen Daten, die von Smartphones und sozialen Medien stammen, Möglichkeiten zur Überwachung von Gefahren und zur Untersuchung des Verhaltens und der Bewegungen der Menschen während und nach Naturkatastrophen (Thieken et al. 2023).

### **AR/VR als Ankerpunkte der menschlichen Dimension im Hochwasserrisikoschutz**

Die Nutzung von Augmented Reality (AR) und Virtual Reality (VR) hilft zusätzlich, das Hochwasserrisikomanagement auf eine menschenzentrierte Ebene zu heben. Diese innovativen Technologien ermöglichen eine interaktive und immersive Darstellung komplexer Zusammenhänge von Hochwasserereignissen und deren Auswirkungen auf verschiedene Stakeholder. Das kann für umfängliche Risikotrainings, aber auch für die Visualisierung von und die Berichterstattung über Hochwasserrisiken genutzt werden. In Kombination mit der verbesserten Kartierung und Vorhersagegenauigkeit können AR- und VR-Technologien den Menschen in Risikolagen helfen, besser auf bevorstehende Hochwasserereignisse vorbereitet zu sein und gefährliche Situationen zu vermeiden. Unter der Prämisse, dass gezieltes Training negative Konsequenzen von Kontingenzen abmildern kann, werden damit das Bewusstsein und das

Verständnis für Hochwasserrisiken erhöht, um zu einer besseren Vorbereitung und Reaktion zu führen.

Eine klare und transparente Kommunikation der Risiken ist unabdingbar, um das Vertrauen in die Behörden wiederherzustellen und eine effektive Risikosteuerung zu gewährleisten. Die Berücksichtigung des menschlichen Verhaltens und der sozialen Dynamiken in der Risikobewertung trägt wesentlich dazu bei.

### Interaktive KI-Simulation „dAlchhausen“ zur Hochwasserprävention

Spielmechanik:

#### Spielmechanik

Das Spiel erstreckt sich über sieben Tage mit drei Szenarien pro Tag (07:00 – 15:00 – 23:00 Uhr). In jedem Szenario werden aktuelle Wetterbedingungen, Wasserstände und Überflutungswahrscheinlichkeiten präsentiert. Der Spieler hat fünf Optionen:

1. Nichts tun / Abwarten
2. Das Technische Hilfswerk (THW) rufen, um einen Damm in Daichhausen zu bauen (24 Stunden Bauzeit)
3. Einen kleinen Damm mit lokalen Ressourcen bauen und das THW nach Großfurt schicken
4. Die Öffentlichkeit sofort zur Evakuierung aufrufen
5. Die Simulation ohne weitere Eingaben bis zum Ende laufen lassen

#### Szenarien (Ausschnitt)

##### Tag 1, 07:00 Uhr:

- **Wetter:** Leichter Regen
- **Wasserstände:** Moderat in der Stadt, erhöht 10 km außerhalb, leicht erhöht 50 km außerhalb
- **Überflutungswahrscheinlichkeit:** 20 % für Daichhausen, 15 % für Großfurt

##### Tag 1, 15:00 Uhr:

- **Wetter:** Starkregen
- **Wasserstände:** Hoch in der Stadt, hoch 10 km außerhalb, moderat 50 km außerhalb
- **Überflutungswahrscheinlichkeit:** 50 % für Daichhausen, 35 % für Großfurt

##### Tag 1, 23:00 Uhr:

- **Wetter:** Gewitter
- **Wasserstände:** Sehr hoch in der Stadt, sehr hoch 10 km außerhalb, hoch 50 km außerhalb
- **Überflutungswahrscheinlichkeit:** 80 % für Daichhausen, 70 % für Großfurt

### Schlussbemerkung

Schlussendlich lässt sich sagen, dass die Integration moderner Technologien und die Verbesserung der institutionellen Rahmenbedingungen eine entscheidende Hilfe darstellen können, um die Resilienz gegenüber Hochwasserkatastrophen zu erhöhen. Ein koordiniertes und interdisziplinäres Vorgehen kann dazu beitragen, die erkannten Lücken in der Kommunikation und Koordination zu schließen und die Effektivität des Hochwasserrisikomanagements zu steigern. Die Erkenntnisse und Erfahrungen aus den Hochwasserereignissen von 2021 bieten wertvolle Lektionen, die genutzt werden sollten, um zukünftige Katastrophen besser zu bewältigen und die Widerstandsfähigkeit der betroffenen Regionen zu stärken.

## Literatur

- Awah, L.S., Belle, J.A., Nyam, Y.S. et al. (2024): A Systematic Analysis of Systems Approach and Flood Risk Management Research: Trends, Gaps, and Opportunities. *International Journal of Disaster Risk Science* 15: 45–57. <https://doi.org/10.1007/s13753-024-00544-y>.
- Fekete, A. und Sandholz, S. (2021): Here Comes the Flood, but Not Failure? Lessons to Learn after the Heavy Rain and Pluvial Floods in Germany 2021. *Water* 13(21): 3016. <https://doi.org/10.3390/w13213016>.
- Odersky, M. und Löffler, M. (2024): Differential Exposure to Climate Change? Evidence from the 2021 Floods in Germany. *Journal of Economic Inequality* 22: 551–576. <https://doi.org/10.1007/s10888-023-09605-6>.
- Thieken, A. H., Bubeck, P., Heidenreich, A. et al. (2023): Performance of the flood warning system in Germany in July 2021 – insights from affected residents. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 23: 973–990. <https://doi.org/10.5194/nhess-23-973-2023>.

### Kontakt:

**Hendrik Steinort**

IBM iX Berlin GmbH

[hendrik.steinort@ibmix.de](mailto:hendrik.steinort@ibmix.de)

## 6 Session V: Habitat- und Artverbreitungsmodellierung

### 6.1 Langfristige Eignung von Schutzgebieten für Süßwasserfische – eine Frage des Klimas?

Christoph Chucholl

#### Aquatische Lebensräume – dringend schutzbedürftig

Obwohl Süßwasserlebensräume nur einen kleinen Anteil der Erdoberfläche einnehmen, beherbergen sie eine außerordentlich hohe Biodiversität. Gleichzeitig sind sie besonders stark multiplen Stressoren wie Übernutzung, Verschmutzung, Lebensraumdegradation und -zerschneidung sowie invasiven gebietsfremden Arten ausgesetzt. In der Folge nimmt die biologische Vielfalt in Süßwasserlebensräumen überproportional stark ab.

Der Schutz der aquatischen Diversität ist folgerichtig eine prioritäre Zielsetzung und Schutzgebiete, in denen anthropogene Stressoren abgestellt oder minimiert werden, sind ein effizientes Werkzeug hierfür. Obligatorisch ist der Erhalt in Schutzgebieten für Arten, die im Anhang II der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-RL) aufgeführt sind. Süßwasserfische und Neunaugen nehmen in Anhang II eine herausragende Stellung ein, weshalb die FFH-RL bei wirkungsvoller Anwendung einen wesentlichen Betrag zum aquatischen Artenschutz leisten kann.

Klimawandelbedingte Areal- und Lebensraumveränderungen gefährden jedoch die langfristige Wirksamkeit der FFH-Schutzgebietskulisse. Gegenwärtig steuert die Weltgemeinschaft auf eine globale Erwärmung von 2,1-3,9 °C zum Ende des Jahrhunderts zu. Die Klimanischen von Süßwasserfischarten, welche den grundlegenden Rahmen ihres möglichen Verbreitungsareals definieren, geraten in der Folge in Bewegung und ihre Verbreitungsareale verändern sich. Schutzgebiete sind demgegenüber statisch, was das Risiko eines räumlichen Mismatches zwischen gegenwärtigen, mit artspezifischen Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen belegten Schutzgebieten und zukünftig geeigneten Lebensräumen birgt.

#### Evaluierung der langfristigen Wirksamkeit von FFH-Gebieten

Die hier vorgestellte Fallstudie (Basen und Chucholl et al. 2022) quantifiziert dieses Risiko erstmals für alle in Deutschland vorkommenden Fisch-, Neunaugen-, Flusskreb- und Großmuschelarten, die im Anhang II der FFH-RL aufgeführt sind und dauerhaft im Süßwasser leben. Anhand von europaweiten Verbreitungsdaten wurden die Umweltnischen von 18 Fisch-, 2 Neunaugen-, 2 Flusskreb- und 2 Großmuschelarten modelliert und auf drei Zukunftsszenarien projiziert. Aus den Artverbreitungsmodellen wurde anschließend die Lebensraumeignung der ausgewiesenen FFH-Gebiete berechnet und zwischen den Zeithorizonten und Szenarien verglichen (Abb. 1).

Die Modellbildung erfolgte in MaxEnt (V. 3.4.1.). Georeferenzierte Nachweisdaten für das Modelltraining wurden den nationalen FFH-Berichten für die Periode 2013-2018 entnommen. Diese liegen in einem 10 x 10 km UTM-Gitter vor, das folglich als Basisauflösung für die europaweite Modellierung verwendet wurde. Als Prädiktoren flossen sechs bioklimatische Variablen (Minimum, Maximum und Spanne von Temperatur und Niederschlag), die Terrainrauheit, der Grobsubstratanteil, die maximale Fließgewässergröße, der Anteil Wasserfläche und der Anteil urbaner Flächen ein. Anschließend erfolgte eine Feinabstimmung, um möglichst sparsame, generalisierbare Modelle zu erhalten. Durch Überprüfung der Antwortkurven und Vorhersagen für gegenwärtige Bedingungen wurde ein ökologisch plausibles Modell-Verhalten, in Übereinstimmung mit der bekannten Biologie der jeweiligen Arten, sichergestellt.

