



## Junge Naturschutz-Forschung in Niedersachsen

Ergebnisse des 2. Kolloquiums  
für Nachwuchswissenschaftlerinnen  
und -wissenschaftler an der NNA



---

Die in dieser Publikation geäußerten Meinungen und Ansichten der Autorinnen und Autoren müssen nicht mit denen des Herausgebers übereinstimmen.

**Gestaltung:** Meike Bütow, WIR-Mediendesign UG (haftungsbeschränkt), Lüneburg

**Titelbild:** „Grashüpfer-Nachwuchs im Naturschutzgebiet ‚Bahndammgelände Krusenbusch‘“ von Hans-Jürgen Zietz

**Hinweis zu den Bildrechten:** Sofern nicht anders gekennzeichnet, liegen die Bildrechte für die in den Beiträgen verwendeten Fotos und Abbildungen bei den jeweiligen Autoren bzw. Autorinnen.

**Druck:** Bartels Druck GmbH, Käthe-Krüger-Str. 12, 21337 Lüneburg  
Gedruckt wird auf Umschlag: EnviroValue, Inhalt: Cyclus Silk

**Zitiervorschlag:**

Alfred Toepfer Akademie für Naturschutz (Hrsg., 2024): Junge Naturschutz-Forschung in Niedersachsen – Ergebnisse des 2. Kolloquiums für Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler an der NNA. Naturschutz in Praxis und Forschung, Berichte aus der Alfred Toepfer Akademie für Naturschutz, Heft 1/2024, Schneverdingen, 68 S.



# Junge Naturschutz-Forschung in Niedersachsen

Ergebnisse des 2. Kolloquiums  
für Nachwuchswissenschaftlerinnen  
und -wissenschaftler an der NNA

## **Herausgeber:**

Alfred Toepfer Akademie für Naturschutz  
Hof Möhr  
29640 Schneverdingen  
Telefon: 05199-989-10

Email: [nna@nna.niedersachsen.de](mailto:nna@nna.niedersachsen.de)  
Homepage: [www.nna.de](http://www.nna.de)

Schriftleitung:  
Dr. Janine Sybertz  
Gesche Züghart



---

## Liebe Leserinnen und Leser,

erfolgreicher Naturschutz braucht Netzwerke, gute Ideen und Zutrauen. Und Menschen, die in den Austausch gehen – zwischen Wissenschaft und Praxis, zwischen unterschiedlichen Disziplinen, zwischen verschiedenen Regionen.

Wir als NNA haben 2022 ein Nachwuchskolloquium für junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im Naturschutz ins Leben gerufen, um genau diese Netzwerke und diesen Austausch zu fördern – und den jungen Menschen hoffentlich eine ordentliche Portion Zutrauen mitzugeben. Die jungen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler befinden sich an ganz unterschiedlichen Stationen auf ihrem Weg. Die einen haben gerade ihr Bachelorstudium abgeschlossen, während andere schon als Postdoc arbeiten. Für Einige ist es der erste Vortrag vor externem Publikum. Das breite fachliche Spektrum der Beiträge und das Engagement der Teilnehmenden erlebe ich als sehr bereichernd. Mindestens ebenso wichtig sind aber die persönlichen Gespräche untereinander, das Teilen von Erfahrungen im Umgang mit Stolpersteinen, fachlichen und persönlichen Herausforderungen, aber auch das Aufzeigen beruflicher Möglichkeiten.

Viele von uns kennen Momente, die uns in unserer beruflichen Laufbahn geprägt haben: ein Praktikum, das neugierig gemacht hat, die Expertin, die uns im Gelände mit ihrer Begeisterung angesteckt hat, das inspirierende Gespräch auf einer Tagung. Mein Wunsch ist, dass unser Nachwuchskolloquium einen Rahmen schafft, in dem solche Momente möglich werden. Dass junge Menschen neue Impulse und Kontakte für ihren weiteren Weg im Naturschutz mitnehmen ebenso wie Vertrauen in ihre Fähigkeiten. Und dass durch einen frühzeitigen Austausch mit anderen Disziplinen und mit Vertreterinnen und Vertretern der Praxis ein weiterer Horizont entsteht und ein Verständnis füreinander, das es braucht, um wirklich zusammenarbeiten zu können.

Viel Spaß beim Lesen wünscht Ihnen im Namen der NNA

Dr. Janine Sybertz

Leiterin des Fachbereichs Forschung und Dokumentation und stellvertretende Direktorin der Alfred Toepfer Akademie für Naturschutz



*Alfred Toepfer Akademie für Naturschutz, Haupthaus Hof Möhr. Foto: NNA*

---

# Inhaltsverzeichnis

---

## Landnutzung: Potenziale, Folgen und Rahmenbedingungen

Fallstudie zu den Auswirkungen einer hochaufgeständerten Agriphotovoltaikanlage auf die Vogelwelt Lara Diekmann	7
Kartierung von Rückegassen aus flugzeugbasierten Laserscan-Daten durch ein CNN Tanja Kempen	11
Agroforstsysteme in Ostfriesland? Rechtliche Rahmenbedingungen und die Perspektive von Akteuren aus Naturschutz und Landwirtschaft Marina Klimke	17
Potenziale von Kurzumtriebsplantagen als produktionsintegrierte Naturschutzmaßnahme zur Aufwertung der Biotopfunktion für die Tier- und Pflanzenwelt in der Agrarlandschaft Felix Zitzmann	22

---

## Planwerke und Netzwerke

Die Resilienz von Biotopverbundsystemen in der niedersächsischen Landschaftsrahmenplanung unter Klimawandelaspekten – ein GIS-gestütztes Modell am Beispiel des Landschaftsrahmenplan Nienburg/Weser Antonia Gnielka	26
Weiterentwicklung des Datenstandards XPlanung für die kommunale Landschaftsplanung: Beispielhafte Modellierung von Grünstrukturen und grünordnerischen Belangen Benedikt Taiber	32
Analyse der Bedürfnisse diverser Stakeholder-Gruppen mit Hinblick auf effizienten und konfliktarmen Natur- und Umweltschutz – eine Fallstudie in der Region Osnabrück Felix Przesdzink, Mareike Deden, Julia Graw und Florian Fiebelkorn	39

---

## Umweltbildung

Was hemmt oder fördert „Zertifizierte Natur- und Landschaftsführer und Landschaftsführerinnen“ in Niedersachsen bei der Weitergabe des im Lehrgang erlangten Wissens in eigenen Veranstaltungen? – Ergebnisse einer Fragebogenanalyse Mieke Koltermann	45
Wurzelworkshop: Auf der Suche nach Wasser – Wie können sich Baumwurzeln an Trockenheit anpassen? Katrin Pietig	52

---

## Forschung für den Artenschutz

Quecksilberbelastung eines gefährdeten Seevogels Justine Bertram	57
Was ist besser – Wiese oder Rasen? Kurzfassung der Masterarbeit: Oasen der Vielfalt: Wiese oder Rasen? – Eine vergleichende Analyse der Laufkäfer-Biodiversität urbaner Friedhöfe Sofia Tschijewski Zeisig	62

---







Lara Diekmann

## Fallstudie zu den Auswirkungen einer hochaufgeständerten Agriphotovoltaikanlage auf die Vogelwelt



Agriphotovoltaikanlage. Foto: Lara Diekmann

### 1. In einfachen Worten: Womit beschäftigst du dich in deiner Arbeit?

Ich beschäftige mich im Allgemeinen mit den Auswirkungen von Freiflächenphotovoltaik auf Tierarten. Im aktuellen Forschungsprojekt geht es speziell um hochaufgeständerte Agriphotovoltaik und deren Auswirkungen auf Vögel, was ich am Beispiel einer Anlage in Niedersachsen untersucht habe.

### 2. Was fasziniert dich an der wissenschaftlichen Forschung zu Naturschutz-, Planungs- und Umweltschutzthemen?

Die Forschung zu diesen Themen ist deshalb so interessant, weil sie eine wichtige Grundlage für politische Debatten und Entscheidungsprozesse liefern kann. Vor allem bei so aktuellen Themen wie der Vereinbarkeit von Naturschutz und Energiewende ist es spannend, einen Teil zum Erkenntnisgewinn beizutragen. Und ganz unabhängig vom Themenschwerpunkt fasziniert es mich, durch jede wissenschaftliche Untersuchung mehr über landschaftsökologische Zusammenhänge herauszufinden.

### 3. Was hat dich in deiner Arbeit am meisten überrascht?

Ich war überrascht von der schnellen Entwicklung, die bei Agriphotovoltaik in den letzten zwei Jahren stattfand – sowohl technische Umsetzungsmöglichkeiten als auch die politische Relevanz betreffend. Während Agriphotovoltaik zu Beginn des Forschungsprojektes eher ein „Randthema“ war, besteht inzwischen ein deutlich breiteres Interesse an solchen Anlagen sowie an wissenschaftlichen Erkenntnissen und naturschutzfachlichen Einschätzungen dazu.

### 4. Welche Denkanstöße und Empfehlungen möchtest du Praktikerinnen und Praktikern oder Politikerinnen und Politikern mit auf den Weg geben?

Agriphotovoltaik kann je nach Ausgestaltung und umgebener Landschaft ein Weg sein, um mehr Photovoltaik in die Fläche zu bringen. Aber viele der Rahmenbedingungen sind noch weitgehend unerforscht, z. B. was die Möglichkeiten und Herausforderungen bei der Bewirtschaftung (und somit auch der Lebensmittelproduktion) angehen. Auch die Auswirkungen dieser Konstruktionen auf die Umwelt (z. B. auf Arten und das Landschaftsbild) müssen noch umfassender untersucht werden.



# Fallstudie zu den Auswirkungen einer hochaufgeständerten Agriphotovoltaikanlage auf die Vogelwelt

## Research Project: case study on the effects of high mounted agrivoltaics on birds

Lara Diekmann

### Zusammenfassung

Photovoltaik (PV) stellt einen der wichtigsten Energieträger beim beschleunigten Ausbau der Erneuerbaren Energien dar. Die Hälfte des geplanten PV-Zubaus bis 2040 soll auf Freiflächen erfolgen, wobei mit Nutzungskonflikten und Flächenkonkurrenz, insbesondere mit der Landwirtschaft, zu rechnen ist. Agriphotovoltaik (APV) kann durch die Kombination aus landwirtschaftlicher Nutzung und Energieerzeugung auf derselben Fläche eine Lösung sein. Welche Auswirkungen dies auf die Biodiversität hat, ist bisher jedoch unbekannt. In dem vorgestellten Forschungsprojekt wurde erstmals der Einfluss einer APV auf Vögel am Beispiel einer kleinflächigen, hochaufgeständerten APV-Versuchsfläche und angrenzenden Referenzflächen durch Vogelkartierungen und Kamerafallenerfassungen über einen Zeitraum von einem Jahr untersucht. Zurzeit erfolgt die Datenauswertung.

*Energiewende, Erneuerbare Energien, Photovoltaik, Biodiversität, Agrarlandschaft*

### Abstract

Photovoltaics (PV) is one of the most important energy sources in the accelerated expansion of renewable energies. Half of the planned PV expansion by 2040 is to be realized in the open landscape, whereby conflicts of use and competition for land, particularly with agriculture, are to be expected. Agrivoltaics (AV) can be a solution by combining arable use and energy generation in the same area. However, the impact of this on biodiversity is still unknown. In this study, for the first time the influence of an AV on the attractiveness of agricultural land for birds was investigated using bird mapping and camera traps over a period of 12 months on the example of small-scale, high-mounted AV as well as adjoining control areas. The data is currently being analyzed.

*Energy transition, renewable Energy, photovoltaics, biodiversity, agricultural landscape*

doi: 10.23766/NiPF.202401.01

## Hintergrund und Zielsetzung

In Deutschland soll der Anteil der Erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch bis zum Jahr 2030 auf 80 % ansteigen (§ 1 Abs. (2) EEG 2023). Neben der Windenergie ist dabei v. a. die Stromerzeugung durch Photovoltaik von großer Bedeutung. Im Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG, 2023) wird für das Jahr 2030 ein Zwischenziel von 215 Gigawatt installierter PV-Leistung in Deutschland formuliert. Dies macht eine Verdreifachung des bisherigen jährlichen PV-Ausbaus von 7 GW auf 22 GW notwendig, wobei die Hälfte (11 GW) dieses zukünftigen Zubaus auf Freiflächen erfolgen soll (BMWK, 2023a). Da Photovoltaik-Freiflächenanlagen jedoch in räumlicher Konkurrenz zur landwirtschaftlichen Nutzung stehen, wird dieser beschleunigte Ausbau insbesondere im ländlichen Raum durch die Konkurrenz um Fläche und Nutzungskonflikte erschwert. Daher wurde im EEG eine Stärkung besonderer Solarstandorte wie Agriphotovoltaik (APV) festgelegt (§ 37 Abs. 1 Nr. 4 EEG). APV ermöglicht eine Kom-

bination aus landwirtschaftlicher Nutzung und Energieerzeugung auf derselben Fläche, wodurch die Flächeneffizienz gesteigert und der Flächennutzungsdruck im ländlichen Raum verringert werden können (FRAUNHOFER ISE, 2020; ADEH et al., 2019; NORDBERG et al., 2021). Zugleich soll der beschleunigte Ausbau der Erneuerbaren Energien möglichst naturverträglich gestaltet werden (BMWK, 2023b) und die Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt formuliert das Ziel, dass die „Erzeugung und Nutzung erneuerbarer Energien [...] nicht zu Lasten der Biologischen Vielfalt“ gehen darf (BMUV, 2015). Für die Artengruppe der Vögel gibt es bereits erste Studien an Freiflächen-Photovoltaikanlagen (FF\_PV) (HERDEN et al., 2009; HERNANDEZ et al., 2014; GABRIEL et al., 2018; VISSER, 2016; ARGE, 2007; JARČUŠKA et al., 2024), inwieweit diese jedoch auf APV-Anlagen übertragbar sind, ist fraglich. Das hängt v. a. damit zusammen, dass sich die landwirtschaftliche Flächennutzung unter der APV-Anlage deutlich von der Nutzung unter klassischer FF-PV (meist extensives Grünland) unterscheidet und die Intensität der Flächenbewirtschaftung von Bedeutung für die Nutzung durch





Vögel ist (PESCHEL et al., 2019). Zudem können APV-Anlagen aufgrund ihrer höheren Bauweise zu einem Verlust an Offenheit in der Landschaft führen (SIRNIK et al., 2024). Welche Auswirkungen APV auf die Vögel der Agrarlandschaft hat, ist bisher unbekannt und wird erstmals im Rahmen dieses Forschungsprojektes an einer APV-Versuchsfläche untersucht. Folgende Fragen sollen dabei beantwortet werden:

- Welche Vogelarten nutzen die Flächen unter APV?
- Unterscheidet sich diese Nutzung gegenüber der Nutzung auf Referenzflächen ohne APV?
- Ändert sich die Attraktivität der Flächen für Vögel im Jahresverlauf?
- Werden die APV-Module als Sitz- und Singwarten genutzt?

## Untersuchungsgebiet und Probeflächen

Die Untersuchung fand im niedersächsischen Landkreis Lüchow-Dannenberg statt, wo Ende 2021 eine hochaufgeständerte APV-Anlage in Seerau i. d. Lucie errichtet wurde. Die Anlage hat eine Größe von ca. 1 ha, die Module befinden sich in ca. 6 m über einer landwirtschaftlich genutzten Fläche. Insgesamt wurden fünf Probeflächen untersucht, davon eine Gehölzreihe und vier landwirtschaftliche Flächen (Abbildung 1). Die Größe der vier Probeflächen mit landwirtschaftlicher Nutzung orientierte sich an der Größe der APV-Anlage (ca. 37 m x 256 m). Auf allen vier Flächen wurde Schnittlauch angebaut, wobei auf den Bestandflächen I und II bereits seit 2021 bzw. 2018 diese Kultur besteht, während auf den Probeflächen „APV“ und „Referenz“ erst im Herbst 2022 Schnittlauch ausgesät wurde (Abbildung 2).

## Methodik

Die Untersuchung umfasste sowohl die regelmäßige Kartierung von Vögeln als auch den Einsatz von Kamerafallen. Beide Methoden wurden in einem Zeitraum von 12 Monaten (08.11.2022 bis 06.11.2023) durchgeführt.



Abbildung 1: Im Untersuchungsgebiet wurden fünf Probeflächen untersucht, davon eine Gehölzreihe (grün) und vier landwirtschaftlich genutzte Flächen, von denen sich eine unter hochaufgeständerte Agriphotovoltaik befand (dunkelblau).

## Vogelkartierung

Die Kartierung erfolgte angelehnt an die Punkt-Stopp-Methode (SÜDBECK et al., 2005). Bei jeder Probefläche wurden die einzelnen Bewirtschaftungstreifen (à 4 Reihen Schnittlauch) nacheinander für jeweils 1 Minute beobachtet und die anwesenden Vögel notiert. Danach wurde zum nächsten Bewirtschaftungstreifen weitergegangen, wobei jede Probefläche zwölf Bewirtschaftungstreifen umfasste. Die Beobachtungen erfolgten vom Rand der Probeflächen aus (die Probeflächen wurden nicht betreten). An jedem Kartiertag erfolgte eine Erfassung der Feld-Probeflächen aus südlicher Richtung und eine aus nördlicher Richtung. Die Probefläche „Gehölzreihe“ wurde kartiert, indem an ihr entlang gegangen wurde und die in den Gehölzen befindlichen Vögel notiert wurden. Insgesamt wurden im Untersuchungszeitraum 27 Kartiertage im Abstand von ca. zwei Wochen durchgeführt. Die Erfassung der Vögel erfolgte vor allem optisch (mit Hilfe von Ferngläsern), teilweise aber auch akustisch (z. B. in der Gehölzreihe).

## Erfassung mit Hilfe von Kamerafallen

Auf den Probeflächen „APV“ und „Referenz“ wurden die Kartierungen vor Ort durch eine Erfassung mit Hilfe von Kamerafallen ergänzt, um für diese unmittelbar von der Agriphotovoltaik beeinflussten Flächen weitergehende quantitative Aussagen über Individuenzahlen, Beobachtungssummen und Nutzungsfrequenzen treffen zu können. Jede der beiden Probeflächen wurde dabei von zehn gleichmäßig verteilten Kameras (jeweils fünf aus östlicher und westlicher Richtung) überwacht. Die Kameras wurden in ca. 1 m über dem Boden montiert und leicht schräg nach unten fokussiert, um die Vögel im direkten Nahbereich der Kameras zu erfassen. Die Auslösung der Kameras erfolgte zeitgesteuert (nicht infrarotauslösend). Jede Kamera machte im Intervall von 10 Minuten ein Foto (dies entspricht 144 Fotos pro Kamera und Tag), die auf SD-Karten gespeichert und regelmäßig ausgelesen wurden. Die Erfassung durch Kamerafallen erfolgte über einen Zeitraum von 363 Tagen.



Abbildung 2: Unter der APV-Anlage und auf der direkt angrenzenden Referenzfläche (hier rechts neben der Anlage) wurde im September 2022 Schnittlauch ausgesät.

## Ausblick

Die Datenerhebung wurde im November 2023 abgeschlossen. Zurzeit werden die Daten ausgewertet und es sollen zeitnah Ergebnisse veröffentlicht werden. Das Interesse an Agriphotovoltaik steigt und auch aus politischer Sicht kann diese Technologie einen Beitrag zur Energiewende leisten. Beispielsweise erfolgte inzwischen eine Privilegierung von kleinen APV (bis 2,5 ha), die in räumlich-funktionalem Zusammenhang mit einem landwirtschaftlichen Betrieb im Außenbereich stehen (§ 35 BauGB 2023). Es ist zu erwarten, dass zunehmend auch APV errichtet werden, wobei viele der bereits geplanten Anlagen zudem deutlich größer (mehrere 10 ha) dimensioniert sein werden (NEXT2SUN, 2024; SOLAR PROVIDER GROUP, 2024). Die Ergebnisse dieser Studie liefern erste Erkenntnisse zu den Auswirkungen von APV auf Vögel. Zugleich muss aber betont werden, dass es sich um eine Untersuchung an einer relativ kleinen Anlage handelt. Es besteht daher dringend weiterer Forschungsbedarf an größeren Anlagen, anderen Anlagentypen (z. B. an bodennaher APV mit vertikalen Modulen oder Tracking-Systemen), an solchen in anderem landschaftlichen Kontext und zu anderen Artengruppen, um eine fundierte Einordnung aus naturschutzfachlicher Sicht zu erlauben.

## Danksagung

Das Forschungsprojekt wird gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU). Danke auch an die Firma R. Steinicke GmbH, auf deren Flächen und an deren Agriphotovoltaik-Anlage die Untersuchung stattfand.

## Quellenverzeichnis

ADEH, E. H., GOOD, S. P., CALAF, M. & HIGGINS, C. W. (2019): Solar PV Power Potential is Greatest Over Croplands. *Scientific reports* 9 (1): 11442. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47803-3>

ARGE Monitoring PV-Anlagen (2007): Photovoltaik-Freiflächenanlagen – Aktuelle Erfahrungen und Konfliktlinien. Workshop „PV-Freiflächenanlagen – Konfliktlinien“ 21. – 22.03.2005 in Bonn.

BAUGB (2023): Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. November 2017 (BGBl. I S. 3634), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 28. Juli 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 221) geändert worden ist.

BMUV (BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ, BAU UND REAKTORSICHERHEIT) (Hrsg., 2015): Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt. 180 S., Berlin.

BMWK (BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND KLIMASCHUTZ) (Hrsg., 2023a): Photovoltaik-Strategie. 40 S., Berlin.

BMWK (BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND KLIMASCHUTZ) (2023b): Kabinett beschließt Beschleuniger für Wind- und Netzausbau – EU-Notfallverordnung wird umgesetzt – Verfahren werden nochmal schneller. Pressemitteilung vom 30.01.2023. Scribbr. <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2023/01/20230130-kabinett-beschliesst-beschleuniger-fur-wind-und-netzausbau.html>

EEG (GESETZ FÜR DEN AUSBAU ERNEUERBARER ENERGIEN) (2023): Er-

neuerbare-Energien-Gesetz vom 21. Juli 2014 (BGBl. I S. 1066), das zuletzt durch Artikel 6 des Gesetzes vom 4. Januar 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 6) geändert worden ist.

FRAUNHOFER ISE (Hrsg., 2020): Agri-Photovoltaik: Chance für Landwirtschaft und Energieende – Ein Leitfaden für Deutschland. 56 S., Freiburg.

GABRIEL, M., SCHOLZ, A. & STIERSTORFER, C. (2018): Ökologische Evaluierung des Solarfeldes Gänsdorf (Landkreis Staßfurt-Bogen, Niederbayern). Gefördert durch den Bayerischen Naturschutzfonds aus Zweckerträgen der Glücksspirale, Projekt-Nummer: LBV 10/2018

HERDEN, C., GHARADJEDAGHI, B. & RASSMUS, J. (2009): Naturschutzfachliche Bewertungsmethoden von Freilandphotovoltaikanlagen. Endbericht. BfN-Skripten Jahr7, Bonn.

HERNANDEZ, R. R., EASTER, S. B., MURPHY-MARISCAL, M. L., MAESTRE, F. T., TAVASSOLI, M., ALLEN, E. B., BARROWS, C. W., BELNAP, J., OCHOA-HUESO, R., RAVI, S. & ALLEN, M. F. (2014): Environmental impacts of utility-scale solar energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 29: 766–779.

JARČUŠKA, B., GÁLFFYOVÁ, M., SCHNÜRMACHER, R., BALÁZ, M., MIŠÍK, M., REPEL, M., FULIN, M., KERESTÚR, D., LACKOVIČOVÁ, Z., MOJZIS, M., ZÁMEČNÍK, M., KANUCH, P. & KRISTÍN, A. (2024): Solar parks can enhance bird diversity in agricultural landscape. *Journal of Environmental Management* 35, 13 S.

NORDBERG, E. J., CALEY, M. J. & SCHWARZKOPF, L. (2021): Designing solar farms for synergistic commercial and conservation outcomes. *Solar Energy* 228: 586–593.

<https://doi.org/10.1016/j.solener.2021.09.090>

NEXT2SUN (2024): Aktuelle Agri-PV-Projekte. Aufgerufen am 08.04.2024, <https://next2sun.com/agri-pv/agri-pv-laufende-projekte/>

PESCHEL, R., PESCHEL, T., MARCHAND, M. & HAUKE, J. (2019): Solar parks – profits for biodiversity. BNE – Bundesverband Neue Energiewirtschaft e. V., 109 S., Berlin.

SIRNIK, I., OUDES, D. & STREMKE, S. (2024): Agrivoltaics and landscape change: First evidence from built cases in the Netherlands. *Land Use Policy* 140 (2024).

<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2024.107099>

SOLAR PROVIDER GROUP (2024): Projekte, aufgerufen am 08.04.2024, <https://www.solarpg.de/projekte>

SÜDBECK, P., ANDRETTZKE, H., FISCHER, S., GEDEON, K., SCHIKORE, T., SCHRÖDER, K. & SUDFELD, C. (2005): Methodenstandards zur Erfassung der Brutvögel Deutschlands. Radolfzell.

VISSER, E. (2016): The impact of South Africa's largest photovoltaic solar energy facility on birds in the Northern Cape, South Africa. – Rondebosch (Percy FitzPatrick Institute of African Ornithology, University of Cape Town – Dissertation): 56 S.

## Kontakt

M. Sc. Lara Diekmann  
Institut für Umweltplanung  
AG Naturschutz und Landschaftsökologie  
Leibniz Universität Hannover  
Herrenhäuser Straße 2 · 30419 Hannover  
[diekmann@umwelt.uni-hannover.de](mailto:diekmann@umwelt.uni-hannover.de)

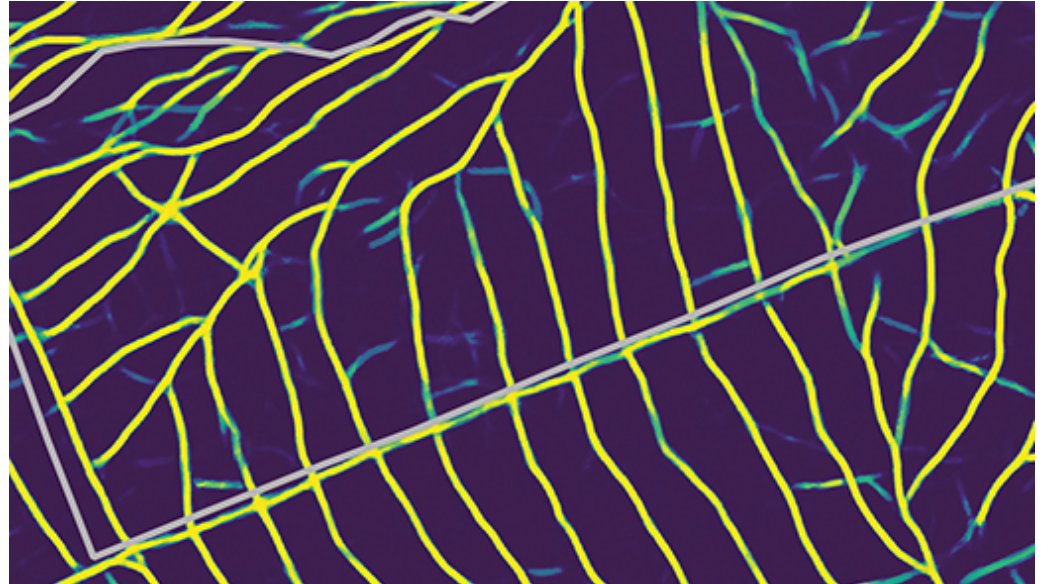




Tanja Kempen

## Kartierung von Rückegassen aus flugzeugbasierten Laserscan-Daten durch ein CNN

*Der trainierte U-Net-Algorithmus gibt als Ergebnis ein Bildraster aus, auf dem mit hellen (gelben) Pixeln angezeigt wird, wo mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Rückegasse erkannt wurde. Je dunkler die Farbe, desto geringer die Wahrscheinlichkeit, dass in den LiDAR-Daten an dieser Stelle eine Fahrspur zu erkennen ist.*



### 1. In einfachen Worten: Womit beschäftigst du dich in deiner Arbeit?

Es geht darum, Waldböden vor Verdichtung zu schützen, damit ihre vielfältigen Funktionen wie die Speicherung von Wasser und Kohlendioxid erhalten werden. Rückegassen sind Fahrspuren in bewirtschafteten Wäldern, die von schweren Maschinen zur Holzernte genutzt werden. Wird die Befahrung auf vorhandene Rückegassen beschränkt, kann ein Großteil des übrigen Waldbodens vor Verdichtung geschützt werden. Bisher gibt es kaum digitale Karten dieser Fahrspuren. Insbesondere durch Stürme und Trockenheit als Folge des Klimawandels wird es zunehmend schwerer, die Fahrspuren im Gelände wiederzufinden. Die in meiner Arbeit vorgestellte Methode kann eine digitale Karte vorhandener Fahrspuren erzeugen. Damit könnten Forstmaschinen auch dann noch auf bestehenden Fahrspuren navigieren, wenn keine Markierungen mehr vorhanden sind oder wenn die Fahrspuren bereits zugewachsen sind.