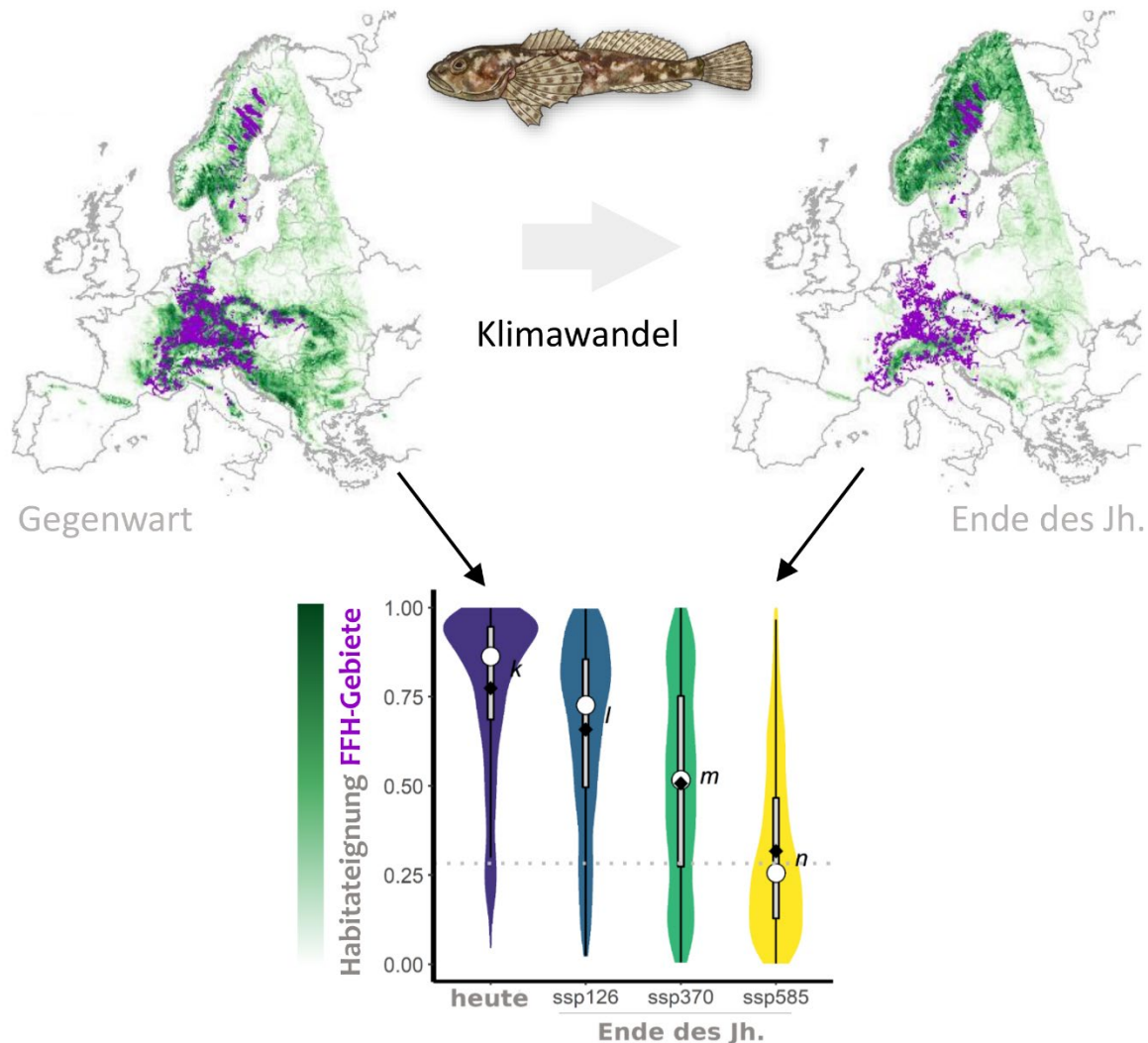


Abb. 1: Evaluierung der langfristigen Wirksamkeit von FFH-Schutzgebieten am Beispiel der Groppe (*Cottus gobio sensu stricto*): Mithilfe europaweiter Artnachweise (10 x 10 km UTM Gitter) wurde ein MaxEnt-Artverbreitungsmodell kalibriert (grüner Farbgradient von 0 = ungeeignet bis 1 = sehr gut geeignet) und auf gegenwärtige (links oben) und zukünftige Klimabedingungen projiziert (bspw. SSP585, rechts oben). Anschließend wurde die Lebensraumeignung der für die Groppe ausgewiesenen FFH-Gebiete (violette Flächen, N = 1.167) berechnet und zwischen den Klimaszenarien verglichen (Violin- und Boxplots in der Grafik unten). Buchstaben in der Grafik geben das Signifikanzniveau an (gemischtes lineares Modell mit biogeographischer Region als Kofaktor und FFH-Gebiet als Zufallsfaktor, gefolgt von einem Tukey post-hoc Test). Die gestrichelte horizontale Linie zeigt den Schwellenwert für gut geeignete Lebensräume. Liegt die Lebensraumeignung eines FFH-Gebiets unter diesem Wert, ist es für die Groppe kaum geeignet. (Quelle: Chucholl et al. (2023)).

Die untersuchten Zukunftsszenarien umfassten neben sehr optimistischen (SSP126) sowie pessimistischen (SSP585) sogenannten SSP-Szenarien (Shared Socioeconomic Pathways, dt.: gemeinsame sozioökonomische Entwicklungspfade) als Leitplanken der fernen Klimazukunft (2071-2100) auch einen Entwicklungspfad (SSP370) mit weiterhin mittleren bis hohen Treibhausgasemissionen, der eine Erderwärmung von größer 2 Grad im mittleren bis oberen Bereich der Bandbreite aller SSP-Szenarien abbildet. Um die methodenbedingte Varianz einzelner Klimamodelle zu berücksichtigen und möglichst robuste Vorhersagen der Klimazukunft zu

erhalten, wurden für jedes Zukunftsszenario die Projektionen von fünf globalen Klimamodellen einbezogen. Anschließend wurde artspezifisch für jedes ausgewiesene FFH-Gebiet die potenzielle Lebensraumeignung durch räumliche Überlagerung mit den Modellvorhersagen berechnet und zwischen den Klimaszenarien verglichen (Gegenwart vs. ferne SSP126-, SSP370- und SSP585-Zukunft).

### **Klimawandelbedingte Arealveränderungen führen zu Mismatch**

Für die meisten untersuchten Arten zeigten die Verbreitungsmodelle einen deutlichen Trend zu potentiellen Arealverschiebungen in nordöstlicher Richtung und/oder größere Höhenlagen. Gegenwärtig ausgewiesene, gut geeignete FFH-Gebiete würden dadurch an Lebensraumeignung verlieren oder vollständig aus dem vorhergesagten Kernverbreitungsgebiet zum Ende des Jahrhunderts herausfallen.

Der Rückgang der Schutzgebietseignung korrelierte dabei mit dem Ausmaß der Klimaveränderung. In einer SSP370- oder SSP585-Klimazukunft würden gemäß der Modellergebnisse ein Drittel bis über die Hälfte der FFH-Arten bis zum Ende des Jahrhunderts mehr als 75 % der derzeit ausgewiesenen FFH-Gebiete als gut geeigneten Lebensraum verlieren. Wird das Zwei-Grad-Ziel eingehalten (SSP126), würde dies zwar noch spürbare, aber deutlich weniger folgenschwere Auswirkungen haben. Zu den Arten mit starken prognostizierten Rückgängen an gut geeigneten FFH-Gebieten zählen unter anderem Flusssperl- und Bachmuschel, Steinkrebs, Donau- und Bachneunauge, Groppe, Huchen, Stromgründling, Steinbeißer und Schlammpeitzger sowie verschiedene Donau-Endemiten.

### **Fazit: Aktives, vorausschauendes Handeln notwendig**

Der Klimawandel wird sehr wahrscheinlich zu einer Diskrepanz zwischen gegenwärtigen Schutzgebieten und zukünftig gut geeigneten Fischlebensräumen führen. Die langfristige Wirksamkeit der Schutzgebiete wird dadurch untergraben. Dieser Effekt war zu vermuten, neu ist aber die Qualität und Quantität dieses Risikos für die aquatische FFH-Fauna, insbesondere unter realistischen Zukunftsannahmen (SSP370).

Anders als landlebende oder nur zeitweilig im Wasser lebende Artengruppen, haben hololimnische Taxa nur sehr eingeschränkte Möglichkeiten ihrer klimatischen aktiv zu folgen und in neu geeignete Schutzgebiete einzuwandern. Inhärente Ausbreitungshindernisse wie Wasserscheiden und Einzugsgebietsgrenzen, starke Habitat- und biotische Widerstände sowie die massive anthropogene Zerschneidung stellen starke Ausbreitungslimitierungen dar. Zudem besteht das Risiko, dass die Geschwindigkeit des Klimawandels die Ausbreitungsraten aquatischer Arten schlicht übersteigt.

Ein effektives Gegensteuern erfordert daher wesentlich mehr aktives Handeln als in Landlebensräumen und umfasst die Förderung der natürlichen Klimaresilienz, die Wiederherstellung der Längs- und Quervernetzung, gezielte Ansiedlungen ('assisted migration'), die Identifikation und den Schutz von Klimarefugien sowie den Erhalt der genetischen Vielfalt als mögliche Anpassungsmaßnahmen. Dabei können, wie hier vorgestellt, die Vorhersagen von nischenbasierten Artverbreitungsmodellen entscheidende Impulse geben.



## Literatur

Die Originalarbeit ist in 'Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems' veröffentlicht und frei zugänglich:

Basen, T., Chucholl, C., Oexle, S., Ros, A. und Brinker, A. (2022): Suitability of Natura 2000 sites for threatened freshwater species under projected climate change. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems 32: 1872–1887. <https://doi.org/10.1002/aqc.3899>.

Ein deutschsprachiger Essay ist zudem in der 'Zeitschrift für Fischerei' verfügbar:

Chucholl, C., Oexle, S. und Brinker, A. (2023): Fische in der Klimakrise – denn wir wissen was kommt. Zeitschrift für Fischerei 3. Artikel 6: 1-12. <https://doi.org/10.35006/fischzeit.2023.21>.

### Kontakt:

#### **Dr. Christoph Chucholl**

Fischereiforschungsstelle Baden-Württemberg, Landwirtschaftliches Zentrum für Rinderhaltung, Grünlandwirtschaft, Milchwirtschaft, Wild und Fischerei Baden-Württemberg (LAZBW)

[Christoph.Chucholl@lazbw.bwl.de](mailto:Christoph.Chucholl@lazbw.bwl.de)

## 6.2 Habitatmodellierung als Planungsgrundlage für den Artenschutz

Claudia Frank, Behrend Dellwisch und Jakob Katzenberger

Um die Ziele des Klimaschutzes und des Erhalts der biologischen Vielfalt in Europa in Einklang zu bringen, ist es dringend erforderlich, mögliche Konflikte mit dem Naturschutz im Zuge der Energiewende zu entschärfen. In Deutschland wurden mit der Novellierung des Bundesnaturschutzgesetzes im Jahr 2022 nationale Artenhilfsprogramme eingeführt, welche den Ausbau erneuerbarer Energien flankieren und dem dauerhaften Schutz gefährdeter Arten und ihrer Lebensräume dienen sollen (BfN 2024).

Häufig fehlen den zuständigen Behörden jedoch umfassende Biodiversitätsdaten, die eine Priorisierung von Naturschutzbelangen vor Ort ermöglichen würden. Um Entscheidungen zu unterstützen, wo Lebensraum-Aufwertungen z. B. durch Renaturierungsmaßnahmen sinnvollerweise umzusetzen sind und wo diese ggfs. prioritär stattfinden sollten, sind jedoch zwingend flächendeckende Informationen zu Vorkommen und Habitatpräferenzen der betroffenen Arten notwendig. Hierzu werden häufig Artverbreitungs- oder Habitatmodelle verwendet, da sie eine flächenendeckende Vorhersage der Vorkommenswahrscheinlichkeit einer oder mehrerer Arten aus Umweltinformationen ableiten können.

Im Rahmen eines Forschungs- und Entwicklungsvorhabens wurden daher die aktuell verfügbaren heterogenen Vorkommensdaten aus behördlichen Quellen und den Datengrundlagen des Dachverbands Deutscher Avifaunisten (DDA) zusammengeführt, um die Lebensraumanprüche und die bundesweite Verbreitung von elf durch Kollisionen an Windenergieanlagen gefährdeten Großvogelarten darzustellen. Unter Verwendung hierarchischer räumlicher Verbreitungsmodelle wurden artspezifische Vorhersagen zur Habitateignung und Vorkommenswahrscheinlichkeit von elf gefährdeten Großvogelarten in Deutschland abgeleitet. Die verwendeten Modelle berücksichtigen separat den Einfluss von Umweltfaktoren auf das Vorkommen von Arten (Habitateignung) sowie zusätzliche räumliche Abhängigkeiten in den Daten, die nicht durch die betrachteten Umweltvariablen erklärt werden, mittels sogenannter Gaussian Random Fields (GRF). Zusammen spiegeln diese getrennten Modellteile die Vorkommenswahrscheinlichkeit der jeweiligen Art wider. Hierfür wurde das Paket sdmTMB (Anderson et al. 2024) in der Open Source Software R (R Core Team 2024) verwendet, welches eine effiziente Berechnung hierarchischer Verbreitungsmodelle mit räumlichen Komponenten ähnlich dem INLA-Ansatz ermöglicht (Rue et al. 2009, Anderson et al. 2024).