### 2. Was fasziniert dich an der wissenschaftlichen Forschung zu Naturschutz-, Planungs- und Umweltschutzthemen?

In der Bundesrepublik Deutschland gibt es klare Empfehlungen und Ziele für den Schutz unserer Natur und des Klimas wie z.B. eine Waldstrategie und eine Wasserstrategie. Der wissenschaftliche Beirat für Waldpolitik spricht sich klar dafür aus, Methoden der Fernerkundung verstärkt zur Kontrolle des Boden- und Wasserschutzes im Ökosystem Wald zu nutzen. Wissenschaftliche Forschung im Naturschutz kann einen Beitrag leisten, diese Ziele zu erreichen. Durch den Einsatz von maschinellen Lernverfahren

(künstlicher Intelligenz) können wissenschaftlich entwickelte Methoden auf großen Flächen angewandt und in die Praxis übertragen werden.

### 3. Was hat dich in deiner Arbeit am meisten überrascht?

Die meisten Geodaten und die Software, die ich verwendet habe, sind öffentlich zugänglich und kostenfrei. Auch das verwendete maschinelle Lernverfahren ist frei zugänglich.

### 4. Welche Denkanstöße und Empfehlungen möchtest du Praktikerinnen und Praktikern oder Politikerinnen und Politikern mit auf den Weg geben?

Ich habe einmal ausgerechnet, wie lange zwei Personen damit beschäftigt wären, alle Rückegassen in niedersächsischen Wäldern zu Fuß mit Hilfe von GNSS/RTK-gestützter Sensoren aufzuzeichnen. Es wären etwa 265 Jahre. Schneller ginge es mit Hilfe von künstlicher Intelligenz. Für die in meiner Masterarbeit entwickelte Methode wären weitere Tests und weitere Programmierarbeit erforderlich, sowie entsprechende Rechenkapazitäten, um eine erste Version einer digitalen Rückegassenkarte für Niedersachsen schätzungsweise innerhalb einiger Monate erzeugen zu können.

Ich wünsche mir, dass das Arbeiten mit künstlicher Intelligenz bereits in Schule und Studium alltägliche Routine wird und dass Forstpraxis und Politik gezielt automatisierbare und großflächig skalierbare Lösungen für den (Wald-) Naturschutz einsetzen, fordern und fördern. Digitalisierung und Naturschutz müssen zusammen gedacht werden.



# Kartierung von Rückegassen aus flugzeugbasierten Laserscan-Daten durch ein CNN

## Mapping of Skid Trails from Airborne Laser Scanning Data Using a CNN

Tanja Kempen

### Zusammenfassung

Böden spielen eine entscheidende Rolle im Natur- und Klimaschutz. Bei der Waldbewirtschaftung müssen der Erhalt und die Wiederherstellung der Bodenfunktionen höchste Priorität erhalten. Ziel dieser Untersuchung war es, bestehende Fahrspuren von Forstmaschinen, sogenannte Rückegassen, aus Daten der Fernerkundung zu erfassen und digital zu kartieren. Hierzu wurden Messdaten flugzeuggetragener Laserscanner (ALS) mit Hilfe eines gefalteten neuronalen Netzwerkes (engl.: ‚Convolutional Neural Network, CNN‘) ausgewertet. Das entwickelte Verfahren kann dazu beitragen, Waldböden vor Verdichtung zu schützen und deren Funktion zur Speicherung von Wasser und Kohlendioxid zu erhalten.

*Rückegassen, Airborne Laser Scanning, Künstliche Intelligenz, Bodenschutz, Fernerkundung*

### Abstract

Soils play a crucial role in nature and climate protection. In forest management, preserving and restoring soil functions must be of utmost priority. The aim of this study was to detect existing forest machine tracks, known as skid trails, from remote sensing data and digitally map them. Airborne laser scanning (ALS) data were analysed using a convolutional neural network (CNN). The developed method may help protect forest soils from compaction and preserve their function in storing water and carbon dioxide.

*Skid Trails, Airborne Laser Scanning, Artificial Intelligence, Soil Protection, Remote Sensing*

doi: 10.23766/NiPF.202401.02

### Einleitung

Wälder erfüllen vielfältige Funktionen, die weit über die Produktion von Holz hinausgehen. Sie nehmen beispielsweise eine entscheidende Rolle beim Schutz des Klimas, des Wasserhaushalts und der Bodenfruchtbarkeit ein. Diese Nutz- und Schutzfunktionen im Rahmen einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung in Einklang zu bringen, stellt Waldbewirtschaftende insbesondere in Zeiten des Klimawandels vor große Herausforderungen.

Waldbewirtschaftung erfolgt in Deutschland überwiegend mit Hilfe von Forstmaschinen. Hierzu sind bewirtschaftete Wälder in Deutschland durch dauerhaft und systematisch angelegte Rückegassen erschlossen (Abb. 1). Um die Bodenverdichtung durch den Auflagedruck schwerer Forstmaschinen möglichst gering zu halten, sollten diese im Wald ausschließlich auf bestehenden Rückegassen fahren. Schon das einmalige Befahren unversehrten Waldbodens kann diesen über Jahrzehnte in seinen Funktionen beeinträchtigen (DEARMOND et al., 2021). In Folge von Bodenverdichtung kann der Gasaustausch mit der Atmosphäre aufgrund der Abnahme der Porenkontinuität sinken (AMPOORTER et al., 2010). Auch die Anzahl der Poren im Boden nimmt ab, wodurch



Abbildung 1: Eine Rückegasse im Laubmischwald nahe Menteroda in Nordthüringen im Dezember 2023. Nach starken Niederschlägen sammelt sich Regenwasser in den Fahrspuren.

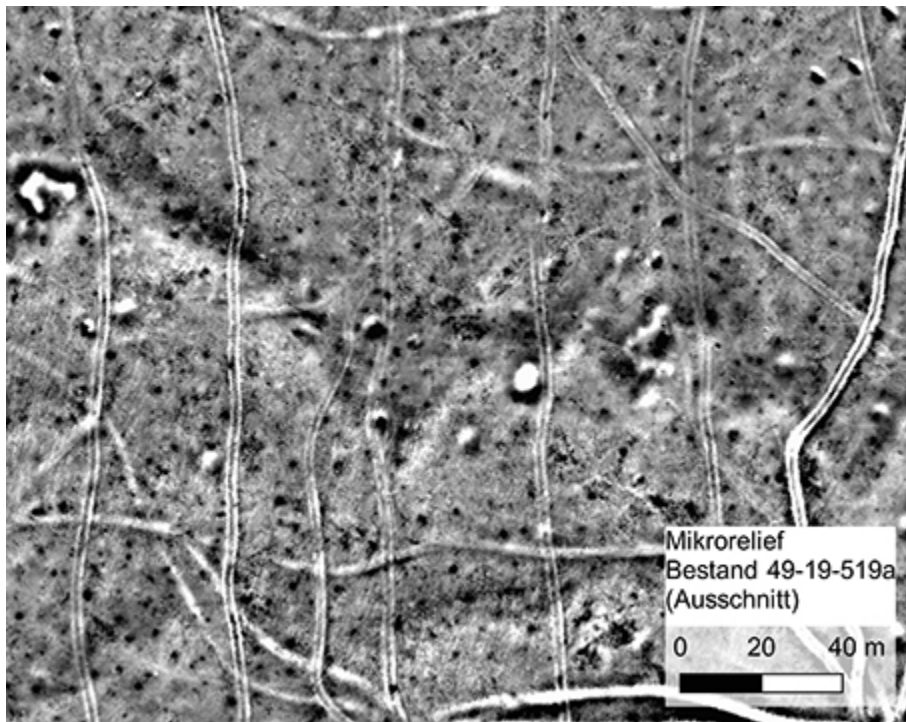


Abbildung 2: Visualisierung der ALS-Daten als Mikrorelief am Beispiel eines Laubmischwaldbestandes nahe Langula in Thüringen. Die Rückegassen sind gut an den Doppellinien zu erkennen, die im Bild überwiegend von oben nach unten verlaufen.

die Durchwurzelung aufgrund schlechterer Wasserversorgung und Belüftung erschwert wird (SOLGI et al., 2016). Diese Veränderungen des Lebensraums Waldboden können sich auf die Biodiversität auswirken und dadurch Arten verdrängen (GODEFROID & KOEDAM, 2004a, 2004b; MERCIER et al., 2019). Auch der Wirtschaftsfaktor Holzzuwachs kann durch eine Abnahme der Produktivität des Bodens und der Nährstoffverfügbarkeit beeinträchtigt werden (AROCENA, 2000; CLEVE & DYRNESS, 1983; GRIGAL, 2000). Schlechtere Keimungs- und Wachstumsbedingungen als Folge der Bodenverdichtung können die Naturverjüngung von Wäldern, z. B. bei Stieleiche (*Quercus robur L.*), erschweren (CAMBI et al., 2017, 2018). Nachhaltige Waldbewirtschaftung sollte deshalb ausschließlich auf dauerhaft angelegten Feinerschließungslinien (syn. Rückegassen) erfolgen (FAO, 1979).

#### Herausforderungen durch die Folgen des Klimawandels

In der Praxis werden vorhandene Rückegassen mit Sprühfarbe an den begrenzenden Bäumen markiert. Insbesondere durch Stürme und Trockenheit als Folgen des Klimawandels wird es zunehmend schwerer, die Fahrspuren im Gelände wiederzufinden. Wenn ganze Waldbestände absterben, verschwinden auch die Markierungen. Aufkommende Bodenvegetation kann vorhandene Rückegassen schnell überwachsen und unauffindbar machen. Hierdurch steigt die Gefahr einer flächigen Befahrung und Verdichtung im Zuge von Räum- und Aufforstungsarbeiten. Eine digitale Kartierung von Rückegassen könnte hier Abhilfe schaffen. Eine manuelle Erfassung im Bestand ist jedoch aufwändig, oft ungenau oder unvollständig (KEMPEN et al., 2024).

#### Flugzeuggetragene Laserscanner als Datenquelle

Mit Hilfe der Fernerkundung können Informationen über Waldbestände großflächig und effizient erhoben werden. Um Boden-

strukturen wie z. B. Rückegassen erfassen zu können, ist das Airborne Laserscanning (ALS) eine besonders geeignete Methode. ALS-Sensoren erfassen aktiv dreidimensionale Strukturinformationen, indem sie mit einer sehr hohen Wiederholungsrate Abstandsmessungen durchführen. Der Laserscanner durchdringt das Kronendach der überflogenen Waldbestände und liefert somit auch Informationen aus den unteren Bestandesschichten bis hin zum Waldboden (MAGDON et al., 2020). Ziel der hier vorgestellten Arbeit war es, Rückegassen aus ALS-Daten mithilfe eines maschinellen Lernverfahrens automatisiert zu erkennen. Außerdem sollte untersucht werden, wie sich der Bestandestyp auf die Erkennung der Rückegassen auswirkt.

#### Methodik

Zur Auswertung der ALS-Daten wurden Visualisierungstechniken verwendet, welche auch in der Archäologie eingesetzt werden. Beispielsweise wurden mit ähnlichen Verfahren Maya-Siedlungen in Süd- und Mittelamerika (CHASE et al., 2020), keltische Felder (BANASIAK et al., 2022) oder mittelalterliche Hohlwege (VER-SCHOOOF-VAN DER VAART & LANDAUER, 2021) in Waldbeständen kartiert. Mit der Statistiksoftware R (R CORE TEAM, 2022) und dem RVT-Programm (KOKALJ & HESSE, 2017) wurden zweidimensionale Mikrorelief-Karten (Abb. 2), Vegetationshöhen-, Gelände- und Vegetationsdichtemodelle aus den ALS-Daten abgeleitet.

#### Objekterkennung mithilfe von künstlicher Intelligenz

Um eine automatisierte Klassifikation der Feinerschließungslinien zu ermöglichen, wurden die Visualisierungstechniken mit maschinellen Lernverfahren kombiniert. Die dafür notwendigen Trainingsdaten wurden in sieben Trainingsgebieten in Thüringen mit

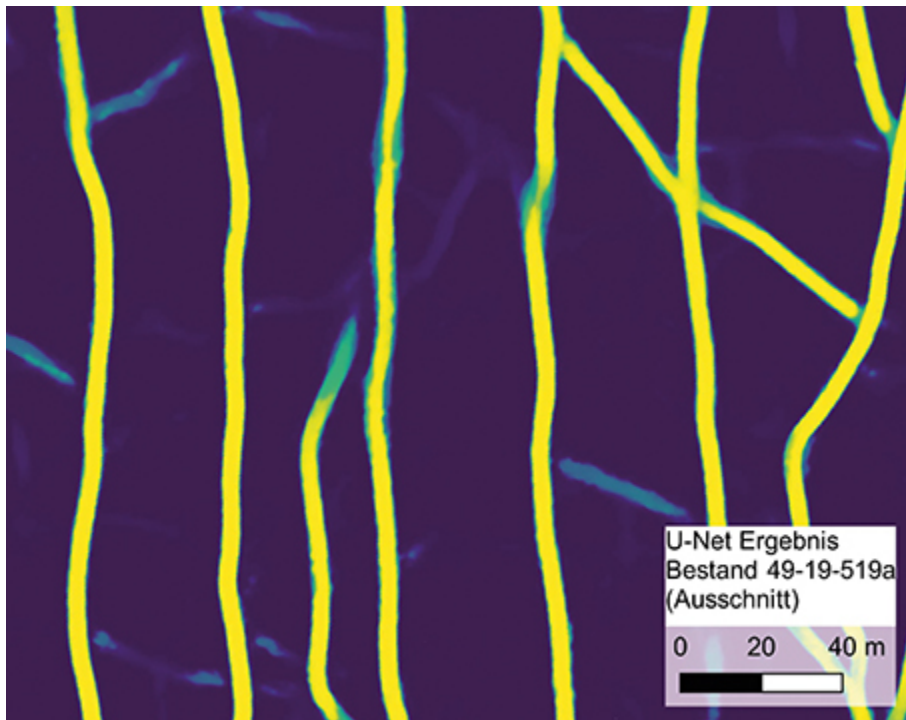


Abbildung 3: Bildraster-Ausgabe der U-Net-Klassifikation für den in Abb. 2 gezeigten Laubmischwaldbestand. Gelbe Pixel zeigen an, wo mit einer hohen Wahrscheinlichkeit eine Rückegasse erkannt wurde, dunkelblaue Pixel stehen für eine niedrige Wahrscheinlichkeit.

über 180 Beständen (~790 ha) mit unterschiedlichen Methoden erfasst: manuelle GNSS-Aufzeichnungen, Tachymeter-Messungen sowie Positionsdaten moderner Forstmaschinen. Diese Referenzdaten wurden manuell ergänzt und teilweise korrigiert, um eine möglichst exakte digitale Karte der vorhandenen Feinerschließung zu erhalten. Besonders die Maschinenpositionsdaten, welche ohne differenzielle Korrektur aufgezeichnet worden waren, mussten hierbei aufgrund zu großer Ungenauigkeiten nachbearbeitet werden. Als maschinelles Lernverfahren kam ein Convolutional Neural Network (CNN) bzw. ein sogenanntes U-Net zum Einsatz (RONNEBERGER et al., 2015). Das maschinell angelernte U-Net erkennt in den visualisierten ALS-Daten die vorhandene Feinerschließung und gibt diese als Bildraster aus (Abb. 3). In der weiteren Prozessierung wurden alle Bildpixel mit einer Wahrscheinlichkeit von  $p > 0,3$  in ein navigationsfähiges Linienvektor-Format umgewandelt.

Zur Bewertung des Verfahrens in der Praxis wurde das trainierte Netzwerk an 12 unabhängigen Beständen in sechs Gebieten validiert. Hierfür wurden die Rückegassen mithilfe des Netzwerkes automatisiert kartiert und anschließend die Übereinstimmung mit den tatsächlich vorhandenen Rückegassen anhand der vektorisierten Daten visualisiert (Abb. 4) und in R (R CORE TEAM, 2022) berechnet.

## Ergebnisse

Für die ausgewerteten Laubmischwaldbestände und Fichtenaltersklassenwälder war die Übereinstimmung mit 97 % bzw. 98 % sehr hoch. Mit 81 % schnitten die untersuchten Kiefernbestände etwas schlechter ab (Abb. 5).

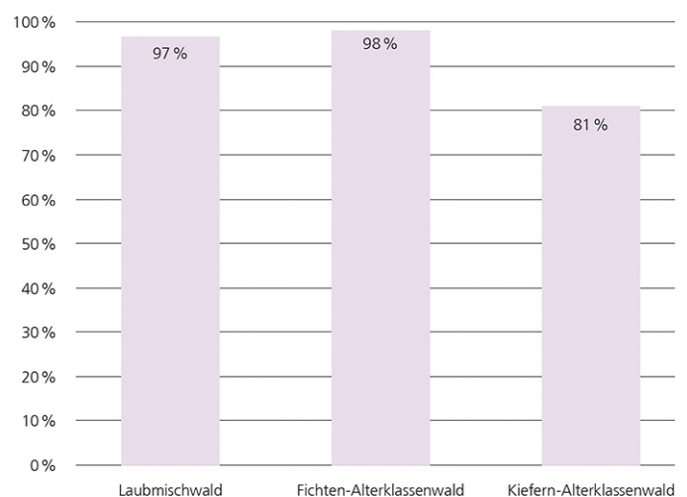


Abbildung 5: Ergebnisse der Validierung. Dargestellt ist der Anteil der durch das U-Net erkannten Rückegassen in den ausgewerteten Laubmischwald-, Fichten- und Kiefernbeständen bei einer angenommenen Gassenbreite von 5 m.

## Diskussion

Die hohe Übereinstimmungsrate von 97 % in den untersuchten Laubmischwäldern korreliert mit den guten Aufnahmebedingungen in den Wintermonaten: Durch die unbelaubten Baumkronen kann ein hoher Anteil der Laser-Messimpulse bis zum Waldboden durchdringen. Es ist anzunehmen, dass hierdurch die Visualisierung und Kombination mit einem maschinellen Lernverfahren sehr gut funktionieren. Vitale Fichtenwälder können hingegen auch im Winter zu schwierigeren Messbedingungen führen. Alle

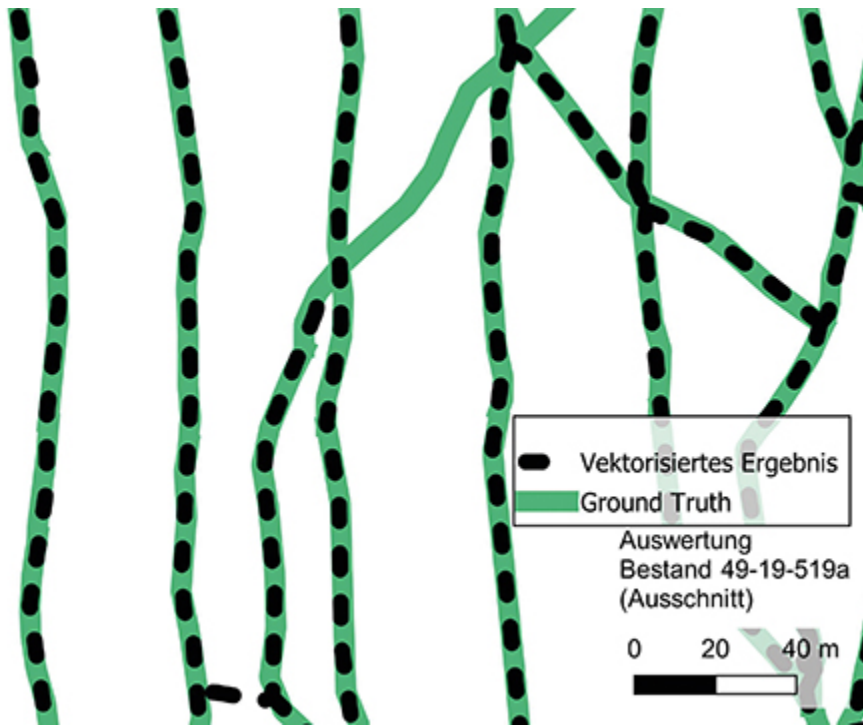


Abbildung 4: Ergebnisse der Klassifikation für den in Abb. 2 gezeigten Laubmischwaldbestand. Die grünen Linien zeigen die real vorhandenen Rückegassen an (sog. „Ground Truth“), die schwarz gestrichelten Linien stellen die vorhergesagte Feinerschließung dar, welche das trainierte Netzwerk in den visualisierten ALS-Daten erkannt hat.

in dieser Untersuchung ausgewerteten Fichtenaltersklassenwälder waren älter als 30 Jahre. Es ist anzunehmen, dass die Erkennungswahrscheinlichkeit in jüngeren Beständen mit dichter Vegetation geringer ausfällt (vgl. ABDI et al., 2022) als die hier erzielten 98 %. Für die etwas geringere Genauigkeit der Kiefernaltersklassenwälder von 81 % kommen verschiedene Erklärungsmöglichkeiten in Betracht, die noch näher untersucht werden müssen. So wiesen die ALS-Daten für diese Bestände beispielsweise geringere Messpunktdichten auf. Eine mögliche Erklärung sind abweichende Messbedingungen, da die Befliegung des Freistaats Thüringen in mehreren aufeinander folgenden Jahren erfolgte (TLBG, 2021).

## Fazit und Ausblick

Das hier vorgestellte automatisierte Verfahren erkennt vorhandene Rückegassen zuverlässig. Zusätzliche Trainingsdaten könnten dazu beitragen, die Genauigkeit der Erkennung von Rückegassen weiter zu verbessern. Insbesondere erscheint es hier sinnvoll, Forstmaschinen mit echtzeitkinematischen Satellitennavigations-Empfängern (RTK-GNSS) auszustatten, um Positionsdaten zuverlässig aufzuzeichnen (KEMPEN et al., 2024). Entsprechende Arbeitsabläufe zur systematischen Erfassung und Archivierung solcher Positionsdaten müssen entwickelt und in betriebliche Prozesse integriert werden, um geeignete Trainingsdatenbestände aufzubauen (KEMPEN et al., 2024). Der trainierte U-Net-Algorithmus erkennt nicht nur aktuell genutzte, sondern auch ältere Fahrspuren. Zukünftig könnten hieraus Naturschutzanwendungen entwickelt werden. So können Rückegassen insbesondere in Hanglagen zu erhöhtem Oberflächenabfluss führen und sind damit auch beim Hochwasserschutz in Betracht zu ziehen. Die Hochwassergefahr kann durch Rückegassen lokal erhöht und die Regenerationsfä-

higkeit der Wälder beeinträchtigt werden. Für die aktuellen großen Herausforderungen bei der Wiederaufforstung von Kalamitätsflächen nach Dürre und Massenvermehrung von Borkenkäfern könnten Rückegassen, die zwischenzeitlich durch Vegetation und Naturverjüngung überwachsen sind, digital aus ALS-Daten rekonstruiert werden. Hierdurch würden Forstmaschinen weiterhin auf der bestehenden Feinerschließung navigieren und damit unversehrten Boden vor Verdichtung schützen.

Das trainierte neuronale Netzwerk steht online zur Verfügung (KEMPEN, 2023). Erste Tests in unterschiedlichen Beständen der Niedersächsischen Landesforsten zeigen sehr gute Ergebnisse, so dass berechtigte Hoffnung besteht, dass die trainierten Klassifikationsmodelle mit geringem Aufwand auf weitere Regionen und Bestandestypen übertragen werden können. Weitere Untersuchungen dazu finden aktuell an der Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst (HAWK) in Göttingen statt (KEMPEN et al., 2024).

## Danksagung

Ich danke der Landesforstanstalt ThüringenForst A.ö.R. Ebenso möchte ich dem Nds. Forstplanungsamt für die Unterstützung sowie Ulrich Prusitzki für die Bereitstellung der Tachymeterdaten im Hainich danken. Mein besonderer Dank gilt M.Sc. Maximilian Freudenberg, der mit seiner Expertise und Begeisterung für die Baumartenerkennung in Fernerkundungsdaten mit CNNs einen großen Beitrag zum Gelingen dieses Projekts geleistet hat. Auch meiner Kommilitonin Laura Meitinger, die im Rahmen ihrer Bachelorarbeit an den Felddatenerhebungen und bei der Erstellung der Trainingsdaten beteiligt war, möchte ich hiermit meinen Dank aussprechen.