Die ersten Ergebnisse liefern die aktuellsten, detailliertesten und bundesweit vergleichbaren Informationen zur Brutverbreitung und zu den Habitatpräferenzen von elf Großvogelarten in Deutschland (Beispiel Rohrweihe in Abb. 1). Die Kartendarstellungen der Modellvorhersagen zeigen im Detail auf, mit welcher Wahrscheinlichkeit eine Art in einer Rasterzelle (1 x 1 km) brütet. Dabei können sowohl die Umweltfaktoren als auch großräumige Verbreitungsmuster (Vorkommenswahrscheinlichkeit, Abb. 1 links) oder alternativ nur der Einfluss von Klima und Landschaftsmerkmalen (Habitateignung, Abb. 1 rechts) berücksichtigt werden. Populationsdichten oder Abundanzen sowie die genaue Lage von Brutplätzen können mit den vorliegenden Modellen nicht bestimmt werden.

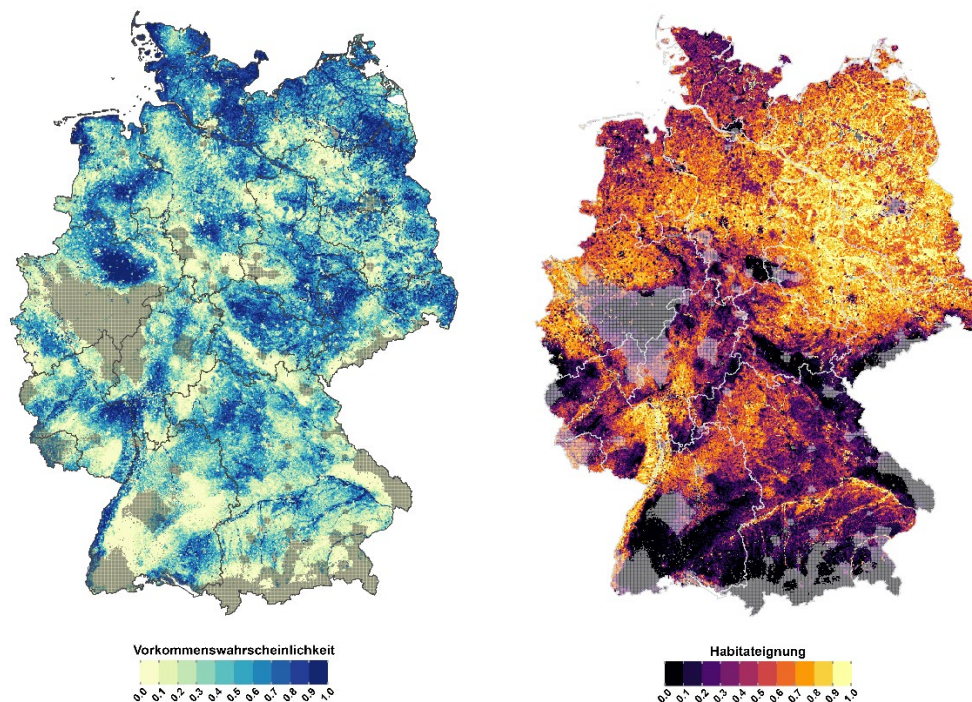


Abb. 1: Modellprognosen der Vorkommenswahrscheinlichkeit (links) sowie Habitateignung (rechts) für die Rohrweihe in Deutschland (Auflösung 1 x 1 km). Bereiche mit hoher Unsicherheit sind grau schattiert dargestellt (CI-Spanne >0.5). (Eigene Darstellung)

Die Modellierungen zeigen gute Validierungsergebnisse (Tab. 1) und stimmen vielfach mit den bekannten großräumigen Verbreitungsmustern der Arten sowie deren Kombination überein (Abb. 2), wie sie zuletzt in den Kartierungen zum Atlas Deutscher Brutvogelarten (ADEBAR) erfasst wurden (Gedeon et al. 2014). Regionale Veränderungen in den Verbreitungsmustern sind jedoch bei vielen Arten zu erwarten, da die letzten Atlas-Kartierungen bereits einige Zeit zurückliegen. Mit den Modellergebnissen liegen daher nun belastbare Informationen auf dem derzeit bestmöglichen Kenntnisstand vor, um weitere Maßnahmen zur Verbesserung des Schutzes dieser Arten beim Ausbau der Windenergie in Deutschland zu unterstützen. Die Aussagekraft der Ergebnisse ist allerdings auf die elf betrachteten Vogelarten beschränkt. Vollständige, bundesweite Bestandsdarstellungen, die auf einheitlichen Kartierungen und damit vergleichbaren Datengrundlagen beruhen, werden erst in einigen Jahren mit dem neuen deutschen Brutvogelatlas ADEBAR 2.0 möglich sein.

Die Unsicherheit der Modellvorhersagen, z. B. die Spanne des Konfidenzintervalls, können wir abbilden (Abb. 1) und bei der Verwendung der Modellergebnisse weiter berücksichtigen. Trotz gewisser Unsicherheiten können auf der Grundlage der Modellprognosen für die einzelnen Arten und artübergreifend Gebiete mit hoher Vorkommenswahrscheinlichkeit und Habitateignung abgegrenzt werden.

Tab. 1: Kriterien der Güte von artspezifischen Modellen getrennt für Habitategnung (basierend auf Umweltfaktoren allein) und Vorkommenswahrscheinlichkeit (berücksichtigt zusätzlich Gaussian Random Fields). Die AUC kann Werte zwischen 0.5 und 1 annehmen, wobei ein höherer Wert die bessere Güte anzeigt.  $R^2$ -Werte geben an, wie viel Prozent der Variabilität im Datensatz durch das Modell erklärt werden kann.  $R^2$ -Werte können zwischen 0 und 1 liegen, ein hoher Wert zeigt eine höhere Modellgüte an.

Deutscher Artname	Vorkommenswahrscheinlichkeit		Habitategnung	
	AUC	$R^2$	AUC	$R^2$
Uhu	0.85	0.46	0.77	0.29
Weißstorch	0.93	0.71	0.90	0.59
Rohrweihe	0.86	0.50	0.76	0.29
Wiesenweihe	0.98	0.84	0.92	0.67
Wanderfalke	0.83	0.40	0.80	0.35
Baumfalke	0.82	0.38	0.75	0.24
Seeadler	0.84	0.42	0.73	0.20
Schwarzmilan	0.86	0.49	0.79	0.32
Rotmilan	0.83	0.40	0.72	0.20
Fischadler	0.83	0.42	0.73	0.23
Wespenbussard	0.78	0.32	0.74	0.24

Im Rahmen von Planungsprozessen können die vorliegenden Ergebnisse dazu beitragen, Datenlücken an Standorten zu schließen, an denen keine aktuellen Informationen über Artvorkommen vorliegen, oder Gebiete aufzeigen, in denen weitere Datenerhebungen erforderlich sind. Durch die Berechnung relativer Wahrscheinlichkeiten in einem regionalen Bezugsraum (z. B. Naturräume) können die Ergebnisse eingegrenzt werden und damit die relative Eignung für Maßnahmenflächen in einer Region abgeschätzt werden.

Der gewählte Ansatz ermöglicht auch zukünftige Aktualisierungen der Modelle bei Vorliegen neuer Vorkommensdaten oder anderer raumbezogener Variablen. Da das aktuelle Projekt noch nicht abgeschlossen ist, soll eine Versionierung der Ergebnisse Änderungen, und damit mögliche Abweichungen nachvollziehbar machen.

Im weiteren Projektverlauf wird nun untersucht, wie mit den neuen Grundlagendaten aus der Modellierung Gebiete mit hohem Potenzial für eine effektive Umsetzung von Schutzmaßnahmen und eine großräumige Priorisierung für die nationalen Artenhilfsprogramme abgeleitet werden können. Dabei sollen auch mögliche Konflikträume mit Windenergieanlagen berücksichtigt werden.

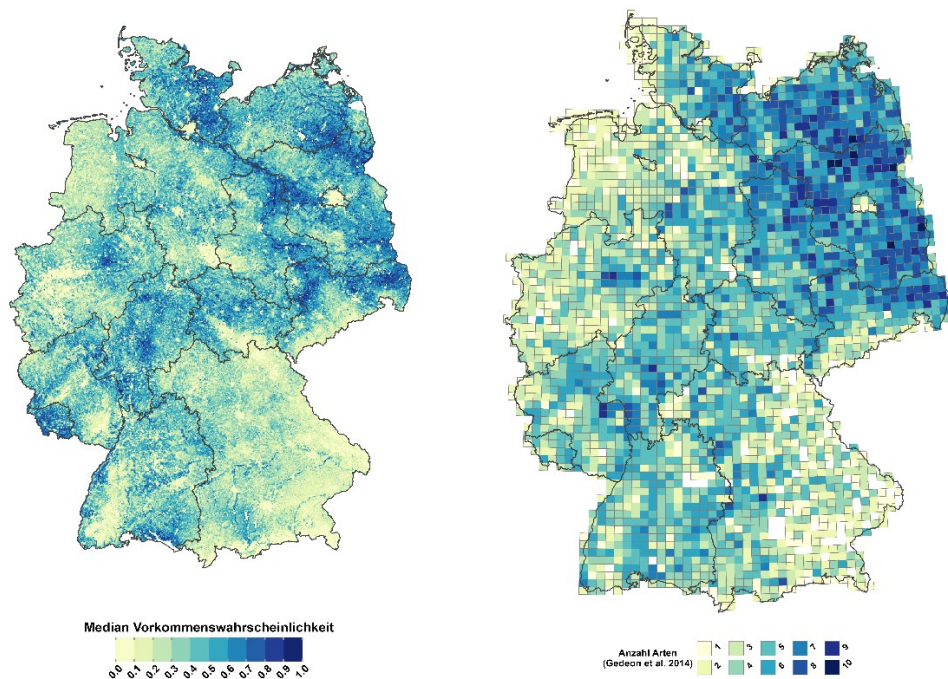


Abb. 2: Median der Vorkommenswahrscheinlichkeit aller 11 Großvogelarten auf 1 x 1 km (links) im Vergleich zur Anzahl der betrachteten Arten, die anhand der letzten Atlas-Kartierung je TK25-Zelle ermittelt wurden (rechts). (Quelle: Gedeon et al. 2014 bzw. eigene Darstellung)

## Literatur

- Anderson, S. C. et al. (2024): sdmTMB: An R Package for Fast, Flexible, and User-Friendly Generalized Linear Mixed Effects Models with Spatial and Spatiotemporal Random Fields (preprint). bioRxiv 2022.03.24.485545. <https://doi.org/10.1101/2022.03.24.485545>.
- BfN – Bundesamt für Naturschutz (2024): Nationales Artenhilfsprogramm. <https://www.bfn.de/thema/nationales-artenhilfsprogramm>. (Letzter Zugriff: 24.07.2024).
- Bundesnaturschutzgesetz vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2542), das zuletzt durch Artikel 5 des Gesetzes vom 3. Juli 2024 (BGBl. 2024 I Nr. 225) geändert worden ist
- Gedeon, K. et al. (2014): Atlas Deutscher Brutvogelarten. Atlas of German Breeding Birds. Stiftung Vogelmonitoring Deutschland und Dachverband Deutscher Avifaunisten. Münster: 800 S.
- R Core Team (2024): R: A Language and Environment for Statistical Computing.
- Rue, H., Martino, S. und Chopin, N. (2009): Approximate Bayesian inference for latent Gaussian models by using integrated nested Laplace approximations. Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Statistical Methodology) 71: 319 – 392. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9868.2008.00700.x>.

## Kontakt:

**Dr. Claudia Frank\*, Behrend Dellwisch und Dr. Jakob Katzenberger**

Dachverband Deutscher Avifaunisten (DDA) e.V.

\*[claudia.frank@dda-web.de](mailto:claudia.frank@dda-web.de)



## 6.3 Modelle in Produktion – Habitatmodellierung zur Identifikation potenzieller Artenschutzkonflikte

Sten Zeibig

### Motivation und Hintergrund

Infrastrukturausbau und Artenschutz stehen meist in einem Spannungsverhältnis zueinander. Der Ausbau von Infrastruktur, wie Straßen, Eisenbahnen und Energieversorgungsanlagen, kann Lebensräume fragmentieren oder ganz zerstören und so zur (weiteren) Gefährdung von Arten beitragen (z.B. Wilson et al. 2016). Eine frühzeitige Identifikation der Konfliktpotenziale durch ökologische Modellierung während der Projektentwicklungs- oder Planungsphase kann die Belastung der Biodiversität planbar minimieren.

Ökologische Modelle oder Modellansätze sind im Allgemeinen nicht „production ready“, können also nicht ohne weiteres in Planungsprozesse integriert werden. Um ihr Potenzial für den Artenschutz in der Praxis zu heben, ist ihr unkomplizierter Einsatz aber notwendig.

Dieser Beitrag adressiert vor allem die Tagungsleitfrage nach Rahmenbedingungen, um Modellierungsmethoden nutzen zu können. Unser Praxisbericht beleuchtet:

- den Weg ökologischer Modelle in breite und wiederholbare Anwendung (Produktion),
- aktuelle Rahmenbedingungen für ihren Einsatz,
- welche Maßnahmen ihre sichere Anwendung in der Praxis unterstützen können.

### Ökologische Modelle in Produktion

Für den produktiven Einsatz ökologischer Modelle sind Aspekte entscheidend, die im wissenschaftlichen Kontext, in dem diese Modelle entwickelt werden, oft keine Rolle spielen.

**Softwareentwicklung und -betrieb:** Aus professioneller Anwendungssicht ist die softwaremäßige Implementierung ökologischer Modelle von zentraler Bedeutung. Modellimplementierungen müssen, wie jede produktiv eingesetzte Software, Mindestanforderungen in Bezug auf Zuverlässigkeit, Robustheit, Wartbarkeit, Sicherheit, Verfügbarkeit oder auch Skalierbarkeit erfüllen, um kontinuierliche Entwicklung, Wartung und Betrieb effizient sicherzustellen. Wird dies nicht gewährleistet, sterben Softwareprojekte typischerweise innerhalb weniger Jahre, weil die Kosten für Wartung, Betrieb und Weiterentwicklung stetig steigen.

**Automatisierung:** Ökologische Modelle sollten einfach, flexibel und reproduzierbar einsetzbar sein. Aus Gründen der Zeitersparnis und Fehlervermeidung ist eine weitestgehende Automatisierung der Datenbeschaffung, -aufbereitung, Modellberechnungen und grundlegenden Auswertungen entscheidend. Ohne eine robuste automatisierte Modell-Pipeline steigt die Fehlerwahrscheinlichkeit deutlich bei gleichzeitigem Verlust von Nachvollziehbarkeit und Transparenz.

**Produktperspektive:** Für eine breite Anwendung ökologischer Modelle müssen Modellimplementierungen als Produkt verstanden werden, welches Bedürfnisse der Anwendenden erfüllen muss, um akzeptiert zu werden. Diese Bedürfnisse (z. B. niederschwelliger Einsatz oder Anschlussfähigkeit an bestehende Prozesse) gehen über die wissenschaftliche Beantwortung einer konkreten Fragestellung deutlich hinaus.

Zusätzlich zu diesen Aspekten bleiben wissenschaftliche Anforderungen wie methodische Korrektheit bestehen.



## Aktuelle Rahmenbedingungen

Es gibt viele ökologische Modellansätze. Die besten Chancen auf eine breite und wiederholte Anwendung haben flexible Modelle, die mit den verfügbaren Daten robuste Ergebnisse liefern.

In der Praxis liegt der Fokus oft auf Entscheidungsunterstützung, wie z. B. dem Ranking verschiedener Handlungsoptionen oder Folgenabschätzung. So spielen im Zusammenhang mit der Flächenauswahl in Planungsprozessen Fragen nach möglichen Artenschutzkonflikten z. B. durch Habitatverlust oder Scheuchwirkung anthropogener Strukturen eine Rolle. Diese Fragen können gut durch statistische Modelle behandelt werden (z.B. Franklin 2010).

Für einige Modelle stehen Implementierungen zur Verfügung, wie z. B. die Open-Source-Software Maxent für die Bildung von Artverbreitungs- und Habitatmodellen auf Basis der Maximum-Entropie-Methode (MaxEnt-Modelle). Andere Ansätze stehen als R-Packages oder Python-Module zur Verfügung (z. B. Saad und Ruai 2019) oder können ggf. anhand der Literatur implementiert werden. Insgesamt ist die Verfügbarkeit von Modellen verhältnismäßig gut.

Im Gegensatz dazu fehlen Standards für den Einsatz ökologischer Modelle. Zusätzlich sind Menge, Qualität und Zugänglichkeit verfügbarer Daten oft unzureichend.

**Fehlende übergreifende Standards:** Grundsätzlich bestehen hohe Freiheitsgrade für

- Wahl des Modells,
- Auswahl der Eingangsdaten,
- Parametrisierung des Modells,
- Wahl der Maße zur Beurteilung der Modellgüte,
- Darstellung und fachlichen Einordnung der Modellergebnisse.

Ohne tiefe Fachkenntnisse ist es schwer, die Aussagekraft der Ergebnisse zu beurteilen und sie zur Entscheidungsunterstützung heranzuziehen. Dem kann durch Expertise der Modellierenden begegnet werden. Um diese transparent zu dokumentieren, steht ein Protokoll (Zurell et al. 2020) zur Verfügung, das die Qualitätssicherung unterstützt. Ein breiter Einsatz von Modellen würde jedoch noch besser unterstützt, wenn die genannten Aspekte standardisiert und so Freiheitsgrade für definierte Anwendungen eingeschränkt würden.

Datenverfügbarkeit: Datenbeschaffung ist herausfordernd. Dies gilt insbesondere für den rein privatwirtschaftlichen Einsatz von Modellen. So sind einige ornithologische Beobachtungsdaten nur innerhalb behördlicher oder wissenschaftlicher Kontexte verfügbar. Alternativ kann auf frei zugängliche Daten zugegriffen werden, die zunehmend zur Verfügung stehen. Allerdings benötigen Auffinden, Qualitätssicherung und Aufbereitung der Daten entsprechende Expertise.

## Beispiel Habitatmodellierung zur Identifikation potenzieller Artenschutzkonflikte

Im Folgenden wird die konkrete Anwendung von Habitatmodellierung für die Identifikation potenzieller Artenschutzkonflikte in früheren Planungsphasen skizziert.

**Hintergrund:** Freiflächen für Bauvorhaben müssen (bis auf Ausnahmen) hinsichtlich der artenschutzrechtlichen Betroffenheit geprüft werden. Gegebenenfalls ergeht an den oder die Bauherrin ein Prüfauftrag, der ein Fachgutachten erforderlich machen kann. Der Prozess der artenschutzrechtlichen Prüfung kann bis zur Genehmigung oder Ablehnung Monate bis Jahre dauern.

**Nutzen ökologischer Modellierung:** Hier kann Modellierung direkt zu Beginn der Projektierung eine gute erste Einschätzung liefern und so Planungssicherheit erhöhen, den zuständigen Behörden (Untere Naturschutzbehörden) eine Entscheidungshilfe liefern und allen Beteiligten eine Kommunikationsgrundlage bieten. Der Prozess kann dadurch im Idealfall deutlich abgekürzt werden, wird aber in jedem Fall planbarer.

Das verdeutlicht, dass der Bedarf für eine breite Anwendung ökologischer Modelle nicht nur auf Behördenseite liegt, sondern auch bei Wirtschaftsunternehmen.

**Modellansatz:** Für diese Art von Fragestellung eignen sich Habitateignungsmodelle und hier speziell MaxEnt gut. Sie haben sich vielfach auf unterschiedlichen Skalen bewährt (z.B. Engler et al. 2017, Frans et al. 2022). Sie liefern ein Maß für die Eignung von Flächen als Habitat für artenschutzrechtliche Zielarten im räumlichen Kontext. Daraus kann die Bedeutung der Fläche für den Artenschutz abgeleitet werden, was Rückschlüsse auf das Konfliktpotenzial auf dieser Fläche zulässt.

**Softwaremäßige Umsetzung:** Die Nutzung etablierter Standards der Softwareentwicklung sowie eine automatisierte Prozesspipeline (Abb. 1) bilden die Grundlage des Softwareprodukts. Die Konfiguration der Pipeline beinhaltet u. a. Datenauswahl, angewendete Filter und Modellparametrisierung. Sie definiert und dokumentiert transparent, welche Festlegungen in Anbetracht vorhandener Freiheitsgrade getroffen werden.

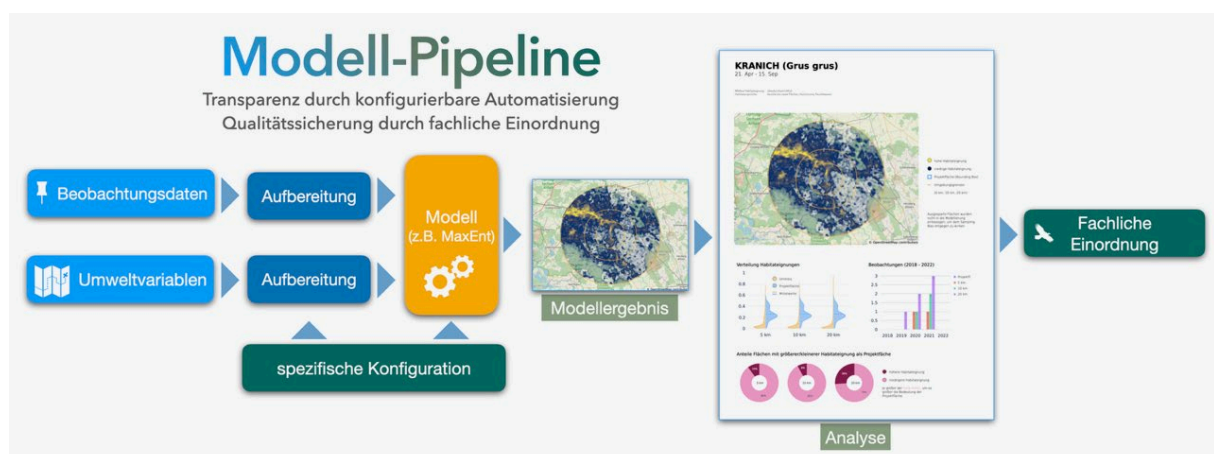


Abb. 1: Die Pipeline startet mit der automatisierten Beschaffung aktueller Daten und läuft über die Orchestrierung von Modellläufen und -auswertung bis zur Generierung von Karten und Grafiken.

**Qualitätssicherung:** Um als Entscheidungsgrundlage dienen zu können, müssen Modellergebnisse durch Expert\*innen fachlich plausibilisiert und eingeordnet werden. Dies gilt sowohl auf der Ebene der Modellierung als auch der Artökologie.