## Quellenverzeichnis

- ABDI, O., UUSITALO, J. & KIVINEN, V.-P. (2022). Logging Trail Segmentation via a Novel U-Net Convolutional Neural Network and High-Density Laser Scanning Data. *Remote Sensing*, 14(2), 349. <https://doi.org/10.3390/rs14020349>
- AMPOORTER, E., VAN NEVEL, L., DE VOS, B., HERMY, M. & VERHEYEN, K. (2010). Assessing the effects of initial soil characteristics, machine mass and traffic intensity on forest soil compaction. *Forest Ecology and Management*, 260(10), 1664–1676. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.08.002>
- AROCENA, J. M. (2000). Cations in solution from forest soils subjected to forest floor removal and compaction treatments. *Forest Ecology and Management*, 133(1–2), 71–80. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00299-6](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00299-6)
- BANASIAK, P. Z., BEREZOWSKI, P. L., ZAPŁATA, R., MIELCAREK, M., DURAJ, K. & STEREŃCZAK, K. (2022). Semantic Segmentation (U-Net) of Archaeological Features in Airborne Laser Scanning – Example of the Białowieża Forest. *Remote Sensing*, 14(4), 995. <https://doi.org/10.3390/rs14040995>
- CAMBI, M., HOSHIKA, Y., MARIOTTI, B., PAOLETTI, E., PICCHIO, R., VENANZI, R. & MARCHI, E. (2017). Compaction by a forest machine affects soil quality and *Quercus robur* L. seedling performance in an experimental field. *Forest Ecology and Management*, 384, 406–414. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.10.045>
- CAMBI, M., MARIOTTI, B., FABIANO, F., MALTONI, A., TANI, A., FODERI, C., LASCHI, A. & MARCHI, E. (2018). Early response of *Quercus robur* seedlings to soil compaction following germination. *Land Degradation & Development*, 29(4), 916–925. <https://doi.org/10.1002/ldr.2912>
- CHASE, A. S. Z., CHASE, D. & CHASE, A. (2020). Ethics, New Colonialism, and Lidar Data: A Decade of Lidar in Maya Archaeology. *Journal of Computer Applications in Archaeology*, 3(1), 51–62. <https://doi.org/10.5334/jcaa.43>
- CLEVE, K. V. & DYRNESS, C. T. (1983). Effects of forest-floor disturbance on soil-solution nutrient composition in a black spruce ecosystem. *Canadian Journal of Forest Research*, 13(5), 894–902. <https://doi.org/10.1139/x83-119>
- DEARMOND, D., FERRAZ, J. B. S. & HIGUCHI, N. (2021). Natural recovery of skid trails: A review. *Canadian Journal of Forest Research*, 51(7), 948–961. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2020-0419>
- FAO (Hrsg.). (1979). *Planning forest roads and harvesting systems* (2. print). FAO.
- GODEFROID, S. & KOEDAM, N. (2004a). Interspecific variation in soil compaction sensitivity among forest floor species. *Biological Conservation*, 119(2), 207–217. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2003.11.009>
- GODEFROID, S. & KOEDAM, N. (2004b). The impact of forest paths upon adjacent vegetation: Effects of the path surfacing material on the species composition and soil compaction. *Biological Conservation*, 119(3), 405–419. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2004.01.003>
- GRIGAL, D. F. (2000). Effects of extensive forest management on soil productivity. *Forest Ecology and Management*, 138(1–3), 167–185. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00395-9](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00395-9)
- KEMPEN, T. (2023). Skidtrail Detection. <https://gitlab.gwdg.de/tanja.kempen/skidtrail-detection>
- KEMPEN, T., FREUDENBERG, M., FUCHS, H. & MAGDON, P. (2024). Automatisierte Kartierung forstlicher Feinerschließung. *AFZ Der Wald*, 3, 12–15.
- KOKALJ, Ž. & HESSE, R. (2017). *Airborne laser scanning raster data visualization: A guide to good practice* (Bd. 14). Založba ZRC.
- MAGDON, P., FEHRMANN, L., FUCHS, H., KLEINN, C. & STAUPENDAHL, K. (2020). Fernerkundungsbasierte Bestandesinventur. *AFZ Der Wald*, 15, 36–39.
- MERCIER, P., AAS, G. & DENGLER, J. (2019). Effects of skid trails on understory vegetation in forests: A case study from Northern Bavaria (Germany). *Forest Ecology and Management*, 453, 117579. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117579>
- R CORE TEAM. (2022). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- RONNEBERGER, O., FISCHER, P. & BROX, T. (2015). U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.1505.04597>
- SOLGI, A., NAJAFI, A., EZZATI, S. & FERENCIK, M. (2016). Assessment of ground-based skidding impacts on the horizontally rate and extent of soil disturbance along the margin of the skid trail. *Annals of Forest Science*, 73(2), 513–522. <https://doi.org/10.1007/s13595-016-0544-7>
- TLBG. (2021). Informationen zur Datenstruktur der Höhendaten von 2014 bis 2019. [https://geoportal.geoportal-th.de/hoehendaten/Uebersichten/2014-2019\\_README\\_Hoehendaten.pdf](https://geoportal.geoportal-th.de/hoehendaten/Uebersichten/2014-2019_README_Hoehendaten.pdf)
- UMWELTBUNDESAMT. (2023). The upcoming European Soil Health Law – chances and challenges for an effective soil protection. [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/20230118\\_eu\\_soil\\_law\\_sciopp\\_final\\_clean\\_final\\_bf\\_korrektur-titelseite.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/20230118_eu_soil_law_sciopp_final_clean_final_bf_korrektur-titelseite.pdf)
- VERSCHOOF-VAN DER VAART, W. B. & LANDAUER, J. (2021). Using CarcassonNet to automatically detect and trace hollow roads in LiDAR data from the Netherlands. *Journal of Cultural Heritage*, 47, 143–154. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2020.10.009>

### Kontakt

Tanja Kempen, M.Sc.  
Georg-August-Universität Göttingen  
Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie  
Büsgenweg 5  
37077 Göttingen  
[Tanja.kempen@posteo.de](mailto:Tanja.kempen@posteo.de)







Marina Klimke

## Agroforstsysteme in Ostfriesland? Rechtliche Rahmenbedingungen und die Perspektive von Akteuren aus Naturschutz und Landwirtschaft



Wallhecke in der Region Ostfriesland. Durch die Wallhecken entsteht eine strukturreiche Landschaft mit kleinen Grünland- und Ackerschlägen.  
Foto: M. Klimke

### 1. In einfachen Worten: Womit beschäftigst du dich in deiner Arbeit?

Ich bin Doktorandin an der Universität Freiburg und promoviere zu den rechtlichen Rahmenbedingungen für Agroforstsysteme in Deutschland. Neben der Recherche und Auslegung von Rechtstexten zum Thema Agroforstwirtschaft führe ich Interviews mit Akteuren aus Zivilgesellschaft, Verwaltung und Wissenschaft, um Einblicke in die vielfältigen Perspektiven zum Thema Agroforstsysteme und Recht zu erhalten. Die Ergebnisse aus den Interviews nutze ich dazu, um Anpassungsvorschläge für den Rechtsrahmen zu entwickeln.

### 2. Was fasziniert dich an der wissenschaftlichen Forschung zu Naturschutz-, Planungs- und Umweltschutzthemen?

Das Thema Natur- und Umweltschutz ist ein wichtiger Teil unserer Gesellschaft. Es freut mich, dass ich mit meiner Forschung einen Beitrag zu einem gesellschaftlich relevanten Thema leisten kann. Besonders spannend an der Forschung zu Umweltthemen finde ich, dass interdisziplinäre Ansätze, also das Zusammenspiel von Natur- und Sozialwissenschaften hier besonders wichtig sind – eine Naturschutzmaßnahme muss nicht nur naturwissenschaftlich fundiert sein, sondern auch praktische Gegebenheiten und die Akzeptanz in der Bevölkerung müssen mitgedacht werden.

### 3. Was hat dich in deiner Arbeit am meisten überrascht?

Ich beschäftige mich in meiner Arbeit mit Agroforstsystemen, also der Integration von Gehölzen in landwirtschaftliche Nutzflächen. Besonders überrascht hat mich, wie vielfältig der Begriff Agroforst von unterschiedlichen Akteuren verstanden wird – ob Kurzumtriebsplantage oder Wallhecke, jeder hat da ganz unterschiedliche Assoziationen. Und diese Assoziationen müssen natürlich zusammengebracht werden, wenn es darum geht, gemeinsam über die Regulierung von Agroforstsystemen zu diskutieren.

### 4. Welche Denkanstöße und Empfehlungen möchtest du Praktikerinnen und Praktikern oder Politikerinnen und Politikern mit auf den Weg geben?

Bei meiner Forschung merke ich immer wieder, wie wichtig es ist, lokale Gegebenheiten und die Perspektiven aus der Zivilgesellschaft bei der Entwicklung von rechtlichen und politischen Maßnahmen einzubeziehen. Ein positives Beispiel ist das Wallheckenprogramm in Ostfriesland. Das Förderprogramm wurde von einer Arbeitsgemeinschaft aus Landwirtschaft und Naturschutz entwickelt und wird nach wie vor von beiden Seiten größtenteils positiv evaluiert.

# Agroforstsysteme in Ostfriesland?

## Rechtliche Rahmenbedingungen und die Perspektive von Akteuren aus Naturschutz und Landwirtschaft

### Agroforestry systems in East Frisia?

### The legal framework and the perspective of actors from nature conservation and agriculture

Marina Klimke

#### Zusammenfassung

Agroforstsysteme stellen eine Möglichkeit dar, Gehölzstrukturen in der Agrarlandschaft zu fördern. Während Wallhecken charakteristisch für Ostfriesland sind, finden sich Gehölze heute nur selten in der Agrarlandschaft. Es stellt sich daher die Frage, welche rechtlichen Optionen bestehen, Gehölze zu erhalten und zu fördern. Aufbauend auf leitfadengestützten Interviews mit Akteuren aus Naturschutz und Landwirtschaft gibt der Beitrag anhand des Beispiels Ostfrieslands einen Einblick in die verschiedenen Perspektiven auf Agroforstsysteme und die rechtlichen Rahmenbedingungen. Abschließend wird diskutiert, was das Beispiel Ostfrieslands für die Überarbeitung des Rechtsrahmens bedeutet.

*Agroforstwirtschaft; Wallhecken; Naturschutzrecht; Gemeinsame Agrarpolitik; Wallheckenförderprogramm*

#### Abstract

Agroforestry systems are one way of promoting woody vegetation in the agricultural landscape. While hedgerows ('Wallhecken') are characteristic of East Frisia, woody vegetation is rarely found in the agricultural landscape today. Therefore, the question arises which legal options exist to preserve and promote woody vegetation. Based on semi-structured interviews with actors from nature conservation and agriculture, this study uses the example of East Frisia to provide insights into the different perspectives on agroforestry systems and the legal framework. Moreover, it is discussed what the example of East Frisia implies for the revision of the legal framework.

*Agroforestry; hedgerows; nature conservation law; Common Agricultural Policy; hedgerows subsidy program*

doi: 10.23766/NiPF.202401.03

#### Einleitung

Umweltveränderungen wie Klimawandel und Biodiversitätsrückgang sowie vielfältige soziale und ökonomische Herausforderungen machen den Transformationsbedarf in der Landwirtschaft deutlich (ZKL, 2021). In Niedersachsen wurde mit dem Niedersächsischen Weg (NIEDERSÄCHSISCHER WEG, 2020) eine Vereinbarung zwischen Landwirtschaft, Naturschutz und Politik zur Umsetzung von Maßnahmen für einen verbesserten Natur-, Arten- und Gewässerschutz getroffen. Neben weiteren Maßnahmen umfasst diese auch das Ziel, den landesweiten Biotopverbund auf 15 % der Landesfläche auszubauen und eine klimaschonende Bewirtschaftung zu fördern. Gehölzstrukturen wie Hecken, Feldgehölze, Alleen und Baumreihen aber auch Agroforstsysteme werden dabei als mögliche Maßnahmen genannt.

Agroforstwirtschaft beschreibt die „bewusste Integration von Gehölzen (Bäumen oder Sträuchern) in Kultur- und/oder Tierhal-

tungssysteme, um von den daraus resultierenden ökologischen und wirtschaftlichen Wechselwirkungen zu profitieren“ (übersetzt von BURGESS und ROSATI, 2018, S. 803). Dies umfasst traditionelle Systeme wie die in Teilen Niedersachsens noch erhaltenen Wallhecken und moderne, oft streifenförmige Systeme, die an die Maschinenbreite landwirtschaftlicher Fahrzeuge angepasst sind (NERLICH et al., 2013). In politischen (DEFAF, 2023) wie wissenschaftlichen Kontexten (TSONKOVA et al., 2012; VELDKAMP et al., 2023) werden Agroforstsysteme häufig als eine multifunktionale Landnutzungsoption beschrieben und ihr Potenzial für die Förderung von Kohlenstoffbindung und Humusaufbau, den Schutz vor Bodenerosion, die Förderung der Strukturvielfalt und Einkommensdiversifizierung in der Landwirtschaft hervorgehoben. Die rechtlichen Rahmenbedingungen gelten jedoch als eine zentrale Hürde für Agroforstsysteme (LITSCHER et al., 2023; TSONKOVA et al., 2018). Gleichzeitig wird aus naturschutzfachlicher Perspektive auf den unterschiedlichen Wert von verschiedenen Agroforstsystemen hingewiesen (NERLICH et al., 2013). Insbesondere im



Rahmen des Offenlandschutzes laufen Gehölze dem Schutz von Wiesenbrütern entgegen (UNSELD et al., 2011). Je nach Landnutzungskontext muss also immer auch eine Abwägung zwischen verschiedenen Zielen stattfinden. Es stellt sich daher die Frage, wie diese Potenziale und Zielkonflikte sowie die politischen Mandate zur Förderung von Gehölzen und Agroforstsystemen im Recht adressiert werden können, ohne derzeitige Instrumente zum Schutz von Gehölzstrukturen auszuhebeln.

Vor diesem Hintergrund nimmt dieser Beitrag die Perspektive von Akteuren aus Naturschutz und Landwirtschaft auf Agroforstsysteme und die derzeitigen rechtlichen Rahmenbedingungen in den Blick. Dabei dient Ostfriesland als Fallstudienregion, das mit Wallhecken als traditionellem Agroforstsystem und einem hohen Anteil an Dauergrünland die Zielkonflikte in der Agroforstwirtschaft in besonderer Weise aufzeigt. Anhand von Interviews mit Akteuren in Ostfriesland diskutiert der Beitrag anschließend, was das Beispiel Ostfrieslands für die Überarbeitung der förder- und ordnungsrechtlichen Rahmenbedingungen auf Bundes- und EU-Ebene impliziert.

## Fallstudienregion Ostfriesland

Ostfriesland ist eine Grünlandregion mit einem historisch sehr geringen Waldanteil (DAHL, 2011). Während in küstennahen Gebieten traditionell keine Gehölze vorkommen, finden sich in der sogenannten Geest Wallhecken als traditionelles Agroforstsystem (SCHUPP und DAHL, 1992). Ursprünglich als natürlicher Viehzaun, zur Abgrenzung von Eigentum und zur Holzproduktion angelegt, wurden die Wallhecken im 19. und 20. Jahrhundert durch Intensivierung der Landwirtschaft, Urbanisierung und den Bau von Straßen weitestgehend beseitigt, auch trotz ihres Schutzes durch das Naturschutzrecht seit 1935 (SCHUPP und DAHL, 1992). Heute finden sich noch etwa 5700 km Wallhecken in Ostfriesland (SCHUPP und DAHL, 1992). Während Hecken auf Bundesebene nicht als gesetzlich geschütztes Biotop eingestuft sind (§ 30 BNatSchG), hat Niedersachsen von der Möglichkeit Gebrauch gemacht (§ 29 BNatSchG), Wallhecken auf Landesebene zum geschützten Landschaftsbestandteil zu erklären (§ 22 Abs. 3 NNatSchG). Seit 2008 wird im Rahmen des „Wallhecken-Programm Ostfriesland“ (kofinanziert durch die EU und das Land Niedersachsen) die Pflege und Restaurierung von Wallhecken finanziell gefördert (BRINCKMANN und SANDER, 2014, S. 20). Auf Bundesebene wurden zudem mit der jüngsten Überarbeitung der Gemeinsamen Agrarpolitik Fördermaßnahmen für Agroforstsysteme eingeführt, dies umfasst insbesondere die Einführung einer Ökoregelung zur Beibehaltung einer agroforstlichen Bewirtschaftungsweise (200 €/ha Gehölzstreifen und Jahr für Agroforstsysteme nach § 4 Abs. 2 GAPDZV).

## Methodisches Vorgehen

Die für das Forschungsthema relevanten Akteure wurden anhand einer Internetrecherche und durch bestehende Kontakte identifiziert und durch die Anwendung des Schneeballprinzips (HELFFERICH, 2011, S. 167) ergänzt. Um Einblicke in die Perspektive

auf Agroforstsysteme und deren rechtlichen Rahmenbedingungen zu erhalten, wurden zwischen Mai und September 2023 zwölf Leitfaden-gestützte Interviews mit Agroforstbetrieben (n = 4), Verwaltung (n = 4) und Verbänden (n = 4) geführt. Die Interviewleitfäden wurden nach HELFFERICH (2011) teilstrukturiert aufgebaut und fokussierten sich auf Potenziale und Risiken von Agroforstsystemen und die derzeitigen rechtlichen Rahmenbedingungen. Anhand der Prinzipien des deduktiv-induktiven Kodierens (KUCKARTZ und RÄDIKER, 2022, S. 102) wurden Kategorien für die Auswertung des Interviewmaterials deduktiv anhand des Interviewleitfadens entwickelt und induktiv durch die Inhalte der Interviews ergänzt.

## Ergebnisse

Im Hinblick auf die Potenziale und Risiken von Gehölzstrukturen im Allgemeinen und Agroforstsystemen im Besonderen verwiesen insbesondere Akteure von Naturschutzorganisationen und der Verwaltung auf die besondere Bedeutung des Offenlandschutzes in Ostfriesland. Gerade in einigen EU-Vogelschutzgebieten seien in den letzten Jahren aktiv Gehölze beseitigt worden, um dem Schutz von Wiesenbrütern Rechnung zu tragen. Gleichzeitig wurde auf den hohen Naturschutzwert von Wallhecken hingewiesen. Bestehende Wallhecken seien jedoch häufig ungepflegt und es fehle an Strukturen zur Pflege und zum Erhalt der Wallhecken. Aus landwirtschaftlicher Perspektive wurde auf den hohen Aufwand bei der Wallheckenpflege verwiesen, die für die Landbewirtschaftenden ohne Unterstützung kaum zu leisten sei. Einige Akteure stellten zudem die Wirtschaftlichkeit und Sinnhaftigkeit von Agroforstsystemen in Frage, insbesondere im Hinblick auf zu erwartende Ertragsverluste bei der Aufgabe von Flächen für die Anlage von Gehölzstreifen.

Andererseits haben sich die interviewten Landwirtschaftsbetriebe bewusst entschieden, moderne Agroforstsysteme auf ihren Betrieben neu zu etablieren beziehungsweise Wallhecken zu pflegen und zu erhalten. Die Motivation der Betriebe rangierte dabei von der Erzeugung eines finanziellen Mehrwerts durch lokale Nahrungsmittel- und Holzproduktion über die Schaffung von Schatten und Auslaufstrukturen für die Weidetier- und Legehennenhaltung bis hin zur Motivation, einen Beitrag zu Klimaschutz und zur Förderung der Strukturvielfalt zu schaffen und Wallhecken als Kulturgut zu erhalten. Vor diesem Hintergrund äußerten sie ihr Verständnis für die unterschiedlichen naturräumlichen Gegebenheiten und den Vorrang des Offenlandschutzes in Vogelschutzgebieten. Gleichzeitig wiesen sie jedoch auf die Notwendigkeit hin, angesichts des Klimawandels und des Transformationsbedarfs in der Landwirtschaft ihre Betriebe weiterzuentwickeln.

In Bezug auf den Rechtsrahmen bestand unter den Akteuren weitestgehend Einigkeit, dass der Schutz von Wallhecken (§ 22 Abs. 3 NNatSchG) einen zentralen Beitrag zum Erhalt der Wallhecken leistete. Akteure aus Naturschutz wie Landwirtschaft betonten, dass im Vergleich zu vergangenen Jahrzehnten Konflikte um die Beseitigung von Wallhecken abgenommen hätten. Aus Naturschutzsicht wurde kritisiert, dass § 22 Abs. 3 NNatSchG zwar den Schutz von



Wallhecken vor Beseitigung, aber keine Pflicht zur Pflege umfasse. Das habe die Degradierung von Wallhecken und den Verlust der Strauchschicht zur Folge. Während die neuen Fördermöglichkeiten für Agroforstsysteme (z. B. Ökoregelung 3) aufgrund einer niedrigen Förderhöhe, detaillierten Förderbedingungen und einer Skepsis gegenüber der Sinnhaftigkeit und Wirtschaftlichkeit von Agroforstsystemen in Ostfriesland als weitestgehend irrelevant für Ostfriesland bewertet wurden, wurde das Wallheckenförderprogramm von allen beteiligten Akteuren positiv evaluiert. Insbesondere habe das Programm zu einer Befriedung von Konflikten und zur Weiterverbreitung von Wissen zur Wallheckenpflege beigetragen. So werde ermöglicht, dass Wallhecken naturschutzfachlich korrekt gepflegt und erhalten würden und das Einwachsen der Wallheckenstrukturen in landwirtschaftliche Flächen werde verhindert.

## Diskussion und Ausblick

Die vielfältigen Potenziale und Risiken, die Akteure aus Naturschutz und Landwirtschaft mit Agroforstsystemen assoziieren, machen deutlich, dass der regionale Kontext entscheidend für die Steuerung der Anlage von Gehölzstrukturen ist. Während EU-Vogelschutzgebiete einen klaren Fokus auf die Beseitigung von Gehölzstrukturen legen, kann anderswo die Anlage von Gehölzen gewollt und erforderlich sein. Angesichts der auch auf Bundesebene immer wieder kritisierten Unklarheiten, inwieweit Agroforstsysteme in Naturschutzgebieten zulässig sind (DeFAF, 2023), macht das Beispiel Ostfrieslands in besonderer Weise deutlich, dass derartige Zielkonflikte im Naturschutzrecht adressiert werden sollten.

In Bezug auf Wallhecken stellt insbesondere der Pflegebedarf Naturschutz wie Landwirtschaft vor Herausforderungen. Während der gesetzliche Schutz von Wallhecken in Ostfriesland lange etabliert und aus Sicht der Interviewpartnerinnen und Interviewpartner weitestgehend umgesetzt wird, sind die Eigentümerinnen und Eigentümer von Wallhecken nicht zur Pflege verpflichtet. Dies ist nicht zuletzt auch das Ergebnis einer langen historischen Entwicklung der Wallhecken von einem aktiv angelegten und genutzten Teil der Landwirtschaft hin zu einem Naturschutzobjekt, das Pflege erfordert (SCHUPP und DAHL, 1992). Vor diesem Hintergrund stellt das Wallheckenförderprogramm Ostfrieslands ein Beispiel für ein erfolgreiches regionales Förderprogramm dar, das alle beteiligten Akteure zusammenbringt und Möglichkeiten zur Wallheckenpflege aufzeigt. Gleichzeitig wurde aber auch deutlich, dass das Förderprogramm aufgrund begrenzter finanzieller und personeller Ressourcen keine flächendeckende Lösung für die Pflege von Wallhecken bieten kann (aktuell werden im Landkreis Leer z. B. innerhalb von 10 Jahren nur etwa 5 % des Wallheckenbestandes durch das Förderprogramm gepflegt (BRINCKMANN und SANDER, 2014, S. 43). Vielmehr sprachen einige Interviewpartner die Hoffnung aus, dass das Programm dazu beitragen könnte, neue Strukturen für die Pflege von Wallhecken zu etablieren und Verwertungsmöglichkeiten für das Schnittgut zu schaffen. Diese Vorschläge machen deutlich, dass Wallhecken ähnlich wie Streuobst (WELLER, 2014) von einer Ausrichtung an dem Konzept ‚Schutz durch Nutzung‘ profitieren könnten, beispielsweise durch



*Degradierte Wallhecke, bei der die für Wallhecken typische Strauchschicht fehlt. Foto: M. Klimke*

die Schaffung regionaler Wertschöpfungsketten für die Pflege und die Verwertung des anfallenden Schnittguts bei der Wärmeerzeugung (BRINCKMANN und SANDER, 2014).

In Bezug auf die fehlende Bekanntheit und Nachfrage nach den neu eingeführten Fördermöglichkeiten für Agroforstsysteme stehen die Ergebnisse dieser Studie in Einklang mit der geringen Nachfrage nach der Ökoregelung 3 auf Bundesebene (BMEL, 2023). Auch hier besteht also Überarbeitungsbedarf, wenn diese Förderinstrumente zur Förderung der Agroforstwirtschaft in Deutschland beitragen sollen.

## Danksagung

Ich bedanke mich bei allen Interviewpartnerinnen und Interviewpartnern, die ihre Perspektive zum Thema Agroforstsysteme und Wallhecken in Ostfriesland mit mir geteilt haben. Dieser Beitrag ist im Rahmen des Projekts INTEGRA entstanden. Das Projekt INTEGRA wird durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages durch die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) aus dem Bundesprogramm „Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft“ (BÖLN) gefördert (Förderkennzeichen 2819NA071).

## Quellenverzeichnis

- BRINCKMANN, E. & SANDER, S. (2014). Abschätzung des Biomasse-Potenzials der Wallhecken im Landkreis Leer (Ostfriesland). Ergebnisse einer Literaturstudie zur historischen, ökologischen und energetischen Bedeutung der Wallhecken.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT (BMEL). (2023). Inanspruchnahme Öko-Regelungen nach vorläufigen Antragsdaten der Länder ohne Kontrollen und Plausibilitätsprüfungen. <https://www.bmel.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2023/072-gap-oekoregelungen.html> (letzter Zugriff 22.09.2023).
- BURGESS, P.J. & ROSATI, A. (2018). Advances in European agroforestry: results from the AGFORWARD project. *Agroforest Syst*, 92(4), 801–810. <https://doi.org/10.1007/s10457-018-0261-3>
- DEUTSCHER FACHVERBAND FÜR AGROFORSTWIRTSCHAFT (DeFAF). (2023). Offener Brief an die Ministerinnen und Minister, Senatorinnen und Senatoren für Landwirtschaft und Umwelt des Bundes und der Länder und die Abgeordneten der Bundestagsausschüsse „Ernährung und Landwirtschaft“ und „Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz“ vom 24.05.2023. <https://agroforst-info.de/wp-content/uploads/2023/05/Forderungen-Offener-Brief-JetztUmsetzung-von-Agroforstsystemen-voranbringen.pdf> (letzter Zugriff 23.12.2023).
- DAHL, S. (2011). Landwirtschaftliche Unternehmen oder bäuerliche Betriebe? Agrarstruktur in Niedersachsen. *Statistische Monatshefte Niedersachsen* 9, 504 – 513.
- GAPDZV. GAP-Direktzahlungen-Verordnung vom 24. Januar 2022 (BGBl. I S. 139, 2287), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 4. Dezember 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 343) geändert worden ist.
- HELFFERICH, C. (2011) Die Qualität qualitativer Daten. Manual für die Durchführung qualitativer Interviews (4. Aufl.). VS Verlag für Sozialwissenschaften. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-92076-4>
- KLIMKE, M. (2023). Gehölzstrukturen in der Agrarlandschaft für Landwirtschaft und Naturschutz – Eine sozial-ökologische Perspektive auf den Rechtsrahmen für Agroforstsysteme. In: J. Stadler (Hrsg.). *Treffpunkt Biologische Vielfalt XXI. Interdisziplinärer Forschungsaustausch im Rahmen des Übereinkommens über die biologische Vielfalt*. BfN Schriften 661, S. 87 – 89.
- KUCKARTZ, U. & RÄDIKER, S. (2022). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (5. Aufl.). Beltz Juventa.
- LITSCHEL, J., BERENDT, F., WAGNER, H., HEIDENREICH, S., BAUER, D., WELP, M. & CREMER, T. (2023). Key Actors' Perspectives on Agroforestry's Potential in North Eastern Germany. *Land*, 12(2), Article 458.
- NERLICH, K., GRAEFF-HÖNNINGER, S. & CLAUPEIN, W. (2013). Agroforestry in Europe: a review of the disappearance of traditional systems and development of modern agroforestry practices, with emphasis on experiences in Germany. *Agroforest Syst*, 87(2), 475–492. <https://doi.org/10.1007/s10457-012-9560-2>
- NIEDERSÄCHSISCHER WEG. (2020). Der Niedersächsische Weg – Maßnahmenpaket für den Natur-, Arten- und Gewässerschutz. <https://www.niedersachsen.de/niedersaechsischer-weg> (letzter Zugriff 11.01.2024).
- NNatSchG. Niedersächsisches Naturschutzgesetz vom 19. Februar 2010 (Nds. GVBl. S. 104), das zuletzt durch Artikel 5 des Gesetzes vom 12. Dezember 2023 (Nds. GVBl. S. 289, 2024 Nr. 13) geändert worden ist.
- ROIS-DÍAZ, M., LOVRIC, N., LOVRIC, M., FERREIRO-DOMÍNGUEZ, N., MOSQUERA-LOSADA, M. R., DEN HERDER, M., GRAVES, A., PALMA, J. H. N., PAULO, J. A., PISANELLI, A., SMITH, J., MORENO, G., GARCÍA, S., VARGA, A., PANTERA, A., MIRCK, J. & BURGESS, P. (2018) Farmers' reasoning behind the uptake of agroforestry practices: evidence from multiple case-studies across Europe. *Agroforest Syst*, 92, 811–828. <https://doi.org/10.1007/s10457-017-0139-9>
- SCHUPP, D. & DAHL, H. J. (1992) Wallhecken in Niedersachsen. *Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen* 5, 110–176.
- TSONKOVA, P., BÖHM, C., QUINKENSTEIN, A. & FREESE, D. (2012). Ecological benefits provided by alley cropping systems for production of woody biomass in the temperate region: a review. *Agroforest Syst*, 85(1), 133–152. <https://doi.org/10.1007/s10457-012-9494-8>
- TSONKOVA, P., MIRCK, J., BÖHM, C. & FÜTZ, B. (2018). Addressing farmer-perceptions and legal constraints to promote agroforestry in Germany. *Agroforest Syst*, 92(4), 1091–1103. <https://doi.org/10.1007/s10457-018-0228-4>
- UNSELD, R., REPPIN, N., ECKSTEIN, K., ZEHLIUS-ECKERT, W., HOFFMANN, H. & HUBER, T., (2011). *Leitfaden Agroforstsysteme: Möglichkeiten zur naturschutzgerechten Etablierung von Agroforstsystemen*. Bundesamt für Naturschutz (BfN).
- VELDKAMP, E., SCHMIDT, M., MARKWITZ, C., BEULE, L., BEUSCHEL, R., BIERTÜMPFEL, A., BISCHEL, X., DUAN, X., GERJETS, R., GÖBEL, L., GRASS, R., GUERRA, V., HEINLEIN, F., KOMAINDA, M., LANGHOF, M., LUO, J., POTTHOFF, M., VAN RAMSHORST, J.G.V., RUDOLF, C., SESERMAN, D.-M. et al. & CORRE, M.D. (2023) Multifunctionality of temperate alley-cropping agroforestry outperforms open cropland and grassland. *Commun Earth Environ*, 4, article 29. <https://doi.org/10.1038/s43247-023-00680-1>
- WELLER, F. (2014). Streuobstwiesen. In: W. Konold, R. Böcker & U. Hampicke (Eds.) *Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege*. VCH Wiley. <https://doi.org/10.1002/9783527678471.hbnl2006001>
- ZUKUNFTSKOMMISSION LANDWIRTSCHAFT (ZKL). (2021). *Zukunft Landwirtschaft. Eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe: Empfehlungen der Zukunftskommission Landwirtschaft*.