### Ausblick

Die Rahmenbedingungen sind aus unserer Sicht gegeben, dass mit der nötigen Expertise und Sorgfalt die breite Anwendung ökologischer Modelle vorangetrieben werden kann und sollte. Der Bedarf dafür besteht bei unterschiedlichen behördlichen und privatwirtschaftlichen Akteur\*innen gleichermaßen. Vor allem die privatwirtschaftliche Anwendung kann ein wirkungsvoller Treiber sein, um Modelle robust und breit in die Anwendung zu bekommen. Hier

besteht ein ökonomisches Interesse an der Verstärkung von Modellanwendungen. Damit werden auch die dafür nötigen technischen Strukturen geschaffen.

Verlässliche Rahmenbedingungen in Form von wissenschaftlich fundierten Standards und Mechanismen zur Lizenzierung ökologisch sensibler Daten für eine seriöse Anwendung würden diesen Prozess enorm unterstützen.

## Literatur

- Franklin, J. (2010): Mapping Species Distributions: Spatial Inference and Prediction. Cambridge University Press. Cambridge: 320 S. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511810602>.
- Frans, V. F., Augé, A. A. et al. (2022): Integrated SDM database: Enhancing the relevance and utility of species distribution models in conservation management. *Methods in Ecology and Evolution* 13(1): 243-261. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13736>.
- Engler, J. O., Stiels, D. et al. (2017): Avian SDMs: Current state, challenges, and opportunities. *Journal of Avian Biology* 48(12): 1483-1504. <https://doi.org/10.1111/jav.01248>.
- Zurell, D., Franklin, J. et al. (2020): A standard protocol for reporting species distribution models. *Ecography* 43(9): 1261-1277. <https://doi.org/10.1111/ecog.04960>.
- Saad, T. und Ruai, G. (2019): PyMaxEnt: A Python software for maximum entropy moment reconstruction. *Software X* 10: 100353. <https://doi.org/10.1016/j.softx.2019.100353>.
- Wilson, M.C., Chen, X.Y. et al. (2016): Habitat fragmentation and biodiversity conservation: key findings and future challenges. *Landscape Ecol* 31: 219–227. <https://doi.org/10.1007/s10980-015-0312-3>.

## Kontakt:

### Dr. Sten Zeibig

indblik.io – Dr. Sten Zeibig e.K.  
[sten.zeibig@indblik.io](mailto:sten.zeibig@indblik.io)

## 6.4 Modellierung für Naturschutz und Landschaftsplanung: Anwendungen und die Wahl der richtigen Skalen

Reinhard Klenke

### Welche Modellierungsansätze unterstützen die Naturschutzpraxis und das Biodiversitätsmonitoring – gegenwärtig und zukünftig – vor dem Hintergrund von Renaturierung und Klimawandel?

In zunehmendem Maß entwickeln sich Naturschutz und Landschaftsplanung zu Arbeitsfeldern, in denen Methoden der mathematischen Modellierung eingesetzt werden. Das betrifft vor allem raumbezogene Problemstellungen, wie Fragen nach der Habitatqualität, den Auswirkungen von Landschaftsfragmentierung (Baier et al. 2006), der Planung von Verbundkorridoren (Pe'er et al. 2014) oder Schutzgebieten. Aber auch die demografische Entwicklung von Arten, die entweder sehr selten sind oder die aufgrund verursachter Konflikte ein adaptives Management erfordern, ist Gegenstand von Modellierungen (Klenke et al. 2013). Bei solchen Problemstellungen ist die Frage, auf welcher Skalenebene und mit welcher Auflösung gearbeitet wird, grundlegend und ganz entscheidend dafür, ob die aus den Ergebnissen der Modellierung abgeleiteten Handlungsempfehlungen erfolgreich in der Praxis eingesetzt werden können.

Im Vortrag wurden ausgewählte methodische Ansätze, Werkzeuge und Ergebnisse aus verschiedenen nationalen und internationalen Forschungsprojekten dargestellt, in denen sich der Verfasser gemeinsam mit vielen anderen Kolleginnen und Kollegen mit der eben genannten Frage auseinandergesetzt hat (Grimm et al. 2004, Gunton et al. 2017, Henle et al. 2014, Jooß et al. 2012, Klenke et al. 2013). Ziel dieser Arbeiten war es auch, auszuloten, welche der mittlerweile sehr vielfältigen methodischen Ansätze und Softwarewerkzeuge nicht nur erfolgreich in die praxisnahe Arbeit von Naturschutz- und Raumplanung integriert werden können, sondern auch sollten. Denn tatsächlich werden viele Möglichkeiten nicht in dem Maß genutzt, wie es sein könnte und auch angeraten wäre.

Dabei ist das Spektrum verfügbarer Herangehensweisen und spezifischer Methoden sehr breit und reicht von konzeptionellen deterministischen Ansätzen über die Verwendung von Fuzzy-Logik und maschinellem Lernen bis tief hinein in die statistische Analyse. Die Sichtweisen können retrospektiv auf die Beschreibung vergangener Entwicklungen und Trends (Eichenberg et al. 2020) oder vor allem auf die Voraussage und Projektion bekannter Zusammenhänge gerichtet sein, z. B. zur Abschätzung der Folgen von Eingriffen in der Landschaftsplanung oder der Regulierung von Populationen. Dabei erfordern Naturschutz und Landschaftsplanung unterschiedliche Strategien auf unterschiedlichen räumlichen und administrativen Ebenen (Lengyel et al. 2014).

### Für welche naturschutzfachlichen Fragen werden Modelle benötigt, um Behörden, Fachgesellschaften und Verbände bei Entscheidungen zu unterstützen?

An einem räumlich eher eng fokussierten und daher überschaubaren Beispiel wurde gezeigt, wie sich die Überlebenswahrscheinlichkeit von einzelnen Subpopulationen und der gesamten Metapopulation der Wantschrecke (*Polysarcus denticauda*) in der Folge eines massiven straßenbaulichen Eingriffes wahrscheinlich entwickeln würde. In insgesamt 2 x 5 Szenarien wurden verschiedene Varianten untersucht, die zum einen von vereinzelter über kombinierte Verbundmaßnahmen bis hin zur teilweisen Untertunnelung der Landschaft ausgehen, zum anderen aber auch ausschließlich Alternativen in der Aufwertung von Habitaten und der

Verbesserung der verbleibenden Konnektivität sehen. Dafür wurde ein ausgefeilter Workflow erarbeitet, der von der detaillierten Aufbereitung von geografischen Daten mit GIS und einer darauf aufbauenden statistischen Habitatmodellierung über Analysen der Landschaftskonnektivität mit Least-Cost-Path Algorithmen sowie Electric-Circuit-Theorie bis hin zu einem Stochastic-Patch-Occupancy-Modell zur Vorhersage der Stabilität der Metapopulation reicht. Dieses Beispiel betraf nur einen kleinen Landschaftsausschnitt, war aber in der Ausdehnung dem zu lösenden Problem angemessen.

Aktuell finden z.B. in der Planung der technischen Infrastruktur für die erneuerbaren Energien viele kleine, dafür aber großflächig verteilte Eingriffe statt, die vor allem Populationen von Vögeln und Fledermausarten betreffen (Thrän et al. 2020). Einige der betroffenen Arten ziehen zudem regelmäßig über größere Distanzen hinweg und erleiden sowohl bei der täglichen Nahrungssuche als auch der Migration eine erhöhte Mortalität. Der Bau von Windkraftanlagen erfordert zwar lokal in der Einzelmaßnahme nur relativ wenig Raum, die tatsächliche direkte und indirekte Raumwirkung ist jedoch sowohl durch Attraktion als auch Vergrämung weitaus größer. Ähnliches gilt für die demografischen Auswirkungen, bei denen die Nachhaltigkeit in der Wirkung einzelner Individuenverluste unterschätzt wird. Deshalb sollte gerade hier Modellierung zur Standortsplanung eingesetzt werden, die den Fokus nicht etwa nur lokal setzt, wie es die aktuellen auf rein normativen Ansätzen beruhenden planerischen Einschätzungen der Eingriffsfolgen tun, sondern die mit strategischem Blick mindestens auf das Bundesgebiet, wenn nicht sogar das gesamte Verbreitungsgebiet der betroffenen Metapopulationen oder auch Arten gerichtet ist und damit die kumulative Wirkung der vielen Einzelmaßnahmen berücksichtigen kann. Das gilt auch für die Zeitskala, die in der Einschätzung der Populationsgefährdung sowie der Landschaftsplanung Berücksichtigung finden sollte, zum Beispiel durch die verstärkte Sensitivitätsanalyse von demografischen Entwicklungen in Form von Populationsgefährdungsanalysen.

### **Welche Rahmenbedingungen sind notwendig, um Modellierungsmethoden und -ergebnisse für Politikberatung und Naturschutzpraxis nutzen zu können?**

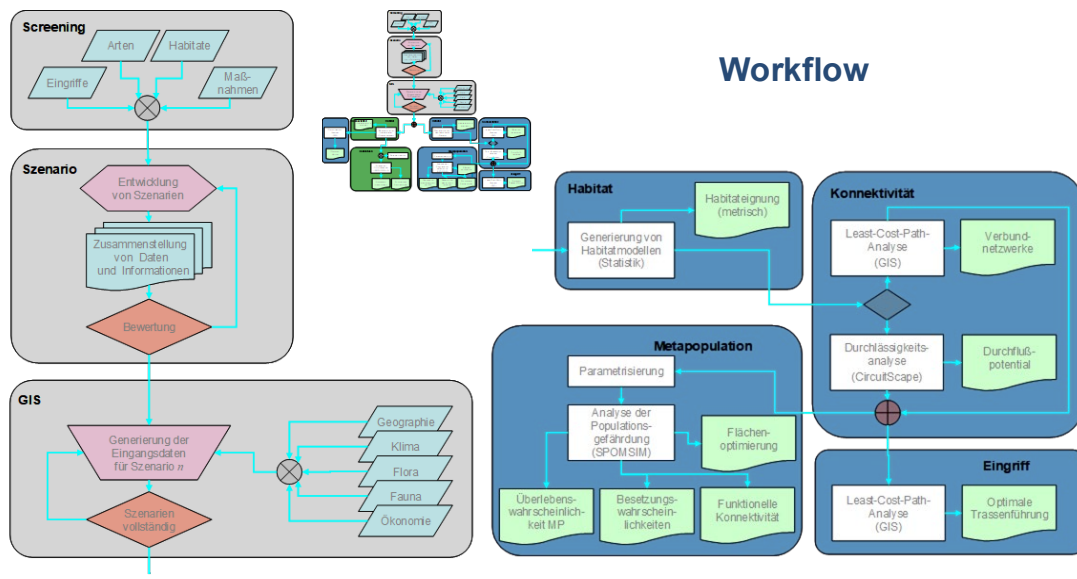
In der Konsequenz müssen diese Skalenaspekte auch in der administrativen Entscheidungsfindung berücksichtigt werden. Auch hier sollte die Entscheidung über die Platzierung von Windparks nicht räumlich und zeitlich isoliert, sondern unter Berücksichtigung der Auswirkungen auf betroffene Wirbeltierpopulationen durch bereits errichtete Anlagen sowie die summierten Folgen für das gesamte Gebiet auf höherer Ebene gefällt werden, natürlich unter Einsatz partizipativer Ansätze zur Einbeziehung aller Beteiligten vor Ort.

Nur auf diese Weise wird es möglich, die z. T. weit über das Bundesgebiet hinausreichenden Wirkungen abzuschätzen, integrativ fortzuschreiben und über optimierte Allokation zu mildern sowie unerwartete Kipppunkte zu vermeiden. Gleichzeitig sollten auch die Vorteile gesehen werden, die solche räumlich expliziten Modellansätze für die Standortfindung bieten, da sowohl naturschutzfachliche Grundlagen als auch die physikalischen, landschaftlichen und ökonomischen Voraussetzungen gut integriert und über entsprechende Grafiken sowie Karten anschaulich vermittelt werden können.

In den Fachbehörden sollte außerdem nach Möglichkeiten gesucht werden, durch Fortbildung und Verbesserung der personellen sowie technischen Ausstattung methodisch Anschluss an die Forschung zu finden, um die kontinuierliche Überführung von Forschungsergebnissen in die Praxis zu ermöglichen und - zumindest in begrenztem Maß und mit etablierten Ansätzen -



auch eigene Analysen und Modellierungen durchzuführen. Nur so kann der direkte Schulter-schluss und Dialog mit der Forschung aufrechterhalten werden.



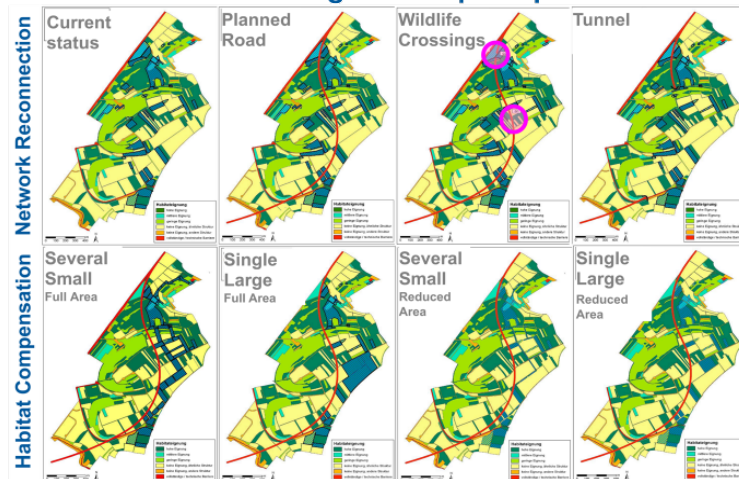
### Scenario Building and Map Preparation

#### Wiedervernetzung

- ohne
- Grünbrücken
- Tunnel

#### Habitatqualität + Trittsteine (sloss)

- single large  
or
- several small



### Metapopulation Modelling – Selected Results

#### Impact and Network Reconnection

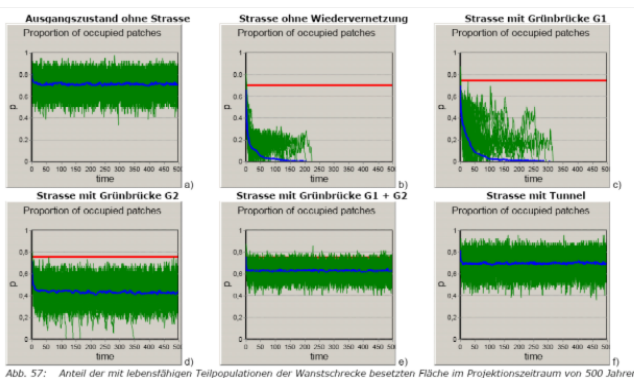


Abb. 57: Anteil der mit lebensfähigen Teilpopulationen der Wanztische besetzten Fläche im Projektionszeitraum von 500 Jahren

#### Fate of sub-populations

Results: Patch incidence = Probability of a patch to be used

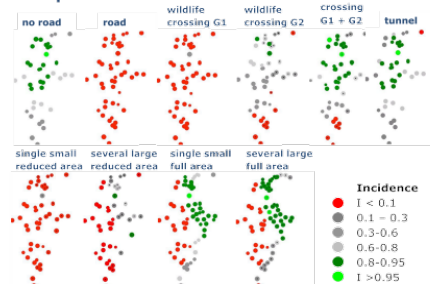


Abb. 1: Beispiel für den Workflow, die entwickelten Szenarien sowie ein ausgewähltes Ergebnis der im Manuskript erwähnten Modellierungen. (Quelle: Jooß et al. 2012)

## Literatur

- Baier, H., Erdmann, F., Holz, R., et al. (2006): Problemaufriss und Forschungsansatz. In: Baier, H., Erdmann, F., Holz, R., Waterstraat, A. (eds): Freiraum und Naturschutz. Die Wirkungen von Störungen und Zerschneidungen in der Landschaft. Springer. Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/3-540-30824-5\\_1](https://doi.org/10.1007/3-540-30824-5_1)
- Eichenberg, D., Bernhard-Römermann, M. et al. (2020): Langfristige Biodiversitätsveränderungen in Deutschland erkennen - Mit Hilfe der Vergangenheit in die Zukunft schauen. *Natur und Landschaft* 95(11): 479–491. <https://doi.org/10.17433/11.2020.50153851.479-491>.
- Grimm, V., Lorek, H. et al. (2004): META-X: Generic Software for Metapopulation Viability Analysis. *Biodiv and Conserv* 13: 165–188. <https://doi.org/10.1023/B:BIOC.0000004317.42949.f7>.
- Gunton, R.M., Marsh, C.J., Moulherat, S. et al. (2017): Multicriterion trade-offs and synergies for spatial conservation planning. *J Appl Ecol* 54: 903-913. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12803>.
- Henle, K., Potts, S., Kunin, W. et al. (Hrsg.) (2014): Scaling in Ecology and Biodiversity Conservation. Advanced Books: e1169. <https://doi.org/10.3897/ab.e1169>.
- Jooß, R., Klenke, R., Marggraff, V. et al. (2012): BfN F&E Vorhaben „Ermittlung der Effizienz von Wiedervernetzungsmaßnahmen zur Sicherung der biologischen Vielfalt“. Unveröff. Abschlußbericht. Universität Stuttgart, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung Halle-Leipzig: 253 S.
- Klenke, R.A, Ring, I., Kranz, A., Jepsen, N., Rauschmayer, F., Henle, K. (2013): Human - Wildlife Conflicts in Europe: Fisheries and Fish-eating Vertebrates as a Model Case. - Environmental Science and Engineering Series. Springer Berlin, Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-34789-7>.
- Lengyel, S., Kosztyi, B., Ölvedi, T.B., et al. (2014): Conservation strategies across spatial scales. In Henle, K., Potts, S., Kunin, W., Matsinos, Y., Simila, J., Pantis, J., Grobelnik, V., Penev, L., Settele, J. (Eds): Scaling in Ecology and Biodiversity Conservation. Advanced Books: e1169. <https://doi.org/10.3897/ab.e1169>.
- Pe'er, G., Schmitz, A., Matsinos, Y.G., et al. (2014): Connectivity: Beyond corridors. In: Henle K., Potts S.G., Kunin W.E., Matsinos Y.G., Simila J., Pantis J.D., Grobelnik V., Penev L., Settele, J. (eds.): Scaling in Ecology and Biodiversity Conservation. Pensoft Publishers, Advanced Books: e1169: 108-112. <http://dx.doi.org/10.3897/ab.e1169>.
- Settele, J., Margules, C., Poschlod, P. et al. (Hrsg.) (1996): Species survival in fragmented landscapes. GeoJournal Library 35. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-009-0343-2>.
- Thrän, D., Bunzel, K., Bovet, J. et al. (2020): Naturschutzfachliches Monitoring des Ausbaus der erneuerbaren Energien im Strombereich und Entwicklung von Instrumenten zur Verminderung der Beeinträchtigung von Natur und Landschaft. BfN-Skripten 562. Bundesamt für Naturschutz. Bonn: 317 S. <https://doi.org/10.19217/skr562>.
- Die Literaturliste ist zum Download verfügbar unter <https://cloud.idiv.de/nextcloud/index.php/s/HgFAaZ5s7LKyzw>

### Kontakt:

#### Dr. Reinhard Klenke

Deutsches Zentrum für integrative Biodiversitätsforschung (iDiv) Halle-Jena-Leipzig und Martin Luther University Halle-Wittenberg, Geobotanik und Botanischer Garten  
[reinhard.klenke@botanik.uni-halle.de](mailto:reinhard.klenke@botanik.uni-halle.de)



## 6.5 Minimalstandards für Artverbreitungsmodellierung: Anforderungen an Methodik und Datengrundlage

Lisa Bald und Jannis Gottwald

Vor dem Hintergrund des Windkraftausbaus in Rheinland-Pfalz wurden wir vom Landesamt für Umwelt beauftragt, die Habitateignung für die windkraftsensiblen Fledermausarten Bechsteinfledermaus (*Myotis bechsteinii*), Mopsfledermaus (*Barbastella barbastellus*) und Braunes Langohr (*Plecotus auritus*) für die gesamte Waldfläche des Bundesamtes mittels einer Habitatmodellierung einzuschätzen. Dabei stellten sich uns zwei Herausforderungen: (1) die Auswahl und Umsetzung eines geeigneten Modellierungsansatzes sowie einer Tuning- und Validierungsstrategie und (2) die Auswahl der geeigneten Umweltvariablen. Als Modell-Tuning wird die systematische Veränderung der Modellparameter bezeichnet, um das leistungsfähigste Modell zu identifizieren.

Aktuelle Studien zeigen, dass die Berücksichtigung räumlicher Strukturen in den für die Modellierung verwendeten Fundpunktdaten der jeweiligen Art von großer Bedeutung für die Qualität der Modellierung ist. Die räumliche Autokorrelation der Fundpunkte muss berücksichtigt werden, und während des Modelltrainings und -tunings sollten die Test-, Trainings- und Validierungsdaten räumlich unabhängig voneinander sein (Meyer et al. 2018, 2019; Ploton et al. 2020; Roberts et al. 2017). Werden diese Besonderheiten in der Datenstruktur nicht berücksichtigt, führt dies zu einer mangelnden Vorhersagekraft und schlechten Ergebnissen in der Artverbreitungsmodellierung (Lee-Yaw et al. 2021). Aus diesem Grund haben wir die Softwareerweiterung spatialMaxent für die populäre Artverbreitungsmodellierungssoftware Maxent (Phillips et al. 2006) entwickelt, die eine räumliche Kreuzvalidierung, automatisches Tuning und automatische Variablenselektion in Maxent integriert (Bald & Gottwald et al. 2023). Durch die Verwendung einer räumlichen Kreuzvalidierung wird eine Überanpassung der Modelle während des Trainings verhindert.

An einem Benchmark Datensatz mit über 200 Arten konnten wir zeigen, dass spatialMaxent konventionelle Maxent Modelle ohne räumliche Feinabstimmung in 80 % der Fälle übertrifft. Außerdem ist spatialMaxent genauso benutzerfreundlich wie Maxent, da alle zusätzlichen Funktionalitäten ebenfalls in der graphischen Benutzeroberfläche zur Verfügung stehen.