### Kontakt

Marina Klimke, M.Sc.  
Universität Freiburg  
Institut für Umweltssozialwissenschaften und Geographie  
Tennenbacherstraße 4  
79106 Freiburg  
[marina.klimke@enrlaw.uni-freiburg.de](mailto:marina.klimke@enrlaw.uni-freiburg.de)



# Potenziale von Kurzumtriebsplantagen als produktionsintegrierte Naturschutzmaßnahme zur Aufwertung der Biotopfunktion für die Tier- und Pflanzenwelt in der Agrarlandschaft

Potentials of short-rotation coppice plantations as production-integrated nature conservation measure for enhancing the habitat function for flora and fauna in agricultural landscapes

Felix Zitzmann

## Hinweis

Die Arbeit ist bereits im Repositorium der Leibniz Universität Hannover veröffentlicht. An dieser Stelle wird daher nur eine deutschsprachige Zusammenfassung der Arbeit veröffentlicht. Die vollständige Arbeit und die englische Zusammenfassung finden sich unter <https://doi.org/10.15488/14196>

*Biodiversität, Vögel, Säugetiere, Laufkäfer, Gefäßpflanzen, Biomasse, Bioenergie, Dauerkultur, Eingriffsregelung, Kompensationsmaßnahmen, Artenschutz, Agrarumweltmaßnahmen*

doi: 10.23766/NiPF.202401.04

## Zusammenfassung

Kurzumtriebsplantagen (KUP) sind landwirtschaftliche Dauerkulturen mit schnellwachsenden Gehölzen, die in kurzen Zyklen von zwei bis max. 20 Jahren geerntet werden, um deren Dendromasse energetisch oder stofflich zu nutzen. Durch die Substitution fossiler Energieträger, ihre extensive Nutzung im Vergleich zu Bioenergiekulturen der ersten Generation und die mehrjährige Bodenbedeckung können KUP einen positiven Beitrag zum Klima-, Boden- und Gewässerschutz leisten. Daneben belegen Untersuchungen zur Biodiversität besonders bei Brutvögeln und Gefäßpflanzen eine deutliche Erhöhung der Artenvielfalt (bei einer deutlichen Veränderung der Lebensgemeinschaften) im Vergleich zur konventionellen ackerbaulichen Nutzung mit einjährigen Kulturen. Aufgrund dieser vorteilhaften Effekte wurde in Deutschland eine Diskussion um die Anerkennung von KUP als produktionsintegrierte Kompensationsmaßnahme (PIK) und eine Förderung als Agrarumwelt- und Klimaschutzmaßnahme (AUKM) entfacht. Eine Anerkennung und Förderung ist jedoch – analog zu produktionsintegrierten Maßnahmen im Ackerbau oder auf Grünland – nur möglich, wenn bei der Anlage und Bewirtschaftung von KUP Maßnahmen mit dem Ziel einer naturschutzfachlichen Aufwertung der Kulturen umgesetzt werden, die über die obligatorisch zu erbringenden Mindestanforderungen der guten fachlichen Praxis (gfP) bzw. der erweiterten Konditionalität hinausgehen. Solche Maßnahmen umfassen neben dem Verzicht auf Dünge- und Pflanzenschutzmittel den Anbau verschiedener Gehölzarten (Gehölzartenmosaik), ein abschnittsweises Vorgehen bei der Ernte (Umtriebsstadienmosaik) und die Integration offener Begleitstrukturen wie Lichtungen, um die Strukturvielfalt der Plantagen und damit vor allem ihr Potenzial als Lebensraum für Tiere und Pflanzen zu erhöhen.

Zwar können KUP, auf denen diese Maßnahmen umgesetzt werden, in den Bundesländern Bayern und Thüringen als PIK anerkannt werden. Eine tatsächliche Umsetzung hat hier bisher jedoch nicht stattgefunden. In anderen Bundesländern ist eine Nutzung von KUP als PIK aktuell nicht vorgesehen und KUP-spezifische AUKM sind weder in Deutschland noch in anderen Ländern der EU verfügbar. Daher bestehen aktuell kaum Anreize für Landwirte, KUP mit entsprechenden naturschutzfachlichen Modifikationen („KUP+“) anzulegen. Folglich beschränken sich KUP+ in Deutschland momentan auf Modellflächen, die im Rahmen von Forschungsprojekten angelegt wurden. Zwar wurden auf diesen Flächen auch erste Untersuchungen zu deren naturschutzfachlichen Aufwertungspotenzialen, u. a. im Hinblick auf die Biotopfunktion, durchgeführt. Allerdings ist auf Basis dieser Studien noch keine abschließende Bewertung ihrer naturschutzfachlichen Wertigkeit und ihrer Eignung als produktionsintegrierte Naturschutzmaßnahme (PIN<sup>1</sup>) möglich, da die weitere Entwicklung hin zu erntereifen Kulturen und die Auswirkungen der Ernte – und damit wichtige Sukzessions- und Bewirtschaftungsphasen – bisher nicht berücksichtigt werden konnten. Zudem sind bislang kaum Untersuchungen zu den Aufwertungspotenzialen und Kompensationsleistungen von KUP+ im Vergleich zu herkömmlichen Naturschutzmaßnahmen erfolgt. Daher ist fraglich, welche Bedeutung KUP+ als Lebensraum für die Tier- und Pflanzenwelt im Vergleich

<sup>1</sup> „PIN“ wird im Rahmen dieser Arbeit als Überbegriff für verschiedene Typen produktionsintegrierter Naturschutzmaßnahmen verwendet und umfasst produktionsintegrierte Kompensationsmaßnahmen (PIK), Agrarumwelt- und Klimaschutzmaßnahmen (AUKM) sowie (produktionsintegrierte) artenschutzrechtliche Maßnahmen (ASRM).



zu anderen Naturschutzmaßnahmen aufweisen, mit denen sie in Konkurrenz um eine Anerkennung und Förderung stehen und an deren Aufwertungspotenzialen sie sich dementsprechend messen lassen müssen. Um eine Bewertung der Eignung und Qualität von KUP+ als PIN vornehmen zu können, sind daher weitere Untersuchungen erforderlich, die sowohl das Aufwertungspotenzial einzelner Maßnahmen innerhalb von KUP+ als auch die Aufwertungsleistungen von KUP+ im Vergleich zu herkömmlichen Naturschutzmaßnahmen berücksichtigen.

Ziel der Arbeit war es daher am Beispiel der Artengruppen Gefäßpflanzen, Groß- und Mittelsäuger, Vögel und Laufkäfer die Bedeutung von KUP+ als Lebensraum für die Tier- und Pflanzenwelt zu evaluieren und deren Potenziale für einen Einsatz als PIN zur Aufwertung der Biotopfunktion zu überprüfen. Dabei wurden folgende Forschungsfragen untersucht:

- I. Bewirken die naturschutzfachlichen Maßnahmen auf KUP+ für die betrachteten Artengruppen bzw. bestimmte naturschutzfachlich bedeutsame Arten eine Aufwertung der Biotopfunktion im Vergleich zum konventionellen Anbau von KUP?
- II. Welche Biotopfunktion und -qualität weisen KUP+ für die betrachteten Artengruppen bzw. bestimmte naturschutzfachlich

bedeutsame Arten im Vergleich zu anderen Lebensräumen bzw. Naturschutzmaßnahmen auf und wie ist ihr Potenzial zur Aufwertung der Biotopfunktion im Vergleich zu anderen Naturschutzmaßnahmen zu bewerten?

- III. Erfüllen KUP+ die an unterschiedliche Typen von PIN (ASRM, PIK und AUKM) gestellten Anforderungen und für welche Arten und Lebensgemeinschaften könnten KUP+ aufgrund ihrer Biotopfunktion und -qualität als PIN eingesetzt werden?

Um zu ermitteln, welche Funktionen und Qualitäten KUP+ als Lebensraum für die betrachteten Artengruppen aufweisen, wurden freilandökologische Untersuchungen auf drei KUP+-Modellflächen im Landkreis Emsland durchgeführt (Abb. 1). Gleichzeitig erfolgten Erfassungen in verschiedenen Referenzlebensräumen wie Laubwald-Aufforstungen, Hecken, Feldgehölzen und Feldrainen, also Biotoptypen, die regelmäßig im Rahmen von Naturschutzmaßnahmen angelegt werden. Parallel dazu wurde eine Literaturrecherche zu bisherigen Biodiversitäts-Untersuchungen auf konventionellen KUP durchgeführt. Die Auswertung dieser Publikationen liefert wichtige Erkenntnisse zum Lebensraumpotenzial unterschiedlicher Anbauvarianten (z. B. angebaute Gehölzart, Umtriebszeiten), Alters- (Zeit seit der Flächenetablierung)



Abbildung 1: Mosaik von Beständen verschiedener Gehölzarten und Umtriebsstadien auf einer der untersuchten KUP+-Modellflächen.  
Foto: F. Zitzmann, 12. Juli 2019.

und Umtriebsphasen (Aufwuchsstadien innerhalb eines Bewirtschaftungszyklus) von konventionellen KUP. Diese lassen sich auch auf KUP+ bzw. auf die einzelnen Bestandteile eines Gehölzarten- und Umtriebsstadienmosaiks innerhalb von KUP+ übertragen und stellen daher eine unverzichtbare Grundlage für eine umfassende Bewertung der Biotopfunktion und -qualität von KUP+ dar. Die Ergebnisse der freilandökologischen Untersuchungen wurden mit dem Wissensstand der recherchierten Literatur verknüpft und es erfolgte eine Einordnung und Bewertung der Biotopfunktion und -qualität von KUP+ im Vergleich zum konventionellen KUP-Anbau (Forschungsfrage I) und im Vergleich zu anderen Lebensräumen bzw. Naturschutzmaßnahmen (Forschungsfrage II). Ergänzt wurden diese Arbeitsschritte durch eine Literaturrecherche zu den Anforderungen an die drei im Rahmen dieser Arbeit betrachteten Typen von PIN. Anhand der ermittelten Anforderungen an diese Maßnahmentypen und der Biotopfunktionen und -qualitäten von KUP+ wurde überprüft, welche Potenziale für einen Einsatz von KUP+ als ASRM, PIK oder AUKM bestehen (Forschungsfrage III).

Die freilandökologischen Untersuchungen auf KUP+ bestätigen in Verbindung mit der Literaturstudie, dass sich die Biotopfunktion und -qualität von konventionellen KUP mithilfe strukturbereichernder Maßnahmen (kleinteiliges Gehölzarten- und Umtriebsstadienmosaik, Integration offener Begleitstrukturen) deutlich aufwerten lässt. Trotz dieser Maßnahmen stellen KUP+ aber hauptsächlich Lebensräume für häufige und weit verbreitete Generalisten dar, während stärker spezialisierte und/oder gefährdete Arten – und damit aus Natur- und Artenschutzsicht wertgebende Zielarten – fehlen bzw. nur vereinzelt und/oder temporär auftreten. Das Aufwertungspotenzial für naturschutzfachlich wertgebende Arten beschränkt sich vornehmlich auf einzelne bundesweit oder regional gefährdete Ökotonbewohner, also auf Arten, die von einem kleinräumigen Wechsel offener und gehölzgeprägter Bereiche innerhalb der Plantagen profitieren. Im Vergleich mit anderen Naturschutzmaßnahmen sind die Aufwertungspotenziale von KUP+ für die meisten dieser Arten jedoch geringer. Die Lebensgemeinschaften von KUP+ bestehen aufgrund des Struktureichtums der Plantagen aus einer vielfältigen Kombination von Arten verschiedener Stammlbensräume und unterscheiden sich deutlich von anderen Biotoptypen der Agrarlandschaft. KUP+ stellen somit neuartige Lebensräume mit eigenen, von Generalisten dominierten Lebensgemeinschaften dar, die die spezifischen Funktionen anderer Lebensräume nur eingeschränkt erfüllen und im Vergleich mit anderen Naturschutzmaßnahmen in der Agrarlandschaft (wie Brachen, mehrjährige Blühstreifen, Extensivierungsmaßnahmen für Äcker oder Grünländer) deutlich geringere Potenziale zur Förderung anspruchsvoller, gefährdeter Arten aufweisen. Lediglich für den in einigen Bundesländern stark gefährdeten Baumpieper (*Anthus trivialis*), der auf KUP+ ähnlich hohe Siedlungsdichten wie in anderen Optimalhabitaten erreicht, bieten KUP+ vergleichbar hohe Aufwertungspotenziale. Der bundesweit gefährdete Feldhase (*Lepus europaeus*) dürfte zwar ebenfalls von der Anlage von KUP+ profitieren. Für diese Art sind aber weitere Untersuchungen erforderlich, da noch unklar ist, wie die artspezifische Habitatqualität im Vergleich mit anderen Naturschutzmaßnahmen zu bewerten ist und ob KUP+ für diese Art eine günstige Alternative zu anderen Maßnahmen darstellt.

Die Potenziale für einen Einsatz von KUP+ als ASRM und PIK sind aufgrund der hohen Anforderungen an diese Maßnahmentypen und der eher unspezifischen Aufwertungsleistungen von KUP+ deutlich eingeschränkt. Der Hauptgrund hierfür ist, dass KUP+ bei Eingriffen in andere Biotoptypen oder in Habitate planungsrelevanter Arten (i. d. R. spezialisierte, seltene und/oder gefährdete Arten) in den meisten Fällen nicht in der Lage sind, deren spezifische Biotopfunktionen und -qualitäten gleichartig oder gleichwertig zu kompensieren oder für artenschutzrechtlich relevante Arten die benötigten Habitatstrukturen und -qualitäten herzustellen. Ein Einsatz von KUP+ als PIK oder ASRM ist daher nur in folgenden Fallkonstellationen potenziell möglich: (i) Als produktionsintegrierte Ausgleichsmaßnahme bei Eingriffen in konventionelle KUP, wobei solche Fälle aufgrund der geringen KUP-Anbaufläche in Deutschland aktuell sehr unwahrscheinlich sind. (ii) Als produktionsintegrierte Ersatzmaßnahme bei Eingriffen in floristisch und faunistisch verarmte Ackerflächen ohne jegliche Vorkommen planungsrelevanter Arten und (iii) als ASRM für den Baumpieper. Auch wenn ein Einsatz als produktionsintegrierte Ersatzmaßnahme oder als ASRM in den genannten Fällen möglich ist, stellen KUP+ weder im Hinblick auf die Anforderungen an Ersatzmaßnahmen noch aus Natur- und Artenschutzsicht eine bevorzugte Lösung dar. PIK im Ackerbau oder auf Grünland orientieren sich bei solchen Eingriffssituationen (Eingriffe in Offenlebensräume) funktional wesentlich enger an den konkreten Eingriffsfolgen als KUP+. Zudem fördern diese Maßnahmen, im Gegensatz zu KUP+, gezielt gefährdete Arten der offenen Agrarlandschaft. Auch bei einem Einsatz als ASRM für den Baumpieper ist zu beachten, dass KUP+ trotz einer artspezifisch hohen Habitatqualität nicht unmittelbar die bestmögliche Lösung darstellt, da neben dem Baumpieper hauptsächlich Generalisten profitieren. Daher wäre es deutlich günstiger, andere, artspezifisch ebenso wirksame Maßnahmen umzusetzen, die neben dem Baumpieper auch weitere gefährdete Arten fördern. Vor einem Einsatz von KUP+ als PIK oder ASRM ist daher stets zu prüfen, ob die geforderten (Kompensations-) Leistungen auch durch andere Maßnahmen erbracht werden können, die zusätzlich höhere Aufwertungseffekte für weitere Zielarten des Naturschutzes mit sich bringen und damit einen höheren Beitrag zum Erhalt und zur Förderung der Biodiversität leisten. In den meisten Fällen dürften deutlich höherwertige Alternativen bestehen und KUP+ für einen tatsächlichen Einsatz als PIK oder ASRM ausscheiden.

Eine Nutzung von KUP+ als AUKM ist aufgrund der eher unspezifischen Anforderungen an diesen Maßnahmentyp hingegen grundsätzlich möglich. Im Falle eines Einsatzes von KUP+ als AUKM sollten strenge Fördervoraussetzungen definiert werden, die u. a. Vorgaben zu Förderkulissen, Ausgangszustand der Maßnahmenfläche und Beteiligung der zuständigen Naturschutzbehörden bei der Standortwahl machen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass KUP+ trotz einer für eine landwirtschaftliche Kultur relativ hohen Artenvielfalt vornehmlich Generalisten fördern, also anpassungsfähige Arten, die auch von anderen Maßnahmen für Zielarten des Naturschutzes mitprofitieren und für die daher eigentlich keine spezifischen Maßnahmen erforderlich sind. Die Aufwertungsleistungen von KUP+ beschränken sich daher vornehmlich auf nachrangige Ziele des Arten- und Biodiversitätsschutzes. Ein Einsatz



von KUP+ bzw. einzelner KUP-spezifischer Maßnahmen als AUKM würde sich daher vor allem dann anbieten, wenn die umgesetzten Maßnahmen mit geringen Kosten verbunden sind. Kostengünstig dürften diese vor allem dann sein, wenn der KUP-Anbau in Deutschland deutlich zunimmt und KUP – anders als aktuell – eine weit verbreitete Landnutzung darstellen. Dann wäre zudem mit großflächigen, monotonen, deutlich intensiver genutzten Plantagen zu rechnen, deren Lebensraumpotenziale wesentlich geringer wären als in der aktuellen Anbausituation. Aus Naturschutzsicht bestünde bei einer solchen Entwicklung ein erheblicher Bedarf zur räumlichen Steuerung des KUP-Anbaus und zur Förderung von Aufwertungsmaßnahmen innerhalb der Plantagen, um eine Nutzung im Einklang mit dem Naturschutz zu gewährleisten. In dieser Situation wären Förderungen mittels AUKM ein geeignetes Instrument, um größtmögliche Synergien mit dem Naturschutz zu erzielen und Konflikte mit anderen Arten- und Naturschutzzielen zu minimieren.

Neben ihren eher unspezifischen Aufwertungsleistungen für die Biodiversität bestehen weitere Gründe, die einer Nutzung von KUP+ als PIN entgegenstehen oder die Potenziale für einen tatsächlichen Einsatz deutlich einschränken. Anders als herkömmliche PIN, die mit vorhandener Technik in bestehende Kulturen (Acker, Grünland) integriert und somit von einer Vielzahl landwirtschaftlicher Betriebe umgesetzt werden können, müssen KUP+ neu angelegt werden, wofür ein Großteil der Betriebe aktuell weder die nötige Erfahrung noch die erforderliche Technik besitzt. Darüber hinaus sind KUP+ als Dauerkulturen mit hohen Etablierungskosten verbunden und es besteht eine Flächenbindung für mehrere Jahrzehnte. Viele PIN im Ackerbau oder auf Grünland sind daher – zusätzlich zu ihren höheren Aufwertungspotenzialen für gefährdete Arten der Agrarlandschaft – deutlich vielfältiger und flexibler einsetzbar: Sie erreichen ihre volle Wirksamkeit meist schneller (oft bereits im Jahr ihrer Umsetzung) als KUP+, sind nicht mit hohen Etablierungskosten verbunden und können jederzeit (nach Ablauf einer Förderperiode oder Beendigung eines Eingriffes) wieder aufgegeben werden.

Insgesamt stellen andere (produktionsintegrierte) Maßnahmen für KUP+ eine erhebliche Konkurrenz um eine Anerkennung und Förderung als Naturschutzmaßnahme dar, da sich mit ihnen spezifischere Aufwertungsleistungen für gefährdete Arten erzielen lassen, sie somit einen größeren Beitrag zum Erhalt der Biodiversität leisten und sie daher weitaus dringlicher gefördert und umgesetzt werden müssen, um den Rückgang der Artenvielfalt in der Agrarlandschaft zu stoppen. Als vergleichsweise nachhaltige Landnutzungsform mit geringen Inputs und von anderen Lebensräumen der Agrarlandschaft abweichenden Habitatsigenschaften und Zönosen können KUP+ aber zumindest einen Beitrag zur Förderung der allgemeinen Biodiversität in ausgeräumten Agrarlandschaften leisten, der umso größer ist, wenn einige der im Rahmen dieser Arbeit betrachteten Aufwertungsmaßnahmen umgesetzt werden. Sollte der KUP-Anbau in Zukunft deutlich zunehmen und eine Förderung von KUP+ bzw. bestimmter KUP-spezifischer Maßnahmen (insbesondere als AUKM) angestrebt werden, besteht vor allem hinsichtlich folgender Punkte erheblicher Forschungs- und Handlungsbedarf:

- Identifikation von Flächen, auf denen durch KUP+ größtmögliche Synergien mit Arten- und Naturschutzzielen erzielt werden können und die als Förderkulissen für KUP+ als AUKM dienen.
- Festlegung von Bewirtschaftungsstandards und einer gP für konventionelle KUP, damit eindeutig definiert ist, welche Leistungen obligatorisch und ohne Anspruch auf Vergütung erbracht werden müssen und welche Maßnahmen darüber hinausgehen und als Zusatzleistungen förderfähig sind.
- Entwicklung genauer naturschutzfachlicher Vorgaben für KUP-spezifische Aufwertungsmaßnahmen, die als AUKM angeboten werden sollen und daher im Rahmen von Förderrichtlinien standardisiert werden müssen.
- Berechnung der Kosten für KUP-spezifische Aufwertungsmaßnahmen und Überprüfung, ob Kosten und Aufwertungsleistungen (auch im Vergleich zu anderen Naturschutzmaßnahmen) in einem günstigen Verhältnis stehen und eine Förderung aus ökonomischer und ökologischer Sicht vertretbar ist.

## Kontakt

Dr. Felix Zitzmann  
Institut für Umweltplanung  
AG Naturschutz und Landschaftsökologie  
Leibniz Universität Hannover  
Herrenhäuser Str. 2  
30419 Hannover  
zitzmann@umwelt.uni-hannover.de





Antonia Gnielka

## Die Resilienz von Biotopverbundsystemen in der niedersächsischen Landschaftsrahmenplanung unter Klimawandelaspekten – ein GIS-gestütztes Modell am Beispiel des Landschaftsrahmenplan Nienburg/Weser



Biotopverbundsysteme in der Landschaftsrahmenplanung. Foto: Antonia Gnielka

### 1. In einfachen Worten: Womit beschäftigst du dich in deiner Arbeit?

Meine Arbeit handelt von den Auswirkungen des Klimawandels und den Veränderungen auf die Lebensräume der Arten. Diese müssen heute und zukünftig wandern und sich ausbreiten können. Dazu muss die Landschaft durchlässig und passende Lebensräume vorhanden sein. Doch wie sieht es in 50 Jahren bei uns aus? Wie verändert der Klimawandel all das? Und sind zukünftig überhaupt noch passende und zusammenhängende Lebensräume vorhanden? In meiner Arbeit habe ich eine Modellierungsmethode entwickelt, die versucht auf diese Fragen Antworten zu geben.

### 2. Was fasziniert dich an der wissenschaftlichen Forschung zu Naturschutz-, Planungs- und Umweltschutzthemen?

Es wurde schon so viel geforscht und trotzdem gibt es nach mehreren Jahrhunderten immer noch Neues, das entdeckt werden will. Immer neue Probleme, die gelöst werden müssen. Es gibt nichts faszinierenderes und komplexeres als die Natur selbst.

### 3. Was hat dich in deiner Arbeit am meisten überrascht?

Natürlich waren mir die Auswirkungen des Klimawandels bewusst, aber in meiner Arbeit bezogen sich diese auf ein konkretes Gebiet. Die sichtbaren Auswirkungen des Klimawandels dort zu sehen, hat mich nicht nur überrascht, sondern auch schockiert. Bei erster Betrachtung der Ergebnisse habe ich jegliche Hoffnung auf eine Zukunft verloren. Mittlerweile bin ich mir aber sicher, dass es doch eine Hoffnung gibt. Denn die Ergebnisse zeigen auch, dass jede Maßnahme, oder sogar alles, was jeder Einzelne tut, eine Wirkung haben kann.

### 4. Welche Denkanstöße und Empfehlungen möchtest du Praktikerinnen und Praktikern oder Politikerinnen und Politikern mit auf den Weg geben?

Grundsätzlich kann keiner mehr leugnen, dass es die Klimakrise gibt und dass sich zukünftig vieles in unserer Umwelt ändern wird. Deshalb müssen wir uns nicht die Frage stellen: „Müssen wir etwas tun?“ sondern „Was können wir tun?“. Es ist keinesfalls so, dass alle Hoffnung verloren ist und wir nichts ändern können. Wir müssen **jetzt** handeln, um die Folgen jetzt und zukünftig abzumildern.

# Die Resilienz von Biotopverbundsystemen in der niedersächsischen Landschaftsrahmenplanung unter Klimawandelaspekten – ein GIS-gestütztes Modell am Beispiel des Landschaftsrahmenplan Nienburg/Weser

The resilience of biotope network systems in Lower Saxony's landscape framework planning under climate change aspects – a GIS-supported model using the example of the landscape framework plan Nienburg/Weser

Antonia Gnielka

## Zusammenfassung

Als Folge des Klimawandels werden sich Arten durch u. a. Arealverschiebungen räumlich anpassen müssen. Dies kann nur durch einen durchgehenden Biotopverbund gewährleistet werden, der somit eine wichtige Anpassungsstrategie darstellt. Daher wird eine Methode zur Überprüfung der Klimaresilienz der Biotopverbundplanungen benötigt. Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein GIS-Modell entwickelt, das anhand der RCP 4.5 und RCP 8.5-Szenarien des IPPC-Sachstandsberichts die Klimaresilienz der Planungen für Feuchtlebensräume analysiert. Die Ergebnisse für die Planungen des Landschaftsrahmenplan Nienburg/Weser zeigen, dass diese unter dem RCP 8.5 Szenario nicht als klimaresilient anzusehen sind. Das Modell ist eine Handreichung für die Unteren Naturschutzbehörden, um die Resilienz der Biotopverbundplanungen zu überprüfen.