Die Softwareerweiterung spatialMaxent wurde zur Modellierung der oben genannten Fledermausarten verwendet. Dabei stellte sich die Frage, welche räumlichen Umweltvariablen für die Modellierung geeignet sind. Oft wird für die Habitatmodellierung auf generische und leicht zugängliche Variablen wie Worldclim oder die Corine Landnutzungsklassifikation zurückgegriffen (Fick und Hijmans 2017). Für Arten mit spezifischen Habitatansprüchen können jedoch Variablen auf dieser groben Detailebene unzureichend sein. Wir haben an einem Satz mit über 700 Variablen gezeigt, dass die Integration von gezielt für die Arten generierten Variablen wie zum Beispiel hochaufgelöste Landnutzungsklassifikation, Variablen zur vertikalen Struktur des Waldes (abgeleitet aus LiDAR-Daten), oder einer Zeitreihe von multispektralen Satellitenbildern zu deutlich besseren Ergebnissen führen als die Verwendung der üblicherweise gewählten generischen Datensätze (Bald und Gottwald et al. 2024). Es hat sich für alle drei Fledermausarten gezeigt, dass die hochaufgelösten eigens für die Studie konzipierten Variablen (LiDAR Struktur Variablen, lokale Landnutzungsklassifikation) am höchsten in den Modellen gewichtet sind und besonders oft durch die Variablenselektion ausgewählt werden. Ein Vergleich der aus generischen Daten erstellten Modelle mit Modellen, die gezielt erstellte Datensätze

verwendeten, hat deutliche Unterschiede sowohl in der mit verschiedenen Metriken ermittelten Modellgüte als auch in der räumlichen Verteilung geeigneter Habitate gezeigt.

Aus diesen Forschungsergebnissen ergeben sich die folgenden **Minimalstandards**, die bei der Artverbreitungs- und Habitatmodellierung eingehalten werden sollten: Validierung und Testen der Modelle sollten immer auf räumlich unabhängigen Daten durchgeführt werden. Wenn möglich, sollten zudem eine automatische Variablenselektion und Parametertuning durchgeführt werden, basierend auf einer räumlichen Validierungsstrategie. Für die Datengrundlage gilt, dass die ausgewählten Umweltvariablen die Habitatsprüche der Art so genau wie möglich abbilden sollten. Dazu können neben Klimadaten beispielsweise Zeitreihen optischer Satellitendaten, LiDAR-Daten oder selbst erstellte Landnutzungsklassifikationen verwendet werden. Die Verwendung generischer Datensätze wie der CORINE Landnutzungsklassifikation erwies sich in dieser Studie als unzureichend. Die deutliche Abweichung der Ergebnisse je nach verwendeter Modellierungsstrategie und Variablenauswahl zeigt, dass Modelle zur Artverbreitung und Habitatkartierung als Hypothesen gewertet werden müssen und nicht als „Wahrheit“ angenommen werden dürfen (Jarnevich et al. 2015).

## Literatur

- Bald, L., Gottwald, J., Hillen, J. et al. (2024): The devil is in the detail: Environmental variables frequently used for habitat suitability modeling lack information for forest-dwelling bats in Germany. *Ecology and Evolution* 14(6): e11571. <https://doi.org/10.1002/ece3.11571>.
- Bald, L., Gottwald, J. und Zeuss, D. (2023): spatialMaxent: Adapting species distribution modeling to spatial data. *Ecology and Evolution* 13(10): e10635. <https://doi.org/10.1002/ece3.10635>.
- Fick, S. E. und Hijmans, R. J. (2017): WorldClim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 37(12): 4302-4315. <https://doi.org/10.1002/joc.5086>.
- Jarnevich, C. S., Stohlgren, T. J., Kumar, S. et al. (2015): Caveats for correlative species distribution modeling. *Ecological Informatics* 29: 6-15. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2015.06.007>.
- Lee-Yaw, J. A., McCune, J. L., Pironon, S. et al. (2021): Species distribution models rarely predict the biology of real populations. *Ecography*: e05877. <https://doi.org/10.1111/ecog.05877>.
- Meyer, H., Reudenbach, C., Hengl, T. et al. (2018): Improving performance of spatio-temporal machine learning models using forward feature selection and target-oriented validation. *Environmental Modelling & Software* 101: 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.12.001>.
- Meyer, H., Reudenbach, C., Wöllauer, S. et al. (2019): Importance of spatial predictor variable selection in machine learning applications – Moving from data reproduction to spatial prediction. *Ecological Modelling* 411: 108815. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2019.108815>.
- Phillips, S. J., Anderson, R. P. und Schapire, R. E. (2006): Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190(3): 231-259. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>.
- Ploton, P., Mortier, F., Réjou-Méchain, M. et al. (2020): Spatial validation reveals poor predictive performance of large-scale ecological mapping models. *Nature Communications* 11(1): 4540. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-18321-y>.
- Roberts, D. R., Bahn, V., Ciuti, S. et al. (2017): Cross-validation strategies for data with temporal, spatial, hierarchical, or phylogenetic structure. *Ecography* 40(8): 913-929. <https://doi.org/10.1111/ecog.02881>.

## Kontakt:

### **Lisa Bald**

Philipps-Universität Marburg, Fachbereich Geographie, Arbeitsgruppe Umweltinformatik  
[bald@staff.uni-marburg.de](mailto:bald@staff.uni-marburg.de)

### **Dr. Jannis Gottwald**

tRackIT Systems GmbH, Cölbe  
[gottwald@trackit.systems](mailto:gottwald@trackit.systems)

## **6.6 Das Anwendungslabor für Künstliche Intelligenz und Big Data am Umweltbundesamt**

Johannes Albert

### **KI für das Öffentliche Umweltverständnis.**

Seit 2021 wurde aus Mitteln des Konjunktur- und Zukunftspakets der Bundesregierung eine Institution mit Beispielcharakter geschaffen: das Anwendungslabor für KI und Big Data am Umweltbundesamt (kurz: KI-Lab). Das KI-Lab ist Teil einer Initiative innerhalb der Umweltpolitischen Digitalagenda des BMUV und des BMUV 5-Punkte-Programms „Künstliche Intelligenz für Umwelt und Klima“. Hierfür stehen aus Mitteln des Konjunktur- und Zukunftspaketes der Bundesregierung (2021) 26,4 Millionen Euro bis Ende 2025 zur Verfügung.

Verankert ist das KI-Lab außerdem in der Fortschreibung der KI-Strategie 2020, der Datenstrategie der Bundesregierung sowie im Deutschen Aufbau- und Resilienzplan (DARP).

### **Handlungsfelder des KI-Labs**

Das KI-Lab entwickelt KI- und datenbasierte Lösungen für den gesamten Geschäftsbereich des Bundesumweltministeriums und unterstützt die Geschäftsbereichsbehörden so in ihren Vollzugs- und Forschungsaufgaben zu Umwelt und Nachhaltigkeitsthemen.

Seit Oktober 2023 operativ mit aktuell 25 Expert\*innen aus den verschiedensten Bereichen, arbeitet das KI-Lab am Einsatz datenbasierter Technologien und ermöglicht dabei neue Chancen für eine fakten- und evidenzbasierte Politikgestaltung im Umweltressort und darüber hinaus. Gleichzeitig arbeitet das KI Lab daran, unnötige bürokratische Strukturen abzubauen und zu ersetzen, sowie die Umweltverwaltung zu modernisieren.

### **Identifikation von Anwendungsfällen (Use Case Discovery)**

Für die Identifikation von Anwendungsfällen im Ressort wurde ein eigenes Vorgehensmodell entwickelt und mehrfach im Geschäftsbereich des BMUV zur Anwendung gebracht. Dabei werden in einem systematischen und durch die Mitarbeitenden des KI-Labs engmaschig begleiteten Prozess die jeweiligen Facheinheiten der Geschäftsbereichsbehörden gezielt zur Formulierung eines konkreten Anwendungs-Szenarios geführt. Auf Grundlage definierter Kriterien konnten so bereits über 70 Use Cases im Geschäftsbereich identifiziert werden. Acht Use Cases befinden sich aktuell in der Umsetzung durch die Mitarbeitenden des KI-Labs. Dabei werden je nach Fokus des Use Cases Anwendungen in verschiedenen technischen Reifegraden umgesetzt – vom Prototyp bis zur einsatzfähigen Lösung – oder auch Beratungsleistungen durch Mitarbeitende des KI-Labs erbracht. Die folgende Use-Case Auswahl wurde vorgestellt:

### **Aktuelle Use Cases**

#### **Detektion von Windenergieanlagen (UBA)**

Korrigierender Abgleich häufig fehlerhafter und nicht aktueller Eintragungen aus dem Marktstammdatenregister zu erneuerbaren Energie-Anlagen durch Analyse des Zu- und Rückbaus mittels Satelliten-Fernerkundungsdaten. Dies ermöglicht bspw. das Erfassen der deutschen Onshore-Windenergieanlagen (etwa 30.000) in rund 20 min - deutlich schneller und zuverlässiger als die bisherige manuelle Erfassung und Grundlage für eine bessere Planung der Energiewende.

### **Ausblick: Detektion und Analyse von Photovoltaikanlagen (BfN)**

In regelmäßigen Intervallen sollen alle deutschen Photovoltaikanlagen mittels Satelliten-Fernerkundungsdaten detektiert und anschließend Anlagenparameter für naturschutzfachliche Analysen abgeleitet werden.

#### **Kontakt:**

##### **Johannes Albert**

Umweltbundesamt (UBA)

Anwendungslabor für Künstliche Intelligenz und Big Data

[Johannes.Albert@uba.de](mailto:Johannes.Albert@uba.de)

---



## A Anhang

### A.1 Teilnahmeliste

	Name	Institution
1	Johannes Albert	Anwendungslabor für Künstliche Intelligenz und Big Data; Umweltbundesamt (UBA)
2	Jan-Eike Altpeter	Abteilung Naturschutz; Amt für Umwelt, Kreis Plön
3	Lisa Bald	Arbeitsgruppe Umweltinformatik; Philipps-Universität Marburg
4	Johanna Bantin	Referat Natura 2000; Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU Bayern)
5	Dr. Christian Bölling	Research Data Management; Museum für Naturkunde Berlin (MfN Berlin)
6	Silke Bruns	Referat Flächennaturschutz, Natura 2000; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG Sachsen)
7	Dr. Christoph Chucholl	Fischereiforschungsstelle Baden-Württemberg; Landwirtschaftlichen Zentrum für Rinderhaltung, Grünlandwirtschaft, Milchwirtschaft, Wild und Fischerei Baden-Württemberg (LAZBW)
8	Dr. Falko Engel	Abteilung Waldnaturschutz; Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (NW-FVA)
9	Dr. Jessica Ferner	Fachgebiet Nationales Naturerbe, dynamische Systeme und Klimawandel; Bundesamt für Naturschutz (BfN)
10	Claudia Frank	Dachverband Deutscher Avifaunisten (DDA) sowie Abteilung Naturschutzbiologie; Georg-August-Universität Göttingen
11	Dr. Gohar Ghazaryan	Arbeitsgruppe Landschaftsmodellierung; Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF)
12	Dr. Jannis Gottwald	tRackIT Systems GmbH
13	Dr. Stefanie Henkel	Arbeitsgruppe Spezielle Botanik und Funktionelle Biodiversität; Universität Leipzig
14	Stephan Karger	Abteilung Naturschutz – Zentrum für Artenvielfalt; Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG)