*Klimawandel, Biotopverbund, GIS-Modell, Landschaftsrahmenplanung*

## Abstract

As a result of climate change, species will have to adapt spatially by shifting their ranges. This can only be ensured by a continuous biotope network, which therefore represents an important adaptation strategy. Therefore, a method for evaluating the climate resilience of biotope network planning is required. As part of this work, a GIS model was developed that uses the RCP 4.5 and RCP 8.5 scenarios of the IPPC status report to analyze the climate resilience of plans for wetland habitats. The results for the plans of the Nienburg/Weser landscape framework plan show that they cannot be considered climate resilient under the RCP 8.5 scenario. The model is an aid for the lower nature conservation authorities to check the resilience of biotope network planning.

*climate change, biotope network, GIS-model, landscape framework planning*

*doi: 10.23766/NiPF.202401.05*

## Einleitung

Der Landschaftsrahmenplan (LRP) stellt den zentralen Fachplan des Naturschutzes in Niedersachsen dar. Neben der zielorientierten Erfassung und Bewertung der Schutzgüter ist die Biotopverbundplanung ein zentraler Inhalt des LRP (NMU, 2016). Im Jahr 2002 wurde der Biotopverbund im Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) verankert. Viele der niedersächsischen LRP sind vor dieser Zeit entstanden (JEDICKE, 2015, NLWKN, 2023). Die Idee des Biotopverbundes begründet sich auf Konzepten der Populationsökologie wie dem Metapopulationskonzept (HÄNEL, 2007). Das Biotopverbund-Konzept stellt ein zentrales Instrument zur Erhaltung der Biodiversität gemäß BNatSchG dar (JEDICKE, 2015).

Unter Berücksichtigung des Klimawandels als Bedrohung für die Biodiversität erhöht sich die große Bedeutung des Biotopverbundes (ESSL & RABITSCH, 2013). Die aktuellen klimatischen Veränderungen werden, neben der unmittelbaren Zerstörung und Zerschneidung von Lebensräumen, als Hauptbedrohung für die Biodiversität Deutschlands angesehen (HEILAND et al., 2017). Besonders im Hinblick auf die bereits nachgewiesenen Arealverschiebungen der Arten wird der Biotopverbund als wichtige Anpassungsstrategie des Naturschutzes genannt (REICH et al., 2012).

Feuchtlebensräume werden insbesondere durch den Klimawandel beeinflusst, da diese unmittelbar durch die klimatischen Bedingungen geprägt werden. Gleichzeitig haben Feuchtlebensräume



eine besondere Bedeutung für Klima- und Naturschutz aufgrund ihrer Umweltbedingungen und Lebensraumfunktionen für seltene und spezialisierte Arten (ESSL & RABITSCH, 2013, HEILAND et al., 2017), welche insbesondere auf einen funktionierenden Biotopverbund angewiesen sind (REICH et al., 2012).

Ziel der hier vorgestellten Bachelorarbeit war die Konzeption einer GIS-Modellierungsmethode zur Prüfung der Klimaresilienz der in den LRP geplanten Biotopverbundflächen der Feuchtlebensräume am Beispiel des LRP Nienburg/Weser. Die methodischen Bausteine und Ergebnisse werden folgend beleuchtet.

## Methode

Die Methode teilt sich in fünf Phasen. Zur Umsetzung und Erprobung wurde das Programm ArcGIS Pro der Firma Esri verwendet. Im Folgenden werden die Datengrundlagen sowie das Vorgehen je Phase erläutert.

### Datengrundlagen

Zur Beschreibung der zu erwartenden klimatischen Verhältnisse wurden Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) zu Niederschlag, Temperatur und Sonnenscheindauer von 1971 bis 2000 in Kombination mit dem Klimaausblick des Climate Service Center Germany (PFEIFER et al., 2021) genutzt. Dieser Klimaausblick fasst je RCP-Szenario die Änderungen der Kenngrößen auf Basis verschiedener Modelle als Minimum, Median und Maximum der Zeiträume 2036 bis 2065 und 2069 bis 2098 zusammen. Für die hier vorgestellte Methode wurde der Zeitraum 2069 bis 2098 verwendet. Zusätzlich lagen die Daten der Biotoptypenkartierung und der Biotopverbundplanung des LRP Nienburg/Weser, ein Digitales Geländemodell sowie die nutzbare Feldkapazität des effektiven Wurzelraumes (nFK) vor (LK NI, 2023, LBEG, 2023, LGLN, 2023).

### Phase 1 – Klimaprojektionen

Die Niederschlags- und Temperaturdaten wurden mit den Angaben des Klimaausblicks für den Landkreis kombiniert, um die zukünftige klimatische Situation anhand von zwei Szenarien entsprechend der Representative Concentration Pathways (RCP) des IPCC zu modellieren. Da Feuchtlebensräume von der Wasserverfügbarkeit abhängig sind, wurden die maximale Temperaturerhöhung mit der minimalen Niederschlagsenerhöhung für die RCP 8.5 und RCP 4.5 Szenarien kombiniert und als „Worst-Case-Szenarien“ untersucht. Damit zeigt das Ergebnis der Analyse je RCP-Szenario den im schlimmsten Falle möglichen Zustand, welcher durch die klimatischen Veränderungen eintreten kann.

### Phase 2 – Trockenstresseinschätzung

Die Verdunstung wurde entsprechend der DIN 19685 (1997) berechnet. Ausgehend von dieser ließ sich die klimatische Wasserbilanz (KWB) abschätzen (BUG et al., 2020). Die KWB wurde zur Einschätzung des Wasserangebots des Landkreises verwendet und diente so als Indikator für potenzielle Trockenheit (AUGUSTIN & BRAUN, 2016). Anschließend wurden die Daten der Monate April bis September zu der KWB der Vegetationsperiode aufsummiert. Die restlichen Monatsdaten ergaben in Summe die KWB der Vegetationsruhe. Der Zeitraum der Vegetationsperiode wurde Bug et al. (2020) entnommen.

Basierend auf der KWB der Vegetationsruhe und der nFK wurde im Anschluss das pflanzenverfügbare Bodenwasserangebot zu Vegetationsbeginn nach WAGNER et al. (2019) berechnet. Das Wasserangebot des Bodens bildet die Grundlage für die Standortwasserbilanz (SWB). Die SWB wird verwendet, um u. a. das zukünftige Trockenstressrisiko unter Klimawandelfolgen zu beurteilen. Gebildet wird die SWB in mm als Summe aus der KWB der Vegetationsperiode und der nFK (SPELLMANN et al., 2011). Abgewandelt wurde die SWB hier als Summe aus Bodenwasserangebot und KWB der Vegetationsperiode gebildet und wie in Tabelle 1 dargestellt klassifiziert.

Farbliche Darstellung	SWB	Trockenstressrisiko
	< -150	Hohes Risiko
	-150 bis < -100	Erhöhtes Risiko
	-100 bis < 0	Mittleres Risiko
	Ab 0	Geringes Risiko

Tabelle 1: Klassifikation der SWB in Anlehnung an Spellmann et al. (2011).

### Phase 3 – Risiko des Funktionsverlustes

Um das Risiko des Funktionsverlustes durch Trockenstress zu ermitteln, wurde die Empfindlichkeit der Biotoptypen gegenüber Veränderungen im Wasserhaushalt nach RASPER (2004 in Drachenfels, 2012) verwendet. In Verbindung mit dem Trockenstressrisiko wurde das Risiko des Funktionsverlustes der Biotoptypen anhand folgender Bewertungsmatrix beurteilt (vgl. Abbildung 1).

### Phase 4 – Flächen der Biotopverbundplanungen ohne Funktionsverlust

In Phase 4 wurden die Risikostufen des Funktionsverlustes aus Phase 3 mit den Biotopverbundplanungen des Landkreises zusammengeführt. Dadurch ergab sich je Szenario ein Datensatz mit der Übersicht über die Risikostufenverteilung der gesamten Planung. Anschließend wurden die verbleibenden Flächen anhand folgen-

	Sehr hohe Empfindlichkeit +++; ++h; G	Hohe Empfindlichkeit ++	Mittlere Empfindlichkeit +	Geringe Empfindlichkeit (+); -
Hohes Risiko	Sehr hohes Risiko	Sehr hohes Risiko	Hohes Risiko	Mittleres Risiko
Erhöhtes Risiko	Sehr hohes Risiko	Hohes Risiko	Mittleres Risiko	Geringes Risiko
Mittleres Risiko	Hohes Risiko	Mittleres Risiko	Geringes Risiko	Geringes Risiko
Geringes Risiko	Geringes Risiko	Geringes Risiko	Geringes Risiko	Geringes Risiko

Abbildung 1: Bewertungsmatrix zur Beurteilung des Risikos des Funktionsverlustes aus der Verschneidung von Trockenstressrisiko (rechts) und der Empfindlichkeit gegenüber Wasserstandsabsenkung nach Rasper (2004 in Drachenfels 2012) (oben).



der Attribute ausgewählt: Die Biotopverbundfunktion ist gleich „Kernfläche“ und das Risiko des Funktionsverlustes ist gleich „geringes Risiko“. Diese Auswahl ergab den Ausgangspunkt für die Analyse mittels HABITAT-NET in Phase 5. Die Flächen werden als verbleibende Lebensraumflächen angenommen.

### Phase 5 – Bildung von Lebensraumnetzwerken nach Hänel (2007)

Der Algorithmus HABITAT-NET bildet anhand von gestuften Pufferfolgen Funktions- und Verbindungsräume, die als Suchräume für die Vernetzung dienen (FUCHS et al., 2010). Bei der Bildung von Biotopverbundsystemen stellt diese Methode den in der Praxis verwendeten Standard dar. Dieser Algorithmus prüft so die Connectivity, d. h. die Vernetzbarkeit der Flächen (Habitats in erreichbarer Distanz), und nicht die Connectedness, d. h. die direkte räumliche Verbundenheit (FUCHS et al., 2010). Die Funktionsweise des Algorithmus ist in HÄNEL (2007) beschrieben. Auf Grundlage der verbleibenden Flächen aus Phase 4 wurden folgende Pufferfolgen erstellt: 100 m, 250 m, 500 m. Abschließend erfolgte ein Abgleich der Funktionsräume mit den ursprünglichen Planungen sowie eine argumentative Abwägung der Klimaresilienz.

## Ergebnisse

Folgend werden die Ergebnisse der Methode am Beispiel des Landkreises Nienburg/Weser dargestellt. Kartografische Darstellungen beschränken sich dabei auf das Gebiet des Naturschutzgebietes Uchter Moor. Der im Südwesten des Landkreises gelegene 3 ha große Hochmoorkomplex stellt einen bedeutenden Feuchtlebensraum im Landkreis und eine Kernfläche des Biotopverbundes dar (NLWKN 2022, NLWKN 2018, LK NI 2020).

### Phase 1

In Phase 1 zeigen sich die schon zu vermutenden Klimaänderungen sehr deutlich. Nicht nur die Jahresdurchschnittstemperatur erhöht sich im Falle aller Szenarien, sondern auch die mittlere Temperatur der Monate. Zudem zeigen alle Szenarien eine Abnahme der Niederschlagsmenge. Besonders in den Sommermonaten ist eine drastische Abnahme des Niederschlags zu beobachten (vgl. Tabelle 2).

### Phase 2

Diese Werte wirken entsprechend auf die KWB. Allgemein ist mit zunehmender Intensität der Klimaänderungen eine Verringerung der KWB zu beobachten (vgl. Tabelle 3).

	Temperatur 01.10. bis 31.03.	Temperatur 01.04. bis 30.09.	Niederschlag 01.10. bis 31.03.	Niederschlag 01.04. bis 30.09.
Referenz	4,3 °C	14,3 °C	321 mm	353 mm
RCP 4.5	7,4 °C	17,6 °C	310 mm	328 mm
RCP 8.5	9,1 °C	19,8 °C	293 mm	237 mm

Tabelle 2: Veränderung der Durchschnittstemperatur und Niederschlags-summe für die angegebenen Zeiträume von Vegetationsruhe (01.10. – 31.03.) und Vegetationsperiode (01.04. – 30.09.) für den Zeitraum 2069 bis 2098 je Szenario in Relation zur Referenzperiode 1971 bis 2000.

	KWB der Vegetationsperiode	KWB der Vegetationsruhe
Referenz	-92 mm	203 mm
RCP 4.5	-144 mm	180 mm
RCP 8.5	-256 mm	157 mm

Tabelle 3: Gegenüberstellung der KWB der Referenzperiode (1971 bis 2000) mit den Werten der Szenarien (2069 bis 2098).

Anschließend wird das Trockenstressrisiko mittels der SWB beurteilt. Dabei zeigt sich die Zunahme des Trockenstressrisikos mit Zunahme der Intensität der Szenarien. Unter dem Szenario RCP 4.5 sind 49,9 % der Landkreisfläche dem „geringen Trockenstressrisiko“, unter dem Szenario RCP 8.5 sind 0 % dieser Risikostufe zuzuordnen. Der Anteil des „hohen Trockenstressrisikos“ steigt von 0,7 % (RCP 4.5) auf 18,1 % (RCP 8.5) der Landkreisfläche an.

### Phase 3

Nach der Zusammenführung der Empfindlichkeiten und des Trockenstressrisikos wird das Risiko des Funktionsverlustes durch Anwendung der Bewertungsmatrix vergeben. Dabei ergibt sich als Vergleichswert folgende Flächenbilanzierung der Referenzperiode: 98,6 % unterliegen einem „geringen Risiko“ des Funktionsverlustes. Das RCP 4.5 Szenario zeigt eine Abnahme des Anteils des „geringen Risikos“ auf 96,3 % (vgl. Abbildung 2). Diese Abnahme des Flächenanteils des „geringen Risikos“ ist am deutlichsten beim Szenario RCP 8.5 zu beobachten. Dieser sinkt auf 74,5 %. Das „hohe Risiko“ weist einen Flächenanteil von 3,3 % auf, das „sehr hohe Risiko“ einen Anteil von 3,9 %. Damit handelt es sich bei dem „sehr hohen Risiko“ in Relation zur Referenzperiode um einen Anstieg von 3,6 % und somit eine Verzehnfachung des Anteils von ca. 500 ha auf ca. 5.500 ha.

### Phase 4

Bezogen auf die Biotopverbundplanungen ist auffällig, dass die hohen Risikostufen des Funktionsverlustes in allen Fällen deutlich auf den Flächen der Planungen konzentriert sind. In dieser Phase



Abbildung 2: Gegenüberstellung des Flächenanteils der Risikostufen des Risikos des Funktionsverlustes aus Analysephase 4 für die Szenarien RCP 4.5 und RCP 8.5 im Landkreis Nienburg/Weser.

erfolgt die Auswahl der „verbleibenden Flächen“ als Ausgangsflächen für die Phase 5. Die ursprüngliche Fläche der Kernflächen des Biotopverbunds beläuft sich auf 5.550 ha. Das Szenario RCP 4.5 zeigt eine Abnahme dieser Fläche um 41,27 %, das Szenario RCP 8.5 sogar um 97,01 %. Dadurch bleiben beim Szenario RCP 8.5 lediglich knapp 3 % der ursprünglichen Fläche bzw. 166 ha als Grundlage für Phase 5 übrig. Im Falle des NSG Uchter Moor verringert sich die Fläche sogar um 99,9 % (RCP 8.5) (vgl. Abbildung 3).

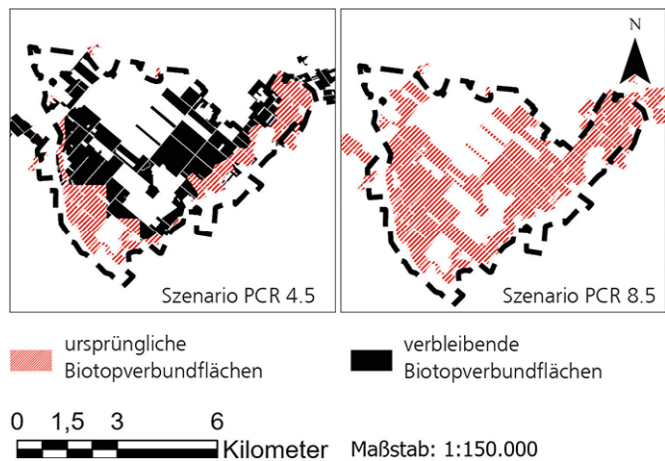


Abbildung 3: Reduktion der Fläche des Biotopverbund im NSG Uchter Moor als Ergebnis der Analysephase 4, Maßstab (im Original) 1:150.000. Die ursprüngliche Biotopverbundfläche ergibt sich aus den Planungen des LRP (Stand 2020). Die Reduktion bezieht sich auf den Berechnungszeitraum 2069 bis 2098.

### Phase 5

Bei der Betrachtung der Ergebnisse der Phase 5 zeigt sich, dass beim RCP 4.5 Szenario die Funktionsräume der Distanz 500 m bereits einen Großteil der Flächen des Biotopverbundes abdecken (vgl. Abbildung 4). Dadurch lässt sich argumentativ die Klimaresilienz der Planungen unter diesem Szenario begründen. Beim Szenario RCP 8.5 ist dies nicht der Fall. Der Großteil der Flächen ist zwar beim Vergleich mit den Planungen der Funktion „vollständig erfüllt“ zuzuordnen, allerdings handelt es sich dabei nur um ein Zehntel der in den Biotopverbundplanungen für diese Biotopverbundfunktion vorgesehenen Fläche.

### Ergebniszusammenfassung

Es zeigt sich bereits in Phase 2, dass sich der Wasserhaushalt stark verändert und somit das Trockenstressrisiko zunimmt. Da besonders die Feuchtlebensräume dahingehend eine höhere Vulnerabilität aufweisen, zeigt sich hier ein „erhöhtes Risiko des Funktionsverlustes“. Dennoch zeigt die Analyse, dass beim Szenario RCP 4.5 die verbleibenden Kernflächen des Biotopverbundes in ihrer Habitatgröße und Lage zueinander bis zu der Distanzklasse 500 m vernetzt bleiben. Daher sind für dieses Szenario die Planungen als klimaresilient anzusehen. Für das Szenario RCP 8.5 zeigt die Analyse der Connectivity in Phase 5, dass die verbleibenden Flächen kaum miteinander vernetzt sind. Die Planungen sind unter diesem Szenario nicht als klimaresilient anzusehen. Allerdings stellt dieses Szenario die maximal möglichen Klimaänderungen dar.

### Resümee

Die vorgestellte Methode analysiert anhand der Klimaänderungen das Trockenstressrisiko, das Risiko des Funktionsverlustes und die Connectivity der Feuchtlebensräume im Landkreis. Das verwendete GIS-Modell ist das derzeit einzige, das in der Lage ist, die Resilienz von Biotopverbundplanungen unter Einfluss des Klimawandels zu überprüfen. Die damit gewonnenen und in dieser Arbeit dargestellten Ergebnisse sind daher von großem Wert für die Landschaftsrahmenplanung der Unteren Naturschutzbehörden, da auf dieser Basis Schwächen innerhalb der Planung identifiziert und Entwicklungsschwerpunkte festgelegt werden können. Die Methode basiert auf begründeten Setzungen, die zu diskutieren sind. Zu diesen Setzungen gehört u. a. die Verwendung der SWB zur Beurteilung der Trockenstresswahrscheinlichkeit sowie die Klassifikation dieser. Es ergeben sich somit Forschungslücken, die in weiteren Arbeiten untersucht werden müssen wie beispielsweise eine detaillierte Forschung zu dem Verdunstungsverhalten von Feuchtlebensräumen oder die Verwendung eines Bodenwasserhaushaltsmodells zur besseren Abschätzung des Trockenstresses und zum Ersatz der SWB. Dennoch stellt das hier präsentierte GIS-Modell eine praktikable Methode zur Überprüfung der Klimaresilienz von Biotopverbundplanungen dar, die grundsätzlich als Instrument zur Überprüfung solcher Planungen auf der Ebene des Landschaftsrahmenplans geeignet ist.

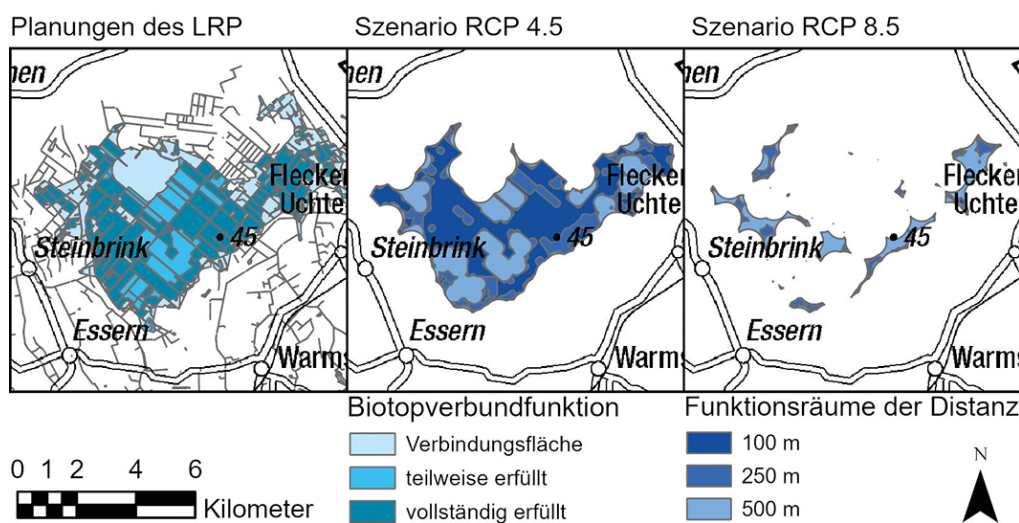


Abbildung 4: Gegenüberstellung der Analyseergebnisse und der ursprünglichen Planungen (© LK NI, 2023) des LRP als Basis für die argumentative Beurteilung der Klimaresilienz im NSG Uchter Moor, Maßstab (im Original) 1:150.000 (Links: Planungen des LRP, Stand 2020; Mitte: Ergebnisse für das Szenario RCP 4.5 für den Zeitraum 2069 bis 2098; Rechts: Ergebnisse für das Szenario RCP 8.5 für den Zeitraum 2069 bis 2098).

## Danksagung

Zuerst möchte ich mich bei meinem Erstprüfer Prof. Dr. Stefan Taeger für die Unterstützung bei der Themenfindung und der Arbeit, die fachlichen Diskussionen und hilfreichen Anregungen bedanken. Außerdem möchte ich mich bei Dipl.-Ing. Britta Apelt für die Unterstützung meiner Arbeit als Zweitprüferin sowie dem Landkreis Nienburg/Weser für die Bereitstellung der Daten bedanken.

## Quellenverzeichnis

### Literatur- und Internetquellen

AUGUSTIN, S. & BRAUN, S. (2016). Der Wasserhaushalt der Waldböden. *Zürcher Wald*, 4/2016, [https://www.researchgate.net/publication/311678668\\_Der\\_Wasserhaushalt\\_der\\_Waldboden](https://www.researchgate.net/publication/311678668_Der_Wasserhaushalt_der_Waldboden).

BUG, J., HEUMANN, S., MÜLLER, U. & WALDECK, A. (2020). Auswertungsmethoden im Bodenschutz: Dokumentation zur Methodendbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS®). *GeoBerichte*, 19. [https://doi.org/10.48476/geober\\_19\\_2020](https://doi.org/10.48476/geober_19_2020)

DIN 19685 (1997). *Klimatologische Standortuntersuchungen: Ermittlung der meteorologischen Größen*. Beuth Verlag.

ESSL, F. & RABITSCH, W. (2013). *Biodiversität und Klimawandel: Auswirkungen und Handlungsoptionen für den Naturschutz in Mitteleuropa*. Springer-Verlag.

HÄNEL, K. (2007). *Methodische Grundlagen zur Bewahrung und Wiederherstellung großräumig funktionsfähiger ökologischer Beziehungen in der räumlichen Umweltplanung: Lebensraumnetzwerke für Deutschland [Dissertation, Universität Kassel]*. [https://kobra.uni-kassel.de/bitstream/handle/123456789/2007121319883/Dissertation\\_Kersten\\_Haenel.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://kobra.uni-kassel.de/bitstream/handle/123456789/2007121319883/Dissertation_Kersten_Haenel.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

HEILAND, S., MENGEL, A., HÄNEL, K., GEIGER, B., ARNDT, P., REPPIN, N., WERLE, V., HOKEMA, D., HEHN, C. & MERTELMEYER, L. (2017). *Bundeskonzept Grüne Infrastruktur: Fachgutachten*.

JEDICKE, E. (2015). Biotopverbund zwischen Soll und Haben: Bilanz und Ausblick aus bundesweiter Sicht. *Naturschutz und Landschaftsplanung*, 47 (8/9). [https://www.nul-online.de/artikel.dll/nul-2015-08-233-240-1\\_gq4daobwhe4q.pdf](https://www.nul-online.de/artikel.dll/nul-2015-08-233-240-1_gq4daobwhe4q.pdf)

LANDKREIS NIENBURG/WESER (2020). *Landschaftsrahmenplan: Landkreis Nienburg/Weser*.

NLWKN (2018). *Steckbrief Naturschutzgebiet „Uchter Moor“ | Nds. Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz*. <https://www.nlwkn.niedersachsen.de/naturschutzgebiete/steckbrief-naturschutzgebiet-uchter-moor-42099.html>

NLWKN (2022). *Naturschutzgebiet „Uchter Moor“ | Nds. Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz*. <https://www.nlwkn.niedersachsen.de/naturschutzgebiete/naturschutzgebiet-uchter-moor-45001.html>

NLWKN (2023). *Stand der Erarbeitung von Landschaftsrahmenplänen | NDS. Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz*. <https://www.nlwkn.niedersachsen.de/stand-lrp/stand-der-erarbeitung-von-landschaftsrahmenplaenen-46174.html>

NMU (2016). *Landschaftsrahmenplan | Nds. Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz*. [https://www.umwelt.niedersachsen.de/startseite/themen/natur\\_amp\\_landschaft/landschaftsplanung/landschaftsrahmenplan-147309.html](https://www.umwelt.niedersachsen.de/startseite/themen/natur_amp_landschaft/landschaftsplanung/landschaftsrahmenplan-147309.html)

PFEIFER, S., BATHIANY, S. & RECHID, D. (2002). *Klimaausblick Nienburg/Weser*. [https://share.hereon.de/index.php/s/6m2gCbC0-j2o2oCP/download?path=&files=gerics\\_klimaausblick\\_03256\\_version\\_1.0\\_deutsch.pdf](https://share.hereon.de/index.php/s/6m2gCbC0-j2o2oCP/download?path=&files=gerics_klimaausblick_03256_version_1.0_deutsch.pdf)

REICH, M., RÜTER, S., PRASSE, R., MATTHIES, S., WIX, N. & ULLRICH, K. (2012). *Biotopverbund als Anpassungsstrategie für den Klimawandel?: Ergebnisse des F+E-Vorhabens (FKZ 3508 85 0500) „Biotopverbund als Anpassungsstrategie für den Klimawandel?“* BfN-Schriftenvertrieb im Landwirtschaftsverlag.

SPELLMANN, H., ALBERT, M., SCHMIDT, M., SUTMÖLLER, J. & OVERBECK, M. (2011). *Waldbauliche Anpassungsstrategien für veränderte Klimaverhältnisse*. *AFZ-DerWald*, 11/2011, [https://www.researchgate.net/publication/303503363\\_Waldbauliche\\_Anpassungsstrategien\\_fur\\_veranderte\\_Klimaverhältnisse](https://www.researchgate.net/publication/303503363_Waldbauliche_Anpassungsstrategien_fur_veranderte_Klimaverhältnisse).

VON DRACHENFELS, O. (2012). *Einstufungen der Biotoptypen in Niedersachsen: Regenerationsfähigkeit, Wertstufen, Grundwasserabhängigkeit, Nährstoffempfindlichkeit, Gefährdung*. Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen, 1/2012.

WAGNER, M., SUTMÖLLER, J., SCHELER, B., EICHHORN, J., MEESENBURG, H., DAMMANN, I. & PAAR, U. (2021). *Klimafolgenmonitoring: Auswirkungen der extremen Witterung 2018 und 2019 auf die Waldbestände an forstlichen Bodendauerbeobachtungsflächen in Niedersachsen*. *GeoBerichte*, 39, [https://www.researchgate.net/publication/356174381\\_Klimafolgenmonitoring\\_Auswirkungen\\_der\\_extremen\\_Witterung\\_2018\\_und\\_2019\\_auf\\_die\\_Waldbestände\\_an\\_forstlichen\\_Bodendauerbeobachtungsflächen\\_in\\_Niedersachsen](https://www.researchgate.net/publication/356174381_Klimafolgenmonitoring_Auswirkungen_der_extremen_Witterung_2018_und_2019_auf_die_Waldbestände_an_forstlichen_Bodendauerbeobachtungsflächen_in_Niedersachsen).

WAGNER, M., SUTMÖLLER, J., SCHELER, B., EICHHORN, J., MEESENBURG, H., DAMMANN, I. & PAAR, U. (2021). *Klimafolgenmonitoring: Auswirkungen der extremen Witterung 2018 und 2019 auf die Waldbestände an forstlichen Bodendauerbeobachtungsflächen in Niedersachsen*. *GeoBerichte*, 39, [https://www.researchgate.net/publication/356174381\\_Klimafolgenmonitoring\\_Auswirkungen\\_der\\_extremen\\_Witterung\\_2018\\_und\\_2019\\_auf\\_die\\_Waldbestände\\_an\\_forstlichen\\_Bodendauerbeobachtungsflächen\\_in\\_Niedersachsen](https://www.researchgate.net/publication/356174381_Klimafolgenmonitoring_Auswirkungen_der_extremen_Witterung_2018_und_2019_auf_die_Waldbestände_an_forstlichen_Bodendauerbeobachtungsflächen_in_Niedersachsen).

### Geodaten

DWD – DEUTSCHER WETTERDIENST, Hrsg. (2023): *Climate Data Center*. [https://opendata.dwd.de/climate\\_environment/CDC/](https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/) (letzter Zugriff am 24.09.2023).

LBEG – LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE, Hrsg. (2023): *NIBIS-Kartenserver*. <https://nibis.lbeg.de/cardomap3/> (letzter Zugriff am 24.09.2023).

LBEG – LANDESAMT FÜR GEOINFORMATION UND LANDESVERMESSUNG NIEDERSACHSEN, Hrsg. (2023): *Digitales Geländemodell 1x1 m*. Hannover.

LK NI – LANDKREIS NIENBURG/WESER (2023), [www.lk-nienburg.de](http://www.lk-nienburg.de)

## Kontakt

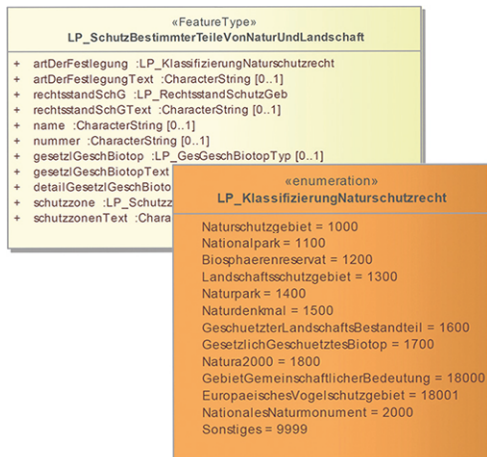
Antonia Gnielka, B.Eng.  
Hochschule Osnabrück  
[antonia@gnielka.com](mailto:antonia@gnielka.com)





Benedikt Taiber

## Weiterentwicklung des Datenstandards XPlanung für die Landschaftsplanung: Beispielhafte Modellierung von Grünstrukturen und grünordnerischen Belangen



```
<!--=====-->  
<!--LP_SchutzBestimmteTeileVonNaturUndLandschaft-->  
<!--=====-->  
element name="LP_SchutzBestimmteTeileVonNaturUndLandschaft" type="xplan:LP_SchutzBestimmteTeileVonNaturUndLandschaftType"  
complexType name="LP_SchutzBestimmteTeileVonNaturUndLandschaftType"  
<annotation  
documentation="Schutzgebietskategorien gemäß Kapitel 4 BNatSchG „Schutz bestimmter Teile von Natur und Landschaft“ documentation"  
<annotation  
complexContent  
<extension base="xplan:LP_GeometrieObjektType"  
sequence  
element name="artDerFestlegung" type="xplan:LP_KlassifizierungNaturschutzrecht" />  
element name="artDerFestlegungText" minOccurs="0" type="string" />  
element name="rechtsStandSchG" type="xplan:LP_RechtsStandSchutzGeb" />  
element name="rechtsStandSchGText" minOccurs="0" type="string" />  
element name="name" minOccurs="0" type="string" />  
element name="nummer" minOccurs="0" type="string" />  
element name="gesetzlGeschBiotop" minOccurs="0" type="xplan:LP_GesGeschBiotopTyp" />  
element name="gesetzlGeschBiotopText" minOccurs="0" type="string" />  
element name="detailGesetzlGeschBiotopLR" minOccurs="0" type="gml:CodeType" />  
annotation  
appinfo  
referenzierteCodeList : xplan:LP_DetailGesetzlGeschBiotopLR referenzierteCodeList  
appinfo  
annotation  
element  
element name="schutzzone" minOccurs="0" type="xplan:LP_SchutzzoneNaturschutzrecht" />  
element name="schutzzoneText" minOccurs="0" type="string" />  
element ref="xplan:GenericApplicationPropertyOrILP_SchutzBestimmteTeileVonNaturUndLandschaft" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded" />  
<sequence  
<extension  
complexContent  
complexType  
element name="_GenericApplicationPropertyOrILP_SchutzBestimmteTeileVonNaturUndLandschaft" type="anyType" abstract="true" />
```

Landschaftsplanerische Aussagen zum Schutz bestimmter Teile von Natur und Landschaft als UML-Klassendiagramm (links) sowie als XML-Datei (rechts), Auszug aus XPlanung Version 6.0.2 © XLeitstelle Planen und Bauen

### 1. In einfachen Worten: Womit beschäftigst du dich in deiner Arbeit?

Ich beschreibe und stelle die Inhalte der kommunalen Landschaftsplanung in einer vorgegeben Datenstruktur dar. Grundlage bilden die Planaussagen aus bestehenden Landschafts- und Grünordnungsplänen. Die Informationen werden den Plänen entnommen und in eine Datenbank überführt. Anschließend analysiere ich die Daten und suche nach Mustern, um die Informationen zielgerichtet zu sortieren und semantisch in Datenmodellen zu beschreiben.

### 2. Was fasziniert dich an der wissenschaftlichen Forschung zu Naturschutz-, Planungs- und Umweltschutzthemen?

Planung bedeutet gerichtetes Handeln und die Belange von Natur und Landschaft sachgerecht zu kommunizieren. Als Landschaftsplaner gebe ich diesen Belangen und somit dem Naturschutz eine Stimme. Dies erachte ich als wesentliche Voraussetzung, damit landschaftsplanerische Informationen bei der Abstimmung von Flächennutzungsansprüchen Beachtung finden.

### 3. Was hat dich in deiner Arbeit am meisten überrascht?

Jeder der untersuchten Pläne ist individuell, hat einzigartige Planaussagen und spiegelt die Vielfalt unserer Landschaften in Deutschland wider. Gleichwohl unterliegen die Pläne einem recht ähnlichen Grundverständnis hinsichtlich der Bezeichnung von landschaftsplanerischen Inhalten. Trotz der länderspezifischen Ausgestaltungen ließen sich ähnliche Strukturen und Muster ausfindig machen.

### 4. Welche Denkanstöße und Empfehlungen möchtest du Praktikerinnen und Praktikern oder Politikerinnen und Politikern mit auf den Weg geben?

Standardisierung in einem Datenstandard bedeutet nicht Vereinheitlichung oder Einschränkung der kreativen Freiheit bei der Ausgestaltung der Pläne. Standardisierung ist vielmehr ein Verfahren, was Ordnung und Struktur schafft und die Aussagekraft der Landschaftsplanung durch eine gemeinsame Sprache fördert. Vergleich: Eine gut sortierte Gärtnerei etikettiert das Sortiment auch mit einheitlichen Schildern in thematischen Abteilungen. Durch die Begrifflichkeiten können Pflanzen gezielt ausfindig gemacht werden. Die angegebenen Standortbedingungen beschreiben den Verwendungsrahmen. Im eigenen Garten können die Pflanzen nach eigenem Belieben kombiniert und einzigartige Pflanzbilder geschaffen werden.





# Weiterentwicklung des Datenstandards XPlanung für die kommunale Landschaftsplanung: Beispielhafte Modellierung von Grünstrukturen und grünordnerischen Belangen

## Enhancement of the data standard XPlanung for municipal landscape planning: Exemplary modeling of green structures and features

Benedikt Taiber

### Zusammenfassung

Die Landschaftsplanung in Deutschland trifft auf kommunaler Ebene wesentliche Aussagen zu Grünstrukturen sowie grünordnerischen Belangen. Mit dem aktuellen Wandel hin zu einem digitalen Planungsansatz müssen diese Informationen in geeigneter Weise transportiert und bereitgestellt werden. Trotz aktueller Bemühungen um Datenaustauschstandards und digitale Planungsmethoden ist der verlustfreie Austausch von landschaftsplanerischen Informationen nur ansatzweise möglich. Daher wurde ein Verfahren entwickelt, um die vielfältigen Informationen der kommunalen Landschaftsplanung zu vereinheitlichen und für den Datenaustauschstandard XPlanung aufzubereiten.

*Landschaftsplan, Grünordnungsplan, Datenmodell, semantische Beschreibung, Ontologie*

### Abstract

The Landscape planning in Germany makes important statements on green structures and green planning issues at municipal level. With the current shift towards a digital planning approach, this information must be transported and provided in a suitable manner. Despite current efforts to develop data exchange standards and digital planning methods, the loss-free exchange of landscape planning information is still limited. For this reason, an approach has been developed to standardise the diverse information of municipal landscape planning and prepare it for the data exchange standard XPlanung.

*Landscape plan, green structure plan, data model, semantic description, ontology*

doi: 10.23766/NiPF.202401.06

### Einleitung

Die Bereitstellung von öffentlichen Grünräumen und Grünstrukturen gehört zu den wesentlichen Aufgaben einer Kommune. Deren planerische Sicherung, Gestaltung und Entwicklung erfolgt für das Gebiet einer Gemeinde in Landschaftsplänen und für Teile eines Gemeindegebietes in Grünordnungsplänen (§ 11 Bundesnaturschutzgesetz - BNatSchG). Hierbei sollen die Pläne Aussagen zur Bestandssituation treffen, Konflikte aufzeigen und Maßnahmen zur Umsetzung der konkretisierten Ziele von Naturschutz und der Landespflege darlegen (§ 9 Abs. 3 BNatSchG). Damit die Belange der Landschaftsplanung sowohl in der Bauleitplanung als auch in der Fachplanung Berücksichtigung finden, müssen die Inhalte in geeigneter Weise transportiert und kommuniziert werden. Bisher geschieht dies zeichnungsorientiert durch die Erstellung einer Plangrafik, sodass in vielen Kommunen der abgeschlossene Plan nur als physischer Ausdruck oder im Portable Document Format (PDF) vorliegt. Im Zusammenhang mit der Digitalisierung des Planungssektors bedarf es zukünftig jedoch maschinenlesbarer Infor-

mationen in Form von Datenstandards (XLEITSTELLE PLANEN UND BAUEN, 2022). Solche Standards unterliegen einer einheitlichen Datenstruktur und gewährleisten einen verlustfreien Austausch von Informationen zwischen verschiedenen Systemen bzw. Akteuren. Durch die einheitliche Datenstruktur und standardisierten Eingabewerten werden Arbeitsprozesse vereinfacht und eine Qualitätssteigerung der Pläne erschlossen (WÜRRIEHAUSEN & MÜLLER, 2012). Entsprechend des Beschlusses 2017/37 des IT-Planungsrates müssen Pläne der Landschaftsplanung seit 2023 verbindlich im Datenstandard XPlanung verarbeitet werden.

Während der Standard XPlanung bereits seine Verbindlichkeit erlangt hat, steht die Praxis vor der Herausforderung ihre landschaftsplanerischen Inhalte mit der gegebenen Datenstruktur abzubilden. Zwar konnte ein Forschungsvorhaben die generelle Übertragbarkeit von landschaftsplanerischen Informationen im Datenstandard nachweisen, eine vollständige Abbildung der Landschaftsplanung ist aber bis heute nicht möglich (SCHLAUGAT et al., 2023). Insbesondere für den kommunalen Landschaftsplan



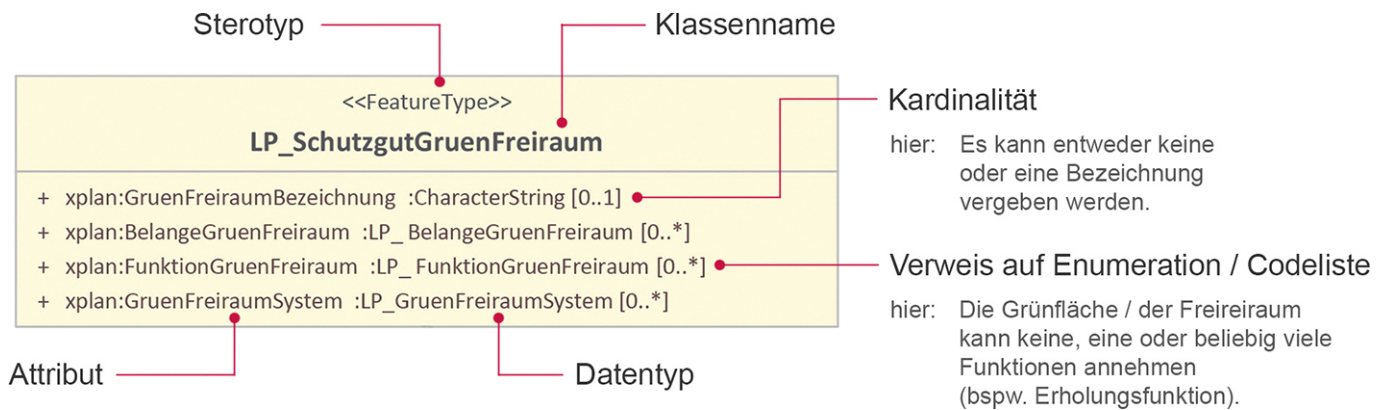


Abbildung 1: Bestandteile einer Klasse am Beispiel für das Schutzgut Grün und Freiraum (angelehnt an Benner 2019)

mit den Themen Grünvorsorge und Freiflächen sowie grünordnerischen Festsetzungen besteht ein erheblicher Entwicklungsbedarf (PIETSCH et al., 2023). Hierbei besteht die Problematik, dass derzeit keine abschließende Liste der Inhalte der kommunalen Landschaftsplanung für Deutschland vorliegt. Entsprechend besteht eine Notwendigkeit die Informationen der kommunalen Landschaftsplanung im Sinne der Strukturvorgaben eines Datenstandards zu standardisieren (MACGREGOR-FORS, 2011; PAULEIT et al., 2018). Die vorliegende Arbeit widmet sich somit der semantischen Beschreibung der kommunalen Landschaftsplanung und deren Überführung in eine digitale Planungssprache.

## Fachliche und technische Anforderungen

Das Zielformat von XPlanung ist die Geography Markup Language (GML) und dient explizit dem Austausch von Geodaten als räumliche Objekte (sog. Features). Damit können fachspezifische Inhalte innerhalb des technischen Systems semantisch beschrieben werden, um eine verbesserte Austauschbarkeit und Nutzbarkeit von Daten zu realisieren (BERNERS-LEE et al., 2001). Ein wesentlicher Bestandteil von XPlanung ist die Schemabeschreibung in einer Hierarchiestruktur, in der jede abgeleitete Ebene Informationen vererbt. Durch die hierarchische Struktur steigt die Informationsdichte mit jeder Ableitung, wobei die einzelnen Elemente in einer definierten Beziehung zueinanderstehen (sog. Relationen). Thematisch zusammengehörige Objekte werden in numerischen Listen (sog. Enumerationen) aufgeführt und innerhalb einer Klasse zusammengetragen (s. Abbildung 1). Im bestehenden Modell sind Schutzgebiete nach Naturschutzrecht beispielsweise durch die rechtlichen Schutzkategorien nach Kapitel 4 BNatSchG klassifiziert (Naturschutzgebiet, Nationalpark, Biosphärenreservat u. a.). Da jedoch die gesetzlichen Grundlagen sowie länderspezifische Handreichungen die inhaltliche Ausgestaltung der Pläne nicht hinreichend beschreiben, wurde auf eine quantitative Auswertung von Bestandsplänen zurückgegriffen. Eine solche Auswertung von unten heraus (sog. Bottom-Up-Ansatz) bietet auch aus technischer Sicht Vorteile, um den allgemeinen Zielen des Datenstandards gerecht zu werden (PISSOURIOS, 2014). Entsprechend den aufgeführten Anforderungen müssen nun die landschaftsplanerischen

Inhalte vereinheitlich, thematisch geordnet und fachlich strukturiert werden. Wesentliche Fachinhalte gilt es zu ergänzen und entsprechende Bezüge zwischen den Objekten abzuleiten.

Name	Anzahl Pläne	Anzahl Einzelinhalte	Besonderheit
Landschaftsplan der Stadt Garbsen (2018)	22	698	Umfangreiche Aussagen zu Arten und Lebensräumen
Landschaftsplan der Hansestadt Lüneburg (2020)	8	599	Netzwerk und Förderung der biologischen Vielfalt im städtischen Raum
Landschaftsplan der Stadt Sehnde (2021)	10	528	Thematisiert Retentionsfunktion von Mooren
Landschaftsplan der Gemeinde Wardenburg (2015)	13	522	Adressatenorientierte Aufbereitung der Ziele und Maßnahmen
Landschaftsrahmenplan / Landschaftsplan der Gemeinde Wilhelmshaven (2015)	8	203	Gefährdung und Sicherung von Brut-/Gastvögeln

Tabelle 1: Übersicht zu den kommunalen Landschaftsplänen in Niedersachsen

## Ansatz zur Modellierung

Zur Modellierung der Inhalte im Datenstandard wurde ein Ansatz entwickelt, um die vielfältigen Informationen der Landschaftsplanung zu vereinheitlichen und aufzubereiten. In diesem Zusammenhang wurden bundesweit Bestandspläne erhoben, ausgewertet und in eine Datenbank überführt. Darauf folgte ein mehrstufiges Auswertungsverfahren, um die Inhalte semantisch zu beschreiben und in die Unified Modeling Language (UML) als Klassendiagramme zu überführen. Grundlage der Auswertung waren bestehende Landschafts- und Grünordnungspläne aus den 16 Bundesländern. Die Auswahl der Planwerke erfolgte entsprechend des Planstands, der Siedlungsstruktur und nach naturräumlichen Gegebenheiten. Für Niedersachsen wurden fünf Landschaftspläne (s. Tabelle 1) sowie zehn Bebauungspläne mit grünordnerischen Belangen aus

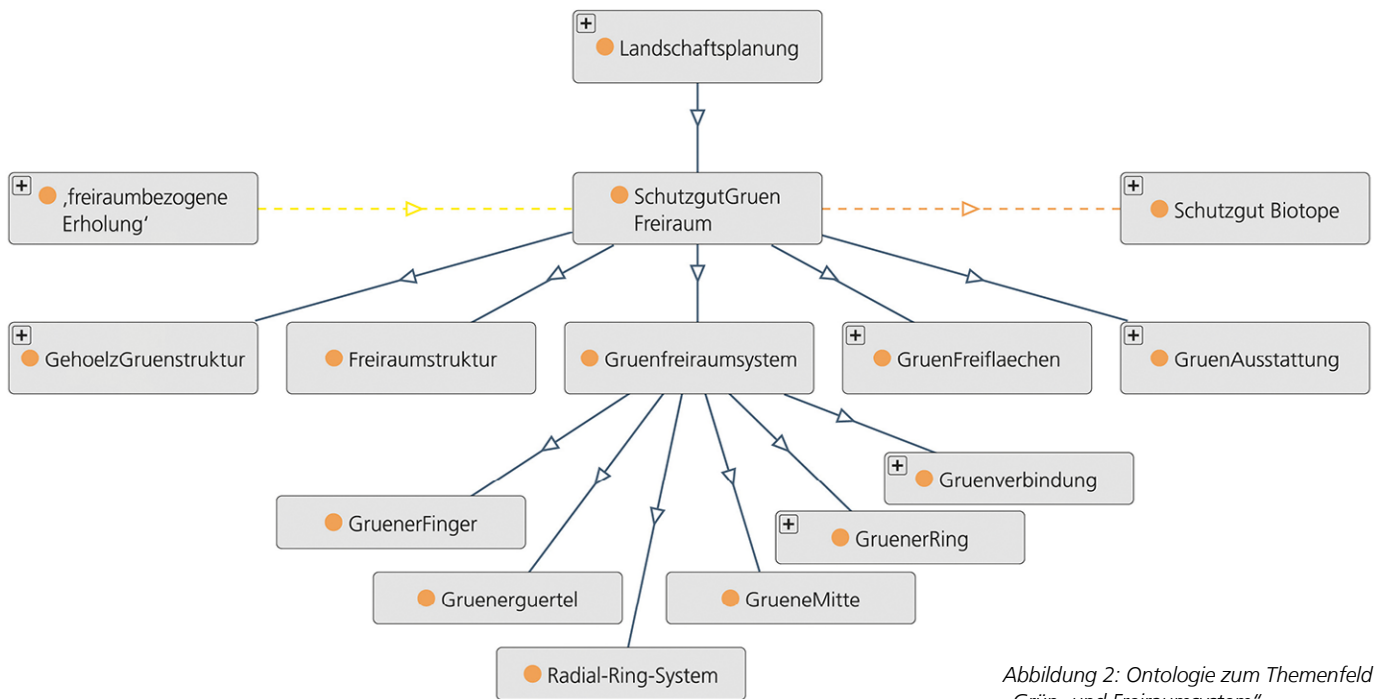


Abbildung 2: Ontologie zum Themenfeld „Grün- und Freiraumsystem“

Garbsen, Lüneburg, Sehnde, Warenburg und Wilhelmshaven ausgewählt. In die Auswertung flossen alle dargestellten und aufgeführten Informationen der Planzeichnung ein. Diese Inhalte wurden aus den eigentlichen Karten extrahiert und in eine hierarchische Datenbank überführt. Darauf folgte die semantische Beschreibung in einem Netzwerk von Informationen. Eine solch formal geordnete Darstellung als Ontologie ermöglicht Verbindungen zwischen den einzelnen Informationen einer Domäne (hier: Landschaftsplanung) zu visualisieren. Die Abbildung 2 zeigt den Aufbau und die Struktur für den Themenkomplex Grün- und Freiraumsysteme ausgehend von der bundesweiten Erhebung. Das Verfahren wurde durch eine hierarchische Clusteranalyse flankiert, um zusammenhängende Begrifflichkeiten und Muster innerhalb der Datenstruktur ausfindig zu machen.

## Modellierung im Datenstandard

Die eigentliche Modellierung im Datenstandard erfolgt als UML-Klassendiagramm. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung wurden noch nicht alle landschaftsplanerischen Inhalte als Ontologie dargestellt bzw. in der Clusteranalyse berücksichtigt. Um jedoch die generelle Anwendbarkeit des Verfahrens zu prüfen, wurden u. a. die Inhalte der kommunalen Grünversorgung sowie einige grünordnerische Festsetzungen in Klassendiagramme überführt. Die nachfolgenden Erkenntnisse unterliegen noch weiterer Prüfschritte und spiegeln deshalb ausschließlich den aktuellen Kenntnisstand des Forschungsvorhabens wider.

### Landschaftsplan

Im ersten Verfahren wurden landschaftsplanerische Aussagen zur städtischen Grünvorsorge modelliert, da diese im aktuellen Datenmodell nicht vertreten sind (Version 6.0.2, BENNER, 2022). Derzeitig sind entsprechende Angaben einzig über die Klasse „LP\_

ZieleErfordernisseMassnahmen“ als Erholungsfunktion abbildbar. Eine weitere Differenzierung erfolgt nicht. Im Hinblick auf planerische Aussagen der Bestandspläne ist diese Struktur unzureichend und durch die Klassifizierung als Erholungsfunktion limitierend. Die Auswertung zeigt, dass Aussagen zu Grünflächen und Grünstrukturen in äußerst komplexen Zusammenhängen mit anderen Schutzgütern stehen und teilweise auf Biotope, Infrastruktur oder Nutzungstypen referenzieren (s. Tabelle 2). Um die Informationen mit entsprechenden Attributen zu beschreiben und gleichzeitig eine hinreichende Flexibilität zu gewährleisten, wurden die Inhalte in einer eigenen Klasse „LP\_SchutzgutGruenFreiraum“ beschrieben. Die Einführung von neuen Klassen für eine spezifische Beschreibung von Grünflächen spiegelt auch die Anforderungen der Praxis wider (XLEITSTELLE PLANEN UND BAUEN, 2023). Die einzelnen Fachobjekte ließen sich anschließend in Enumerationslisten abbilden, beispielsweise planerische Aussagen zu Grünringen als Kategorie des Grün- und Freiraumsystems (s. Abbildung 3).

### Grünordnungsplan

Für den Grünordnungsplan sei auszugsweise auf das Anbringen von Nisthilfen als grünordnerische Festsetzung eingegangen. Eine solche Festsetzung findet sich bspw. im vorhabenbezogenen Bebauungsplan „Erweiterung Klinik Gut Wienebüttel“ der Hansestadt Lüneburg (2023). Da sich beim Anbringen von Nisthilfen um eine landschaftsplanerische Maßnahme zur Schaffung von Habitaten und Lebensräumen handelt, finden sich die Inhalte im Datenmodell in der neuen Klasse „LP\_ZieleMassnahmen“ innerhalb der abgeleiteten Klasse „LP\_ZieleMassnahmenArtenBiotope“. Dadurch ist es möglich übergeordnete Inhalte hinsichtlich einer Maßnahmenkonkretisierung zu ergänzen sowie Aussage zur Eingriffsreglung und zum Artenschutz zu treffen (bspw. als vorgezogene Ausgleichsmaßnahme – CEF). Für die eigentliche Nisthilfe können dann Angaben zur Höhe, Anzahl sowie notwendigen Schutzvorrichtungen erfolgen. Ebenso bieten die Enumerationslisten weiter-



Planwerk	Plan	Thema	Inhalt	Beziehung
Landschaftsplan der Stadt Cottbus (2016)	Entwicklungskonzept	Grün-, Frei- und Erholungsflächen	Grünring	Historische Innenstadt, Alleebäume, Baumreihen, Grünflächen
Landschaftsplan der Stadt Garbsen (2018)	Landschaftsbild / Erholung	Freizeit und Erholung	Grüner Ring	Fuß- und Radwegenetz
Landschaftsplan der Stadt Heilbronn (2021)	Grünleitbild	Grünstruktur	Grüner Ring	Strukturelemente, Leitbild, Grünplanung, Erholung
Landschaftsplan der Stadt Offenburg (2022)	Freiraumstruktur und Landschaftserleben	Freiraumverbindung	Grüner Ring	Handlungsprogramm, Freiraumstruktur, landschaftsgebundene Erholung, Grünstruktur
Flächennutzungsplan der Stadt Ingolstadt (2022)	Flächennutzungsplan mit integriertem Landschaftsplan	Flächen für Naturschutz und Landschaftspflege	Grünring	Festungsanlagen, Erholungs- und Grünflächen, landwirtschaftliche Nutzflächen, Biotope
Landschaftsprogramm der Freien Hansestadt Bremen (2020)	Freiraumstrukturkonzept	Freiraumstruktur	Grünring	Freiraumfunktion, Wallanlagen, historischer Ringstraßenverlauf, Alleen, Feuchtgrünland, Wald
Landschaftsprogramm der Freien und Hansestadt Hamburg (2017)	Freiraumverbundsystem	Verbundsystem	Grüner Ring	Freiraumverbund, Grünverbindung, Wege, Parkanlagen

Tabelle 2: Planerische Aussagen zu Grünringen in kommunalen Landschaftsplänen

führende Angaben zum Einflugsloch, der Art des Nistkastens sowie der beabsichtigten Ausrichtung. Der hier dargelegte Entwurf erfolgte zunächst nur für das Anbringen von Nisthilfen für Vögel. Eine Erweiterung des Modells für Fledermäuse sowie Insekten (bspw. Wildbienen) steht noch aus.