15	Ann-Sophie Katte	Fachgebiet Landwirtschaft; Umweltbundesamt (UBA)
16	Dr. Lisa Keidel	Referat Biotopsysteme und Großschutzprojekte; Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz (LfU RLP)
17	Dr. Reinhard Klenke	Deutsches Zentrum für integrative Biodiversitätsforschung (iDiv) Halle-Jena-Leipzig sowie Institut für Biologie Geobotanik & Botanischer Garten; Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
18	Peter Krahe	Referat Wasserhaushalt, Vorhersagen und Prognosen; Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)
19	Vera Krause	Institut für Strategien und Folgenabschätzung; Julius Kühn-Institut (JKI)
20	Birte Kulla	Arbeitsgruppe Umweltinformationen, Chief Data Officer, Künstliche Intelligenz; Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV)
21	Kathleen Langner	Dezernat Landschaftsinformation; Landesamt für Umwelt des Landes Schleswig-Holstein (LfU Schleswig-Holstein)
22	Irene Lautenschlager	Internationale Naturschutzakademie (INA); Bundesamt für Naturschutz (BfN)
23	Dr. Moritz Mercker	Bionum GmbH - Büro für Biostatistik
24	Felix Nößler	Institut für Biologie; Freie Universität Berlin (FU Berlin)
25	Michael Oberhaus	Fachbereich Monitoring, Effizienzkontrolle in Naturschutz und Landschaftspflege; Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (LANUV NRW)
26	Dr. Viktoriia Radchuk	Abteilung für Ökologische Dynamiken; Leibniz-Institut für Zoo- und Wildtierforschung (IZW)
27	Jonathan Ruhm	Fachgebiet Botanischer Artenschutz; Bundesamt für Naturschutz (BfN)
28	Dr. Merlin Schäfer	Fachgebiet Bundesweites Biodiversitätsmonitoring und marines Monitoring; Bundesamt für Naturschutz (BfN)
29	Dr. Saskia Schirmer	Arbeitsgruppe Angewandte Zoologie und Naturschutz, Universität Greifswald

30	Dr. Christine Schleupner	Sparte Bundesforst; Bundesanstalt für Immobilienaufgaben (BImA)
31	Dr. Christian Schneider	Fachgebiet Strategische Digitalisierung in Natur und Gesellschaft; Bundesamt für Naturschutz (BfN)
32	Prof. Dr. Boris Schröder-Esselbach	Institut für Ökologie; Technische Universität Berlin (TU Berlin)
33	Andrea Schüten-Schwedhelm	Arbeitsgruppe Umweltinformationen, Chief Data Officer, Künstliche Intelligenz; Bundesmi- nisterium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Si- cherheit und Verbraucherschutz (BMUV)
34	Dr. Sandra Skowronek	Fachgebiet Nationales Naturerbe, dynamische Systeme und Klimawandel; Bundesamt für Naturschutz (BfN)
35	Hendrik Steinort	IBM iX Berlin GmbH
36	Prof. Dr. Frank Wätzold	Lehrstuhl für Volkswirtschaftslehre, insbes. Um- weltökonomie; Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg (BTU)
37	Philipp Wenta	Referat Natura 2000; Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU Bayern)
38	Knut Werning	Abteilung Naturschutz – Zentrum für Artenviel- falt; Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG)
39	Dr. Sten Zeibig	indblik.io - Dr. Sten Zeibig e.K.
40	Prof. Dr. Damaris Zurell (online)	Arbeitsgruppe Ökologie und Makroökologie; Universität Potsdam

## A.2 Tagungsprogramm

### Montag, 03.06.2024

Anreise	Bootsüberfahrten ab Hafen Lauterbach/Mole um 16:10 Uhr, 17:10 Uhr und 18:10 Uhr (letzte Möglichkeit um 20:10 Uhr)
18:00	<i>Abendessen</i>
19:15	Begrüßung CHRISTIAN SCHNEIDER & IRENE LAUTENSCHLAGER, BfN
19:30	Keynote: Renaturierung und Klimawandel: aktuelle Herausforderungen für den Naturschutz SANDRA SKOWRONEK, BfN
20:00	<i>Vorstellungsrunde und informelles get-together der Teilnehmenden</i>

### Dienstag, 04.06.2024

Ab 07:30	<i>Frühstück</i>
08:50	<i>Ausblick auf den Tag</i>
09:00	Keynote (online): Modellierung im Naturschutz: Forschung und Entwicklung im Überblick DAMARIS ZURELL, Uni Potsdam

### Session I: Aktivitäten, Bedarfe und Rahmenbedingungen aus Behördenperspektive

09:40	Risikoanalyse des Schutzgebietssystems in Rheinland-Pfalz im Klimawandel LISA KEIDEL, LfU Rheinland-Pfalz
10:05	Modellierungen als Planungsgrundlage für den Erhalt von FFH-Arten und -Lebensraumtypen PHILIPP WENTA, LfU Bayern
10:30	<i>Kaffeepause</i>
11:00	Wasserhaushalt im Klimawandel: Skalen- und Anwendungsaspekte der Modellierung PETER KRAHE, BfG
11:25	Modellierungen für Feuchtgebietsrenaturierung und Waldumbau auf Bundesliegenschaften CHRISTINE SCHLEUPNER, BImA

11:50	Bedarfserfassung für eine Fernerkundungs-Toolbox zur Unterstützung des Aktionsprogramms Natürlicher Klimaschutz (ANK) BIRTE KULLA, BMUV
12:15	Wrap-up des Vormittags
12:30	<i>Mittagessen</i>
13:30	Plenumsdiskussion zu Session I mit Impulsen von: JAN-EIKE ALTPETER, Kreis Plön   SILKE BRUNS, LfULG Sachsen   KATHLEEN LANGNER, LfU Schleswig-Holstein   MICHAEL OBERHAUS, LANUV Nordrhein-Westfalen   STEPHAN KARGER & KNUT WERNING, HLNUG
15:00	<i>Kaffeepause</i>
<b>Session II: Modellierung für angewandten Naturschutz</b>	
15:30	Einleitung Session II
15:35	Überblick über Methoden- und Anwendungsentwicklung für Naturschutz MORITZ MERCKER, Bionum GmbH
16:00	Populationstrends und demografische Parameter schätzen im Projekt BatTrend SASKIA SCHIRMER, Universität Greifswald
16:25	Populationsgefährdungsanalysen VIKTORIJA RADCHUK, IZW
16:50	<i>Kaffeepause</i>
17:15	Ökologisch-ökonomische Modellierung für effektiven und kosteneffizienten Naturschutz im Klimawandel FRANK WÄTZOLD, BTU Cottbus-Senftenberg
17:40	Wrap-up des Tages
18:00	<i>Abendessen</i>
19:00	<i>geführter Inselrundgang (optional)</i>

### Mittwoch, 05.06.2024

Ab 07:30	<i>Frühstück</i>
08:50	<i>Einführung und Ausblick auf den Tag und Einleitung Session III</i>

---

### Session III: Modellierung für Renaturierung

---

09:00	Modellierung für die Renaturierung von Seegraswiesen BORIS SCHRÖDER-ESSELBACH, TU Berlin
09:25	Modellbasierte Wahrscheinlichkeit der Nicht-Nutzung im Wald als Hinweis auf potenzielle Wälder mit natürlicher Entwicklung FALKO ENGEL, NW FVA
09:50	Reorganisation des Auwaldökosystems angesichts pathogen-induzierter Mortalität, Klimawandel und veränderten hydrologischen Bedingungen STEFANIE HENKEL, Universität Leipzig
10:15	Fortschritte bei der Bewertung von Mooregebieten durch optische und radar-basierte Fernerkundungsdaten GOHAR GHAZARYAN, ZALF
10:40	<i>Kaffeepause</i>

---

### Session IV: Postervorstellungen

---

11:10	<i>Einleitung der Poster-Session</i>
11:15	Biodiversitätswandel besser erfassen: KI-gestützte Extraktion von Biodiversitätsdaten aus Schriftgut CHRISTIAN BÖLLING, MfN Berlin
	Was sind geeignete Ansätze für eine ökologisch nachhaltige Flächennutzung durch die Landwirtschaft? ANN-SOPHIE KATTE, UBA
	Phänologisches Modell zur Verbesserung der Sklerotinia-Prognose bei Winterraps VERA KRAUSE, JKI
	Einfluss der Landnutzung auf die funktionelle Pflanzenarten-zusammensetzung im Grünland FELIX NÖßLER, FU Berlin
	Assisting Assisted Migration - umfassende Ensemble-Modelle für die gezielte Translokation von Pflanzen JONATHAN RUHM, BfN dAlch: Klimaanpassung & Hochwasserrisikomanagement-Modellierung HENDRIK STEINORT, IBM iX
12:30	<i>Mittagessen</i>
13:30	<i>Gruppenfoto vor dem Tagungsgebäude</i>

---



## Session V: Habitat- und Artverbreitungsmodellierung

13:40	<i>Einleitung Session V</i>
13:45	Langfristige Eignung von Schutzgebieten für Süßwasserfische – eine Frage des Klimas? CHRISTOPH CHUCHOLL, LAZBW
14:10	Habitatmodellierung als Planungsgrundlage für den Artenschutz CLAUDIA FRANK, DDA
14:35	Infrastrukturausbau und Artenschutz: Artverbreitungsmodellierung zur Identifikation potentieller Konfliktflächen STEN ZEIBIG, indblik.io
15:00	<i>Kaffeepause</i>
15:30	Modellierung für Naturschutz und Landschaftsplanung: Anwendungen und die Wahl der richtigen Skalen REINHARD KLENKE, iDiv
15:55	Minimalstandards für Artverbreitungsmodellierung: Anforderungen an Methodik und Datengrundlage LISA BALD & JANNIS GOTTWALD, Universität Marburg & tRackIT Systems GmbH
16:20	<i>Kaffeepause</i>
16:45	Plenumsdiskussion zur Zukunft der Modellierung im Naturschutz mit einem Impuls zu digitalen Infrastrukturen JOHANNES ALBERT, UBA
17:30	Feedback und Abschluss der Tagung
18:00	<i>Abendessen</i>
19:00	<i>Poster &amp; Drinks (optional)</i> <i>freie Begehung der Posterausstellung</i>

**Donnerstag, 06.06.2024**

*Ab 07:30 Frühstück*

## Exkursion (optional)

08:25	Abfahrt der Fähre von der Insel Vilm
08:45	Abfahrt mit dem Bus vom Hafen in Lauterbach

---

09:15      Besuch des Naturerbe Zentrums  
Rügen, gelegen auf der DBU-  
Naturerbefläche Prora, inkl. einer  
geführten Tour auf dem 1.250 m  
langen Baum-wipfelpfad und dem  
40m hohen Aussichtsturm  
„Adlerhorst“

---

11:30      eigenständiger Besuch des  
Umweltinformationszentrums oder  
Spaziergang im umgebenden  
Waldgebiet

---

12:30      Mittagessen im Restaurant oder Biergarten des Naturerbe Zentrums  
(auf Selbstkostenbasis)

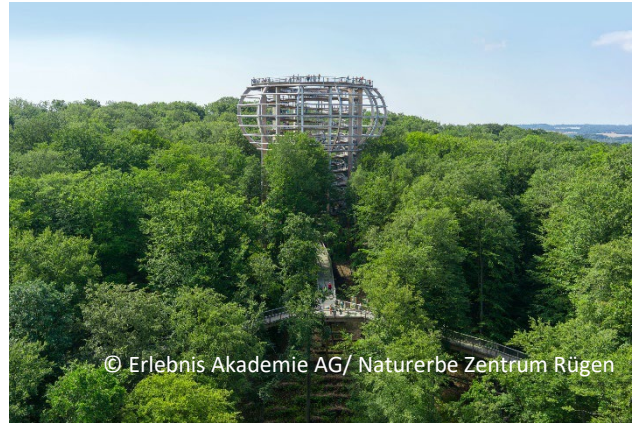
---

13:15      Abfahrt mit dem Bus

---

14:30      Ende der Exkursion um 14:30 Uhr am Hbf Stralsund  
(sowie vorab am Bahnhof Bergen, falls gewünscht).  
Von dort Anschlussmöglichkeiten für die individuelle Rückreise.

---



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 Bibliographien. Viele der BfN-Schriften sind digital verfügbar. Printausgaben sind auch in kleiner Auflage möglich.

**DOI 10.19217/skr750**



Bundesamt für  
Naturschutz