## Ergebnisse und Handlungsempfehlung

Die aktuellen Modellierungsansätze belegen, dass sich die Inhalte der kommunalen Landschaftsplanung sowie grünordnerische Belange im Datenstandard abbilden lassen. Ausgehend von den Bestandsplänen konnte ein für den Datenstand hinreichende Struktur abgeleitet werden. Inhalte und Belange der Grünvorsorge sollten hierfür in einem eigenen Objektbereich aufbereitet werden. Während der aktuelle Datenstandard (Version 6.0.2, BENNER, 2022) ausschließlich nach den klassischen Schutzgütern der Landschaftsplanung differenziert, greifen insbesondere grünordnerische Belange mehrere Schutzgüter auf und referenzieren auf unterschiedliche Inhalte im Landschaftsplan. Es ergeben sich Bezüge zur Erholungsvorsorge, zu Biotopen, zur Eingriffsreglung sowie zum Handlungskonzept (vgl. Stadt Ingolstadt 2022). Durch Schaffung der eigenständigen Klasse „LP\_SchutzgutGruenFreiraum“ ließen sich Informationen zu Grünstrukturen und Grünssystemen abbilden und entsprechende Relationen zu weiterführenden Aussagen abbilden.

Für die Erweiterung des Objektkatalogs wird empfohlen hinreichend konkrete Klassen zu bilden. Zu unspezifische Klassen mit themenübergreifenden Inhalten sind fehleranfällig und erhöhen signifikant die Komplexität des Modells, da zusätzliche Verbindungen und Beziehungen geschaffen werden müssen. Entsprechend gilt es die Anzahl der einzelnen Klassen zu erhöhen, anstatt themenübergreifende Strukturen zu bilden. Hierfür kann auf die

Grundstruktur von Bestandsplänen zurückgegriffen werden, da diese bereits eine hinreichende Differenzierung von landschaftsplanerischen Inhalten vornehmen. Gleichzeitig sollten zukünftige Standardisierungsvorhaben sich primär mit der Struktur auf den höheren Hierarchieebenen beschäftigen. Dies umfasst u. a. die Ausgestaltung der landschaftsplanerischen Schutzgüter sowie deren thematischen Fachinhalten (1. und 2. Hierarchieebene) und somit die Grundstruktur des gesamten Datenmodells. Sobald eine solche Grundstruktur gefunden wurde, lassen sich die Inhalte der Landschaftsplanung durch logische Zusammenhänge einer Klasse zuordnen und in Enumerationslisten zusammenfassen.

## Fazit und Ausblick

In diesem Beitrag wurde die potenzielle Abbildung von Grünstrukturen und grünordnerischen Belangen im Datenstandard XPlanung thematisiert. Der Schwerpunkt lag dabei auf der semantischen Beschreibung von Bestandsdaten. Die Ergebnisse sind grundsätzlich geeignet, um die Inhalte der Landschaftsplanung als UML-Klassendiagramm zu beschreiben. Dennoch ist eine allgemeine Validierung der Methodik notwendig. Zugleich sollen die Beziehungen zwischen den einzelnen Informationen konkretisiert und erweitert werden. Auch Anknüpfungspunkte und Überschneidungen mit anderen Fachplanungen gilt es zu prüfen. Mit dem Ziel eines möglichst umfangreichen Datenmodells sind auch aktuelle Fragestellung der kommunalen Klimaanpassung, des Hochwasserschutzes und der Ausgleichsregelung zu integrieren.

Der hier vorgestellte Ansatz ist nur eine Möglichkeit Inhalte von Landschafts- und Grünordnungsplänen semantisch zu beschreiben. Die obigen Schlussfolgerungen ergeben sich ausschließlich aus der Analyse von Bestandsplänen. Die bisher gesammelten Daten legen jedoch nahe, dass weitere Untersuchungen zur for-

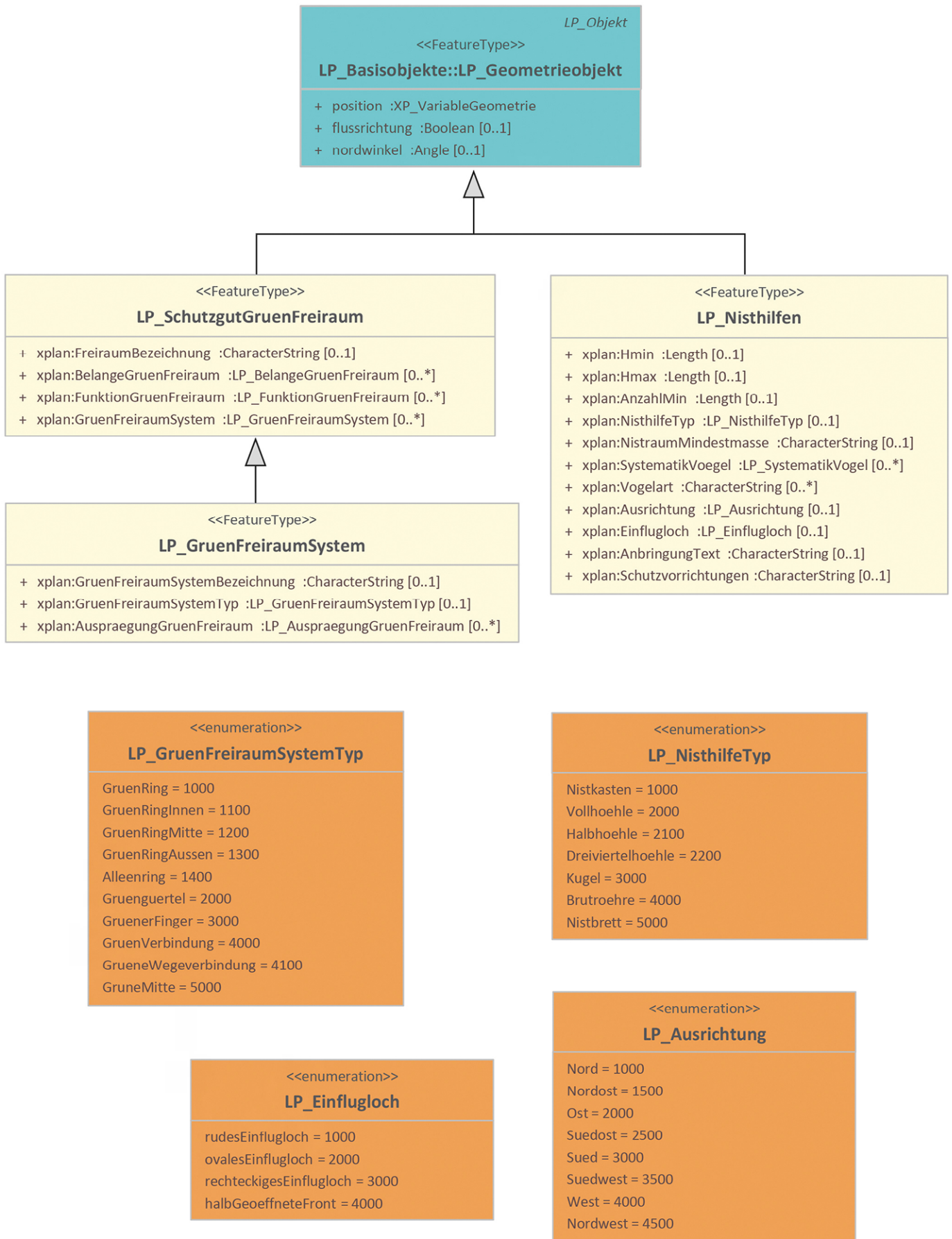


Abbildung 3: UML-Klassendiagramme zu den Themen Grün- und Freiraumssystem sowie Nisthilfen



malen Beschreibung von Landschaftsplänen notwendig sind. Weiterführend muss die Integration in die Bauleitplanung sowie die Anwendung in angrenzende Fachplanungen gewährleistet werden (IT-PLANUNGSRAT, 2016). Insofern besteht weitererreichender Forschungs- und Entwicklungsbedarf, um den Ansprüchen der Landschaftsplanung auch im digitalen Raum gerecht zu werden.

## Weiterführende Hinweise

Der vorgestellte Ansatz ist Teil eines laufenden Promotionsvorhabens. Die Ergebnisse, die Daten sowie das entwickelte Informationsmodell werden separat veröffentlicht. Die Promotion ist an der TU Dresden, Fakultät Architektur, angesiedelt und wird in Kooperation mit dem Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR) und dem Bundesamt für Naturschutz (BfN) durchgeführt.

## Literatur- und Planverzeichnis

BENNER, J. (2019): XPlanung Struktur und Konzepte. [https://xleitstelle.de/xplan\\_uml](https://xleitstelle.de/xplan_uml) [05.02.2024].

BENNER, J. (2022): UML-Diagramme. XPlanGML 6.0. <https://xleitstelle.de/xplanung/releases-xplanung> [05.02.2024].

BERNERS-LEE, T., HENDLER, J. & LASSILA, O. (2001): The Semantic Web: A new form of Web content that is meaningful to computers will unleash a revolution of new possibilities. *Scientific American*, 284(5), 34–43. <https://doi.org/10.1038/scientificamerican0501-34>

FREIE HANSESTADT BREMEN (2020): Landschaftsprogramm Bremen: Teil Stadtgemeinde Bremerhaven. Neuaufstellung (Vorentwurf) mit dem Stand August 2020.

FREIE UND HANSESTADT HAMBURG (2017): Landschaftsprogramm Grün Vernetzen. Fachentwurf mit dem Stand Juli 2017.

GEMEINDE WARDENBURG (2015): Landschaftsplan der Gemeinde Wardenburg. Neuaufstellung mit dem Stand 2015.

HANSESTADT LÜNEBURG (2020). Landschaftsplan der Hansestadt Lüneburg. Fortschreibung mit dem Stand September 2020.

HANSESTADT LÜNEBURG (2023): Vorhabensbezogener Bebauungsplan Nr. 152 „Erweiterung Klinik Gut Wienebüttel“ mit dem Stand Februar 2023.

IT-PLANUNGSRAT (2016): Austauschstandards im Bau- und Planungsbereich: Bedarfsbeschreibung, Version 1.1 (final). <https://www.it-planungsrat.de/beschluss/beschluss-2017-37> [07.02.2024].

MACGREGOR-FORS, I. (2011): Misconceptions or misunderstandings? On the standardization of basic terms and definitions in urban ecology. *Landscape and Urban Planning*, 100(4), 347–349. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.01.013>

PAULEIT, S., HANSEN, R., LINDSCHULTE, K., ROLF, W., BARTZ, R., BECKER, C. W. & KOWARIK, I. (2018): Alles wird grün? Die Chancen von grüner Infrastruktur im Rahmen der Nachverdichtung. In I. Marschall (Hrsg.), BfN-Skripten 498. *Landschaftsplanung im Prozess und Dialog: Beiträge zur gemeinsamen Fachtagung von BfN, BBN und FH Erfurt vom 27.03 - 29.03.2017 in Erfurt* (S. 140–153).

PIETSCH, M., SCHLAUGAT, J., FRITZSCH, S., HACHMANN, R., CASSAR-PIEPER, N., LIPSKI, A., LANGE, H. & MAKALA, M. (2023): Erweiterung des Standards XPlanung im Fachbereich Landschaftsplanung

– Grundlagen und Modellierung. BfN-Schriften 646.

<https://doi.org/10.19217/skr646>

PISSOURIOS, I. (2014). Top-Down and Bottom-Up Urban and Regional Planning: Towards a Framework for The Use of Planning Standards. *European Spatial Research and Policy*, 21(1), 83–99. <https://doi.org/10.2478/esrp-2014-0007>

SCHLAUGAT, J., PIETSCH, M., FRITZSCH, S., HACHMANN, R., CASSAR-PIEPER, N., LIPSKI, A., LANGE, H., MAKALA, M. & TAIBER, B. (2023). Das neue Fachdatenmodell Landschaftsplanung im Standard XPlanung - ein Beitrag für den verlustfreien Datenaustausch. *Natur und Landschaft*, 98(2), 58–65.

<https://doi.org/10.19217/NuL2023-02-02>

STADT COTTBUS (2016): Landschaftsplan Stadt Cottbus. Fortschreibung (Vorentwurf) mit dem Stand Dezember 2016.

STADT GARBSEN (2018): Landschaftsplanes der Stadt Garbsen. Neuaufstellung mit dem Stand Februar 2018.

STADT HEILBRONN (2021): Landschaftsplan der Stadt Heilbronn. Fortschreibung 2030. Fortschreibung mit dem Stand Februar 2020.

STADT INGOLSTADT (2022): Flächennutzungsplan mit integriertem Landschaftsplan der Stadt Ingolstadt. Fortschreibung inklusive Änderungen mit dem Stand September 2022.

STADT OFFENBURG (2022): Landschaftsplan Verwaltungsgemeinschaft Offenburg: Durbach - Hohberg - Offenburg - Ortenberg - Schutterwald. Fortschreibung mit dem Stand November 2022.

STADT SEHNDE (2021): Landschaftsplan Sehnde. Fortschreibung (Entwurf) mit dem Stand August 2021.

STADT WILHELMSHAVEN (2018): Landschaftsrahmenplan / Landschaftsplan der Stadt Wilhelmshaven. Fortschreibung mit dem Stand Februar 2018.

WÜRRIEHAUSEN, F. & MÜLLER, H. (2012). Mit XPlanung zu eGovernment 2.0. In J. Strobl, T. Blaschke & G. Griesebner (Hrsg.), *Angewandte Geoinformatik 2012: Beiträge zum 24. AGIT-Symposium Salzburg* (S. 735–744). Herbert Wichmann Verlag.

XLEITSTELLE PLANEN UND BAUEN (2022): Handreichung. XPlanung, XBau, XBreitband, XTrasse (3. Auflage).

<https://xleitstelle.de/download> [07.02.2024].

XLEITSTELLE PLANEN UND BAUEN (2023): Freiflächen des 2. Grünrings. Änderungsmanagement XPlanung, XPlan-400.

<https://xleitstelle.de/jira/XPlanung/tickets/XPLAN-400> [10.02.2024].

## Kontakt

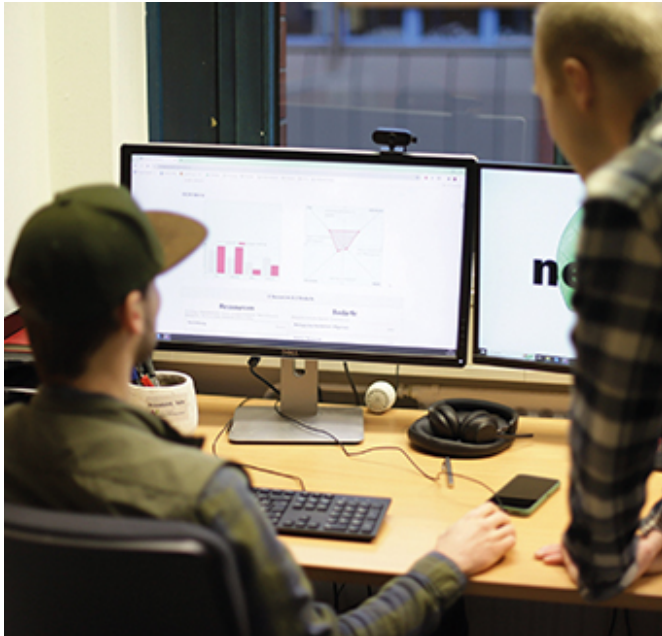
Benedikt Taiber, M.Sc.  
Bundesamt für Naturschutz  
FG II 4.1 – Landschaftsplanung, räumliche Planung  
und Siedlungsbereich  
Alte Messe  
04103 Leipzig  
[benedikt.taiber@bfm.de](mailto:benedikt.taiber@bfm.de)  
[www.bfn.de/landschaftsplanung](http://www.bfn.de/landschaftsplanung)





Felix Przesdzink

## Analyse der Bedürfnisse diverser Stakeholder-Gruppen mit Hinblick auf effizienten und konfliktarmen Natur- und Umweltschutz – eine Fallstudie in der Region Osnabrück



Networking Beratung für einen Naturschutzverband mit der selbst entwickelten „Netweave“-Plattform. Foto: Sebastian Holt

### 1. In einfachen Worten: Womit beschäftigst du dich in deiner Arbeit?

Mit dem Faktor Mensch im Umweltschutz. Konflikte und Kooperationen um Umweltressourcen finden letztendlich zwischen Menschen statt, was in der Naturschutzforschung viel zu oft außer Acht gelassen wird. Unsere Umweltprobleme sind seit Jahren bekannt, genauso wie nachhaltigere Formen der Landnutzung. Trotzdem kommen wir nicht in die Umsetzung, weil verschiedenste Stakeholder in ihren Meinungen und Arbeitsweisen nicht effektiv zusammenarbeiten. In meiner Promotion habe ich „Netweave“, ein auf regionaler Ebene arbeitendes Tool entwickelt, um Umweltschutzakteure effektiver zu koordinieren.

### 2. Was fasziniert dich an der wissenschaftlichen Forschung zu Naturschutz-, Planungs- und Umweltschutzthemen?

Umweltproblemen systematisch auf einer Datengrundlage begegnen zu können. In meinem Themenfeld findet man viel „Stammtischrhetorik“. Aussagen wie „mit denen kann man eh

nicht zusammenarbeiten“ stehen schnell im Raum und verhindern konstruktive Zusammenarbeit. Hier finde ich es spannend, erst einmal das „warum“ zu ergründen und dann oft doch in der Lage zu sein, individuelle Lösungen zu finden.

### 3. Was hat dich in deiner Arbeit am meisten überrascht?

Wie groß die Kommunikationsprobleme im Umweltsektor tatsächlich sind. In einer Interviewstudie von uns mit Umwelt-Stakeholdern waren in einem Ranking der größten Probleme im regionalen Umweltschutz die Top 4 Punkte Kommunikationsprobleme – noch vor Zeit-, Geld- und Personalmangel! Fast alle Akteure sahen sich selbst als kompromissbereit und die Schuld für Konflikte bei der anderen Seite. Die eigene Arbeitsweise wird als richtig und die der anderen Seite als falsch verstanden. Auf inhaltlicher Ebene sind Landnutzungsakteure, Verwaltung, Forschung und Naturschutzverbände in der Zielsetzung zu „nachhaltiger Landnutzung“ oft erstaunlich einig. Die eigentlichen Kommunikationsprobleme liegen vielmehr auf einer Metalebene.

### 4. Welche Denkanstöße und Empfehlungen möchtest du Praktikerinnen und Praktikern oder Politikerinnen und Politikern mit auf den Weg geben?

Diese Metaebene sollte in den Fokus genommen werden. Mit wenigen Ausnahmen sind sich alle Stakeholder einig, dass wir große Umweltprobleme haben, diese nur mit einer gesellschaftlichen Transformation bewältigen können und dafür alle zusammenarbeiten müssen. Man muss sich aber bewusst machen, dass die verschiedenen Stakeholder „auch nur“ Menschen sind. Diese Menschen denken und arbeiten unterschiedlich – und zwar nicht immer rein rational. Wenn man effektive Kooperationen schaffen möchte, muss man das anerkennen, sowie gegenseitiges Verständnis und Respekt schaffen. Dann kann man Synergien identifizieren: so können junge, innovative Akteure neue Ideen und Veränderungen, konservativere Akteure Erfahrung und Sicherheit einbringen. Teilweise müssen auch Kompromisse gefunden werden, diese Kommunikation zu managen ist nicht einfach. Die Zeit der „runden Tische“, an denen Gebietsgrenzen und Grenzwerde verhandelt werden, muss einer fachlich versiert gemanagten Umweltkommunikation weichen, um nachhaltige Landnutzung in die Landschaft zu bekommen. Dafür braucht es aber geschulte Netzwerker und Netzwerkerinnen, die fachlich hochwertige und oft auch durchaus aufwendige Interventionen anwenden, um Stakeholder effektiv zusammenzubringen. Das kostet Zeit und Geld – das aber sinnvoll investiert ist!



# Analyse der Bedürfnisse diverser Stakeholder-Gruppen mit Hinblick auf effizienten und konfliktarmen Natur- und Umweltschutz - eine Fallstudie in der Region Osnabrück

Analysis of the needs of various stakeholder groups with regard to efficient and low-conflict environmental protection - a case study in the Osnabrück region

Felix Przesdzink, Mareike Deden, Julia Graw, Florian Fiebelkorn

## Zusammenfassung

In dieser Studie wurden die Bedürfnisse verschiedener Umwelt-Stakeholder in der Region Osnabrück mit Hinblick auf einen effizienten und konfliktarmen Umweltschutz mittels digitaler Experteninterviews und einem Rankingsystem erhoben. Die relevanten Bedürfnisse konnten in die Kategorien „extern“, „intern“ und „Kommunikation“ eingeteilt werden, wobei die meisten Probleme literaturbasiert auf andere Regionen übertragbar sind. Bei den Kommunikationsproblemen handelte es sich speziell um ideologische Konflikte, Interessenkonflikte sowie mangelhafte Kommunikation mit Behörden und Bürokratie im Allgemeinen. Auf dieser Basis entwickeln wir Optimierungskonzepte für regionale Umweltkommunikation.

*Naturschutz, Landnutzung, Umweltkommunikation, Umwelt-Stakeholder, Landnutzungskonflikte*

## Abstract

In this study, the needs of various environmental stakeholders in the Osnabrück region with regard to efficient and low-conflict environmental protection were surveyed using digital expert interviews and a ranking system. The relevant needs could be divided into the categories external, internal and communication, with most of the problems being transferable to other regions based on literature. The communication problems were specifically ideological conflicts, conflicts of interest, inadequate communication with authorities and bureaucracy in general. On this basis, we develop optimization concepts for regional environmental communication.

*Nature conservation, land use, environmental communication, environmental stakeholders, land use conflicts*

doi: 10.23766/NiPF.202401.07



Abbildung 1: Datenerhebung für die Studie mittels eines digitalen Experteninterviews. Foto: Sebastian Holt

## Einleitung

Regionale Konzepte für Naturschutzmaßnahmen und nachhaltige Landnutzungsformen sollten sowohl von lokalen Behörden als auch von Naturschutz- und Landnutzungsakteuren unterstützt werden (PRIMACK, 2008; SCHULTZ et al., 2011). Diese Akteure sollten von wissenschaftlich und praktisch orientierten Experten im Sinne transdisziplinärer Projekte begleitet werden, um unnötige Konflikte und unprofessionelle oder unrealistische Planungen zu vermeiden (BALMFORD & COWLING, 2006; GUERRERO et al., 2013). Transdisziplinäre und stakeholderorientierte Ansätze werden in modernen Konzepten der nachhaltigen Regionalentwicklung, wie Biosphärenreservaten oder Naturparks, zunehmend gefördert. Für solche ambitionierten Großprojekte gibt es eigene Regionalmanagements, die idealerweise über Ressourcen für Stakeholder- und Konfliktmanagement oder Wissenstransfer verfügen. Außerhalb dieser Modellregionen besteht der Naturschutz in Deutschland vor allem aus Fachbehörden, die überwiegend Verwaltungsauf-



gaben wahrnehmen, ehrenamtlichen Naturschutzverbänden und den verschiedenen Akteuren der Landnutzung. Die konfliktfreie Einbeziehung aller relevanten Interessen und die Integration von wissenschaftlichem und praktischem Wissen ist ohne ein Regionalmanagement schwieriger, da die zuständigen Behörden und die Stakeholder in eigene Projekte eingebunden sind und selten über genügend personelle und finanzielle Kapazitäten verfügen, um selbst als „freie Akteure“ – Verstärker des regionalen Netzwerks ohne eigene Agenda – zu agieren (HAMPICKE, 2013; WEBER & WEBER, 2014; WIELINGA & ROBUJ, 2020). Eine wesentliche Voraussetzung für ein erfolgreiches Stakeholder-Management sollte daher sein, das Konzept von Anfang an transdisziplinär zu denken – es nicht nur für die Stakeholder, sondern mit den Stakeholdern zu entwickeln und dabei deren Kosten-Nutzen-Präferenzen im Umgang mit anderen zu berücksichtigen (SCHRAMM & LITSCHEL, 2014; TORKAR & MCGREGOR, 2012; WALZ et al., 2013).

Vor diesem Hintergrund entwickeln die Autoren in der Modellregion Osnabrück ein Vernetzungskonzept, das dem aktuellen Forschungsstand der sozialen Netzwerkanalysen und Stakeholder-Analysen sowie der Organisations- und Umweltpsychologie entspricht, aber auch die Bedürfnisse und Veränderungswünsche der lokalen Akteure einbeziehen soll (PRZESDZINK, 2023; PRZESDZINK & FIEBELKORN, 2023). Um letzteres zu erreichen, wurden in der vorliegenden Studie 20 Akteure in der Region Osnabrück zu den von ihnen wahrgenommenen kritischen Problemen im regionalen Naturschutz und zu Verbesserungsvorschlägen befragt, die aus ihrer Sicht für den Sektor besonders hilfreich wären. Befragt wurden je vier Vertreter von Naturschutzverbänden, Landnutzergруппen, Naturschutzbehörden und wissenschaftlichen Arbeitsgruppen mit Bezug zum Naturschutz.

## Stichprobe & Methodik

Die Gesamtstichprobe umfasst 20 Vertreter und Vertreterinnen von Stakeholder-Organisationen aus Stadt und dem Landkreis Osnabrück. Anhand ihres Tätigkeitsfeldes konnten diese Akteure in vier Hauptkategorien unterteilt werden: Naturschutzverbände, Behörden, Forschungsgruppen und Landnutzergруппen. Die Gruppe der Landnutzenden setzte sich aus je einem Akteur aus den Bereichen Jagd, Gewässerunterhaltung, Fischerei und Land-/Forstwirtschaft zusammen. Die Gruppe der Naturschutzverbände besteht aus drei Vertretern lokaler (Gemeinde) sowie regionaler (Kreis) Verbände und einem Verband aus dem direkt angrenzenden Kreis Steinfurt. Auch die Behörden wurden auf lokaler und regionaler Ebene befragt. Forschungsgruppen wurden von der Universität Osnabrück und der Hochschule Osnabrück ausgewählt. Aus jeder Kategorie wurden vier Akteure ausgewählt, die in Bezug auf ihren Arbeitsbereich, ihre Größe und ihren Einfluss in der Region möglichst unterschiedlich sind. Die Studie wurde mit einer Kombination aus digital geführten Experteninterviews mit den einzelnen Vertreterinnen und Vertretern und einer modifizierten Form der Nominalgruppentechnik (NGT) (SELINSKE et al., 2020) durchgeführt. Die Interviews dauerten im Durchschnitt 33 Minuten (SD = 10,3 min). Für die Transkription der Interviewaufnahmen wurde Amberscript (AMBERSRIPT BV, 2021) verwendet, für die anschließende Datenanalyse MAXQDA (VERBI GMBH,

2021). Gefragt wurde nach Problemen des Umweltschutzes in der Region, nach möglichen Lösungen für diese Probleme, nach limitierenden Faktoren, die die Umsetzung dieser Lösungen verhindern können, und nach konkreten Veränderungswünschen in Bezug auf die Kommunikation zwischen den verschiedenen Umweltakteuren. Die Antworten der Stakeholder auf diese Fragen wurden zu allgemeinen Änderungswünschen destilliert und zur Erstellung einer Rangliste für die NGT verwendet. Der eigentlich für Präsenzveranstaltungen entwickelte NGT-Prozess kann in fünf Schritte unterteilt werden (DELBECC & VAN DE VEN, 1971): (1) Individuelles Sammeln von Ideen, (2) Präsentation der Ideen in der Gruppe, (3) Diskussion der Ideen, (4) Ranking der Ideen, (5) Datenanalyse (GALLAGHER et al., 1993). Da das Design der NGT relativ frei an das jeweilige Forschungsdesign angepasst werden kann (HUGÉ & MUKHERJEE, 2018), wurden in dieser während der coronabedingten Kontaktbeschränkungen durchgeführten Studie die einzelnen Ideen (1) in Form von digitalen Experteninterviews erhoben. Dies eliminiert mögliche negative Gruppeneffekte, die bei Gruppeninterviews auftreten können. Darüber hinaus war es aufgrund der pandemischen Einschränkungen schwierig, Gruppen in geschlossenen Räumen zusammenzubringen. Die Schritte (2) und (3) wurden in ihrer ursprünglichen Form ausgelassen. Stattdessen wurden alle Ideen von den Interviewenden gesammelt. Ähnliche Ideen wurden zusammengefasst, um eine übermäßige Länge der Rangliste zu vermeiden. Wie bei SELINSKE et al. (2020) wurde über die Ranglisten mittels eines per E-Mail versandten Dokuments abgestimmt. Dieses Dokument enthielt die beiden Fragen „Welcher Aspekt des Umweltschutzes hier in der Region bereitet Ihnen die meisten Probleme?“ und „Was sollte sich im Umweltschutz in der Region am dringendsten ändern?“. Unter jeder Frage befand sich eine Tabelle mit allen gesammelten Ideen der Stakeholder-Gruppe. Die Stakeholder sollten in dieser Tabelle jeweils ihre fünf wichtigsten Aspekte ranken.

## Ergebnisse

Die im Anschluss an die Interviewstudie per E-Mail verschickten Ranking-Fragebögen ermöglichten eine Priorisierung der sehr umfangreichen Ergebnisse der Interviewanalysen, die bei Interesse in den beiden Abschlussarbeiten, die die Datenerhebung des Projektes umgesetzt haben, eingesehen werden können (DEDEN, 2022; GRAW, 2022). Bei den größten aktuellen Problemen im Naturschutzbereich (Tab. 1) wurden Konflikte zwischen den Akteuren am häufigsten unter den ersten fünf genannt. Des Weiteren sind ein mangelnder Informationsaustausch zwischen den Akteuren, Imageprobleme der Akteure, Probleme im Umgang mit bürokratischen Antrags- und Genehmigungsverfahren und der Mangel an für Naturschutzmaßnahmen geeigneten Flächen die Kernprobleme.

Dementsprechend steht die Verbesserung des Austauschs und die Reduzierung von Konflikten zwischen den Akteuren an erster Stelle der Änderungswünsche (Tab. 2). Insbesondere die Verbesserung der Kommunikation mit den Behörden wurde gesondert priorisiert. Ebenfalls von großer Relevanz sind regional angepasste Naturschutzmaßnahmen, eine Imageverbesserung durch intensivere Öffentlichkeitsarbeit und eine stärkere wissenschaft-



Ranking	Probleme	
3	Genehmigungs- und Antragsverfahren für Projekte zu kompliziert, riskant und langfristig	Extern
1	Mangel an finanziellen Ressourcen (im Gesamtsystem)	
1	Mangel an Human Resources (bei anderen Organisationen)	
1	Mangel an langfristigen Naturschutzprojekten (über zeitl. begrenzte Projekte hinaus)	
1	Mangelnde Attraktivität von freiwilligen Schutzmaßnahmen für Landnutzende	
0	Beschränkung der Naturschutzarbeit auf designierte Schutzgebiete	
3	Mangel an Flächen für Naturschutzprojekte	
1	Unzureichende Umsetzung von Umweltschutzrichtlinien und -maßnahmen durch mangelnden politischen Willen	
3	Interessenskonflikte zwischen Stakeholdern (hauptsächlich ideologisch oder finanziell motiviert)	
2	Imageprobleme und Mangel an Akzeptanz und Wissen in der Öffentlichkeit	
3	Imageprobleme	Intern
2	Mangel an Human Resources	
2	Zeitmangel / Überlastung	
0	Mangel an oder unsinnige Verteilung von finanziellen Ressourcen	
2	Bürokratie, komplizierte Antragsverfahren	
0	Beschränkung der Naturschutzarbeit auf designierte Schutzgebiete	
0	Mangel an Flächen für Naturschutzprojekte	
1	Mangel an politischem Willen für langfristige Projektimplementierung	
0	Mangel an praxisorientierten Komponenten in der Hochschullehre	
2	Desinteresse in der Verwaltung mit Bezug auf Umweltschutzbelange	
0	Ignoranz in Behörden gegenüber Umweltproblemen	
0	Mangel an überregionaler Zusammenarbeit zwischen den Gemeinden	
2	Wissenschftl. Erkenntnisse erreichen nicht die Praxis oder werden ignoriert	
5	Konflikte zwischen Stakeholdern	
4	Mangelnder Informationsaustausch zwischen Stakeholdergruppen	
1	Vernetzung mit anderen Organisationen zu zeitintensiv	

Tab. 1: Ranking-Tabelle der aus den Interviews generierten Probleme im regionalen Naturschutz. Im linken Teil der Tabelle die Häufigkeit der Nennung eines Problems in den Top-Five des Rankings. In der rechten Hälfte die ausformulierten Probleme. Grau hervorgehoben sind Probleme mit mehr als drei Nennungen in den Top-Five.

Ranking	Änderungswünsche	
1	Bürokratische Unterstützung bei der Beantragung von Finanzmitteln und Umstrukturierung der Mittelverteilung auf Bundes- und EU-Ebene	Extern
2	Bessere Personalausstattung, die eine stärkere Einbeziehung externer Akteure ermöglicht	
0	Person für die langfristige Pflege von Flächen, auf denen Umweltschutzprojekte durchgeführt wurden	
5	Regional angepasste Umweltschutzmaßnahmen	
1	Mehr Flächen für Umwelt- und Naturschutzprojekte	
1	Verstärkte Zusammenarbeit zwischen Gemeinden bei Naturschutzprojekten auf Landschaftsebene	Intern
4	Mehr Öffentlichkeitsarbeit und Umwelterziehung zu Umweltthemen	
1	Landnutzungsakteure sollten eine bessere Öffentlichkeitsarbeit bezüglich ihrer Beiträge zum Naturschutz leisten	
0	Digitale Stakeholder-Datenbank zur Verkürzung der Zeit, die für die Suche nach neuen Kooperationspartnern benötigt wird	
0	Geringere Arbeitsbelastung der wissenschaftlichen Akteure	
0	Stärkere überregionale Zusammenarbeit durch Aufweichung der kommunalen Zuständigkeitsgrenzen	Kommunikation
4	Behörden dazu bringen, sich als Partner der Interessengruppen zu verstehen	
3	Förderung des Wissens über Umweltschutzmaßnahmen in den öffentlichen Behörden	
1	Stärkung der Vernetzung zwischen Wissenschaft und regionalen Akteuren	
3	Verstärkter Einfluss wissenschaftlicher Erkenntnisse auf regionale Naturschutzmaßnahmen	
6	Verringerung von Konflikten durch verstärkten Austausch zwischen Konfliktparteien	
2	Imageverbesserung durch mehr Kommunikation und Transparenz	
4	Regelmäßige Treffen zum Austausch zwischen den Interessengruppen	
2	Schaffung zeitsparenderer Austauschformate	

Tab. 2: Ranking-Tabelle der aus den Interviews generierten Änderungswünsche für einen effektiveren regionalen Naturschutz. Im linken Teil der Tabelle die Häufigkeit der Nennung eines Problems in den Top-Five des Rankings. In der rechten Hälfte die ausformulierten Probleme. Grau hervorgehoben Probleme mit mehr als drei Nennungen in den Top-Five.

liche Fundierung regionaler Naturschutzmaßnahmen durch eine intensivere Einbindung der relevanten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich der Veränderungsbedarf in der Region weitgehend auf Aspekte konzentriert, die durch eine verbesserte Kommunikation zwischen den Akteuren angegangen werden können. Rein externe Probleme wie der allgegenwärtige Mangel an Flächen, Personal und Ressourcen im Naturschutz werden nur in geringerem Maße priorisiert.

## Diskussion

Die Auswertung der Ergebnisse aus den externen und internen Kategorien zeigte, dass die Akteure Probleme benannten, die für ihren negativen Einfluss auf die Wirksamkeit des Naturschutzes in Deutschland bekannt sind. Dazu gehören der Flächenmangel, der Mangel an langfristigen Projektlaufzeiten, die komplizierte und schwierige Finanzierung und Genehmigung von Projekten, die Unattraktivität von Naturschutzmaßnahmen für Landnutzungsgruppen und die Beschränkung der Naturschutzarbeit auf Schutzgebiete (BERR & JENAL, 2019; HAMPICKE, 2013; HUPKE, 2015). Ähnlich verhält es sich mit den Problemen des schlechten Images von Naturschutz- und Landnutzungsakteuren sowie dem Personal-mangel im Naturschutzbereich (BERKES et al., 2020; HELMLE, 2011; SCHUSTER, 2003; WALZ et al., 2013). Als weiteres Hauptproblem werden Konflikte zwischen den Beteiligten angeführt. Hervorgehoben wurden die sehr unterschiedlichen ideologischen Ansätze zum Umweltschutz, die sich auch auf die Umsetzung praktischer Maßnahmen auswirken. Insgesamt herrscht zwischen den einzelnen Akteuren ein „Kirchturmdenken“, das die Kommunikation erschwert. Vor allem ideologische Fragen führen zu einer Spaltung der Umweltakteure. Themen wie Windparks oder die Rückwanderung des Wolfes können kaum sachlich behandelt werden. Die Beziehungen seien in einigen Fällen seit Jahrzehnten zerrüttet. Viele Konflikte werden von den Akteuren als unlösbar angesehen, da zu viele Interessen bei der Umsetzung von Umweltschutzmaßnahmen eine Rolle spielen würden. Insgesamt ist das größte Konfliktpotenzial auf der sozialen Interaktionsebene zu verorten, wobei die Hauptauslöser Zielkonflikte und ideologische Konflikte sind. Letztere gehen mit einem hohen Maß an emotionaler Beteiligung einher. Starke emotionale Komponenten sind typisch für Landnutzungskonflikte (BUJIS & LAWRENCE, 2013; STOLL-KLEEMANN, 2001) und gelten als mögliche Ursachen für die Eskalation von Konflikten. Die Organisationsstruktur des Naturschutzes in der Region Osnabrück ist auf andere Regionen in Deutschland übertragbar (basierend auf der persönlichen Kommunikation mit diversen Akteuren mit überregionalen Aufgabenbereichen bei Projekt-treffen, Interviews und Konferenzen, 2021 – 2023). In der Region sind Lebensräume aus den folgenden Lebensraumkategorien des Anhangs I der EU-Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie vorhanden: Süßwasserlebensräume, gemäßigte Heiden- und Buschvegetation, natürliche und naturnahe Grünlandformationen, Hochmoore, felsige Lebensräume und Höhlen, Wälder des gemäßigten Europas. Die Landschaft unserer Beispielregion enthält somit Aspekte eines großen Teils der schützenswerten Lebensraumtypen Mitteleuropas und der damit verbundenen Nutzungskonflikte. Auch wenn jeder

Stakeholder-Konflikt mit seinen Ursachen und Lösungen immer als Einzelfall betrachtet werden sollte (WIELINGA & ROBIJN, 2020), gehen wir davon aus, dass die Probleme „unserer“ Stakeholder und die Lösungen, die sich aus unserer Befragung ergeben haben, in zahlreichen anderen Regionen anwendbar sind (PRZESDZINK, 2023; PRZESDZINK & FIEBELKORN, 2023). Hervorzuheben ist insgesamt der Fokus der Probleme und Änderungswünsche auf den Bereich des menschlichen Miteinanders (Interessenkonflikte, Kommunikationsprobleme, Bürokratie). Die Vielfalt der regionalen Akteurslandschaft birgt ein großes Potenzial und muss prinzipiell als Chance wahrgenommen werden. Im Alltag führt die Heterogenität jedoch vielerorts zu Problemen: Eine Vielfalt von Akteuren bedeutet auch eine Vielfalt von Einzelinteressen. Entsprechend hoch ist das Konfliktpotenzial. Verhärtete Fronten lähmen die Kommunikation und können ganze Umweltprojekte zum Scheitern bringen. Klimawandel, Bodendegradation oder der Verlust der biologischen Vielfalt sind allerdings Herausforderungen, die auch auf lokaler Ebene bewältigt werden müssen, wobei gleichzeitig ein Ausgleich mit den Interessen der Menschen vor Ort geschaffen werden muss. Ein starkes, durch freie Akteure ohne eigene Agenda gemanagtes Netzwerk regionaler Stakeholder, deren Bedürfnisse berücksichtigt werden, ist daher besonders wichtig. Ein regionales Management der Kommunikation zwischen Umweltakteuren ist notwendig, um langfristig effiziente Lösungen für Landnutzungskonflikte zu finden und den hohen Anforderungen an eine nachhaltige Regionalentwicklung gerecht zu werden.

## Quellenverzeichnis

- AMBERSRIPT GLOBAL B.V. (2021). Amberscript. [Software] <https://www.amberscript.com/>
- BALMFORD A, COWLING RM (2006) Fusion or failure? The future of conservation biology. *Conserv Biol* 20(3):692–695.
- BERKES, J., WILDRAUT, C. & MERGENTHALER, M. (2020). Chancen und Perspektiven für einen Dialog zwischen Landwirtschaft und Gesellschaft für mehr Akzeptanz und Wertschätzung-Einschätzungen von Branchenvertretern aus NRW. *Berichte über Landwirtschaft*, 98(1), 1–20.
- BERR, K. & JENAL, C. (Eds.). (2019). *Landschaftskonflikte*. Wiesbaden: Springer Fachmedien
- DEDEN, M. (2022). Optimierung der Kommunikation zwischen Umweltakteuren in der Region Osnabrück. Erhebung der Bedürfnisse von Naturschutzvereinen und Landnutzungsgruppen. Masterarbeit. Universität Osnabrück.
- DELBECQ, A. L. & VAN DE VEN, A. H. (1971). A Group Process Model for Problem Identification and Program Planning. *The Journal of Applied Behavioral Science*, 7(4), 466–492.
- GRAU, J. (2022). Optimierung der Kommunikation zwischen Umweltakteuren in der Region Osnabrück – Erhebung der Bedürfnisse der behördlichen und wissenschaftlichen Akteure. Bachelorarbeit. Universität Osnabrück.
- GUERRERO A. M., McALLISTER R. R. J., CORCORAN J. & WILSON K. A. (2013) Scale mismatches, conservation planning, and the value of social-network analyses. *Conserv Biol* 27(1):35–44. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2012.01964.x>
- HAMPICKE, U. (2013). Kulturlandschaft und Naturschutz: Proble-



me-Konzepte-Ökonomie. Springer Fachmedien Wiesbaden.

HELMLE, S. (2011). Darf es heute etwas Landwirtschaft sein? Über das Image der Landwirtschaft in Deutschland. *Journal of Socio-Economics in Agriculture* (Until 2015: *Yearbook of Socioeconomics in Agriculture*), 4(1), 35–58.

HUGÉ, J. & MUKHERJEE, N. (2018). The nominal group technique in ecology & conservation: Application and challenges. *Methods in Ecology and Evolution*, 9(1), 33–41.  
<https://doi.org/10.1111/2041-210X.12831>

HUPKE, K.-D. (2015). *Naturschutz – Ein kritischer Ansatz*. Springer Berlin

PRIMACK, R. B. (2008) *A primer of conservation biology*. Sinauer Associates.

PRZESDZINK, F. (2023). Optimierung des regionalen Naturschutzes durch eine „Vernetzungsberatung“ für seine Akteure. In Alfred Toepfer Akademie für Naturschutz (Hrsg., 2023): *Junge Naturschutz-Forschung in Niedersachsen – Ergebnisse des 1. Kolloquiums für Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler an der NNA. Naturschutz in Praxis und Forschung, Berichte aus der Alfred Toepfer Akademie für Naturschutz, Heft 1/2023*. (pp. 77-80), Schneverdingen

PRZESDZINK, F. & FIEBELKORN, F. (2023). Combining stakeholder and social network analysis to improve regional nature conservation. A case study from Osnabrück, Germany. In E. Aschenbrand et al. (Eds.), *Science and Research in, for and with UNESCO Biosphere Reserves, Conference Proceedings*. (pp. 54). Biosphere Reserves Institute.

SCHRAMM, E. & LITSCHER, J. (2014). Stakeholder-Dialoge – ein Instrument zur Bearbeitung von Konflikten um Biodiversität in mitteleuropäischen Wäldern. *Nat. Landsch*, 478-482.

SCHULTZ, L., DUIT, A. & FOLKE, C. (2011). Participation, adaptive co-management, and management performance in the world network of biosphere reserves. *World Development*, 39(4), 662-671. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2010.09.014>

SCHUSTER, K. (2003). Image und Akzeptanz von Naturschutz in der Gesellschaft. *Naturschutz in Deutschland – Eine Erfolgsstory?* 75, 80–89.

SELINSKE, M. J., GARRARD, G. E., GREGG, E. A., KUSMANOFF, A. M., KIDD, L. R., CULLEN, M. T., ... & BEKESSY, S. A. (2020). Identifying and prioritizing human behaviors that benefit biodiversity. *Conservation Science and Practice*, 2(9), 1–19.  
<https://doi.org/10.1111/csp2.249>

STOLL-KLEEMANN, S. (2001). Barriers to nature conservation in Germany: a model explaining opposition to protected areas. *Journal of Environmental Psychology*, 21(4), 369–385.  
<https://doi.org/10.1006/jevp.2001.0228>

TORKAR, G. & MCGREGOR, S. L. (2012). Reframing the conception of nature conservation management by transdisciplinary methodology: From stakeholders to stakeholders. *Journal for Nature Conservation*, 20(2), 65-71.  
<https://doi.org/10.1016/j.jnc.2011.10.002>

VERBI GMBH. (2021). MAXQDA (2020.4.2). [Software]  
<https://www.maxqda.de/>

WALZ, V. U., BASTIAN, O., KÄSTNER, A. & WENDE, W. (2013). Situation des Ehrenamts im Naturschutz - Ergebnisse einer Studie in Sachsen. *Naturschutz und Landschaftsplanung*, 45(8), 233–240.

WEBER, F., & WEBER, F. (2014). Naturparke als Regionalmana-

ger: Instrumente einer grenzüberwindenden und „nachhaltigen“ Regionalentwicklung?! In Grotheer, S. S., Arne Stepper, M. (Eds.) *Nimm's sportlich – Planung als Hindernislauf*. 48-61. Verlag der ARL-Akademie für Raumforschung und Landesplanung.

WIELINGA, E. & ROBIN, S. (2020). *Energising Networks: Tools for co-creation*. Wageningen Academic Publishers.

## Kontakt

Korrespondierender Autor:  
Felix Przesdzink, M.Sc.  
Universität Osnabrück, Fachbereich Biologie,  
Abteilung Biologiedidaktik  
Barbarastraße 11, 49076 Osnabrück  
[Felix.przesdzink@uos.de](mailto:Felix.przesdzink@uos.de)

Weitere Autorinnen und Autoren:  
Mareike Deden, M.Ed.  
[Mareike.deden@gmx.de](mailto:Mareike.deden@gmx.de)

Julia Graw, B.A.  
[j.graw@web.de](mailto:j.graw@web.de)

Dr. Florian Fiebelkorn  
Universität Osnabrück, Fachbereich Biologie,  
Abteilung Biologiedidaktik  
Barbarastraße 11, 49076 Osnabrück  
[flofiebelkor@uos.de](mailto:flofiebelkor@uos.de)





Mieke Koltermann

## Was hemmt oder fördert „Zertifizierte Natur- und Landschaftsführer und Landschaftsführerinnen“ in Niedersachsen bei der Weitergabe des im Lehrgang erlangten Wissens in eigenen Veranstaltungen? – Ergebnisse einer Fragebogenanalyse

### 1. In einfachen Worten: Womit beschäftigst du dich in deiner Arbeit?

Ich habe mich in meiner Bachelorarbeit mit der „Zertifizierung zu Natur- und Landschaftsführern und Landschaftsführerinnen“ (ZNL) in Niedersachsen beschäftigt. Mit Hilfe einer Online-Befragung habe ich erforscht, inwieweit und auf Grund welcher Anreize und Hemmnisse ZNLer und ZNLerinnen das im Lehrgang erlangte Wissen anschließend in Veranstaltungen weitergeben und welche Veränderungen die Zertifizierung hinsichtlich dieses Faktors weiter verbessern könnten.

### 2. Was fasziniert dich an der wissenschaftlichen Forschung zu Naturschutz-, Planungs- und Umweltschutzthemen?

Meiner Meinung nach kann man beobachten, dass in Zeiten von Klimawandel und Umweltzerstörung die Wertschätzung gegenüber der Natur immer mehr abnimmt. Ich glaube, dass gerade Umweltbildung hier einen Schlüsselfaktor hin zu einer gelungenen Natur-Mensch-Beziehung darstellen kann. Gerade das Arbeiten an der Schnittstelle zwischen Natur- und Geisteswissenschaften begeistert mich dabei. Durch meine Forschung am Beispiel der ZNL wollte ich dazu einen Beitrag leisten.

### 3. Was hat dich in deiner Arbeit am meisten überrascht?

Weniger überrascht, aber sehr gefreut hat mich, dass so viele Befragte ZNLer und ZNLerinnen ihr Wissen im Anschluss an den Lehrgang tatsächlich in Veranstaltungen weitergeben und sich somit die multiplikatorische Wirkung bspw. für den regionalen Naturschutz entfalten kann.

### 4. Welche Denkanstöße und Empfehlungen möchtest du Praktikerinnen und Praktikern oder Politikerinnen und Politikern mit auf den Weg geben?

Ich denke, dass die Bedeutung von Umweltbildung von Politikern und Politikerinnen teilweise noch unterschätzt wird. Hier bedarf es zum einen mehr Wertschätzung gegenüber den beteiligten Akteuren, wie den ZNLer und ZNLerinnen. Zum anderen sollte Umweltbildungsforschung mehr unterstützt und vorangetrieben werden, um diesen Bereich wissenschaftlich fundiert weiterentwickeln zu können und eine nachhaltige Transformation zu fördern.



ZNLer und ZNLerinnen im Einsatz



# Was hemmt oder fördert „Zertifizierte Natur- und Landschaftsführer und Landschaftsführerinnen“ in Niedersachsen bei der Weitergabe des im Lehrgang erlangten Wissens in eigenen Veranstaltungen? – Ergebnisse einer Fragebogenanalyse

What inhibits or encourages „certified nature and landscape guides“ in Lower Saxony to pass on the knowledge gained in the course in their own events? – results of a questionnaire analysis

Mieke Koltermann

## Zusammenfassung

Um zu erforschen, inwieweit und auf Grund welcher Anreize und Hemmnisse „Zertifizierte Natur- und Landschaftsführer und Landschaftsführerinnen“ in Niedersachsen das im Lehrgang erlangte Wissen anschließend in Veranstaltungen weitergeben, wurde eine Online-Befragung dieser Gruppe durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass die „Zertifizierung zu Natur- und Landschaftsführern und Landschaftsführerinnen“ (ZNL) bereits einen wichtigen Beitrag zu positiven Veränderungen in gesteigerter Quantität und Qualität des regionalen Veranstaltungsangebots leistet. Durch Veränderungen, wie einer Überarbeitung der Rezertifizierung, mehr Praxisbezug im Lehrgang oder einer stärkeren Unterstützung bei der Vermarktung, kann die ZNL weiter verbessert werden.

*ZNL, Zertifizierte Natur- und Landschaftsführer und Landschaftsführerinnen, BANU, BNE, Bildung für nachhaltige Entwicklung, Umweltbildung, Veranstaltungen, Fragebogen*

## Abstract

An online survey was conducted in order to investigate the extent to which “certified nature and landscape guides” in Lower Saxony subsequently pass on the knowledge acquired during the course in events, taking into account incentives and obstacles. The results show that the “Certification of Nature and Landscape Guides” (ZNL) is already making an important contribution to positive changes in the increased quantity and quality of regional events on offer. The ZNL can be further improved through changes such as a revision of the recertification, more practical relevance in the course or stronger support in marketing.

*ZNL, certified nature and landscape guides, BANU, ESD, education for sustainable development, environmental education, events, questionnaire*

doi: 10.23766/NiPF.202401.08

## Einleitung

Umweltbildung und Bildung für nachhaltige Entwicklung haben in den letzten Jahrzehnten einen immer höheren Stellenwert erlangt. In Zeiten von Klimawandel und Umweltzerstörung können sie einen wichtigen Beitrag hin zu einem nachhaltigeren Umgang mit der Natur leisten. Insbesondere die Anzahl außerschulischer Angebote ist in diesen Bereichen stark angestiegen (OVERWIEN, 2015).

Ein Beispiel für außerschulische Umweltbildung stellt die „Zertifizierung zu Natur- und Landschaftsführern und Landschaftsführerinnen“ (ZNL) dar, welche Anfang der 2000er Jahre durch den „Bundesweiten Arbeitskreis der staatlich getragenen Bildungsstätten im Natur- und Umweltschutz“ (BANU) deutschlandweit ins Leben gerufen worden ist (JAHN, 2023). Der Träger der ZNL für das Bundesland Niedersachsen ist die Alfred Toepfer Akademie

für Naturschutz (NNA), die jeweils mit einer ansässigen Organisation in einer der 14 ZNL-Regionen an naturkundlich bedeutenden Standorten in Niedersachsen zusammenarbeitet (NNA, o.D.a, o.D.c; SAUERMANN, 2019).

Das Ziel des Programms ist es, in Anlehnung an die Vorgaben des BANU, „Botschafter\*innen der Region“ (NNA, o.D.c) auszubilden, welche unter anderem die Besonderheiten der Natur und Landschaft vor Ort als Gästeführende in qualitativ hochwertigen Veranstaltungen vermitteln können (NNA, o.D.c; NATIONALE NATURLANDSCHAFTEN E.V., 2022; BANU, o.D.). Gleichzeitig soll durch den Lehrgang die Natur- und Heimatverbundenheit der Teilnehmenden gestärkt und der Netzwerkaufbau in der Region gefördert werden. Außerdem wird den ZNLern und ZNLerinnen eine nebenerwerbliche Einkommensquelle geboten und durch das Veranstaltungsangebot kann auch die lokale Wirtschaft wie bspw. der Tourismus unterstützt werden (BANU, 2014, o.D.; SAUERMANN, 2019).



Zum Erhalt eines Zertifikats wird an einem der Standorte in Deutschland ein Lehrgang im Umfang von 70 Stunden absolviert, welcher unter anderem Wissen über die regionale Natur und Methoden zu dessen Weitergabe vermittelt. Zum Abschluss muss eine dazugehörige Prüfung erfolgreich abgeschlossen werden, damit das Zertifikat zum ZNLER oder zur ZNLerin für die spezielle Region ausgestellt werden kann. Durch jährliche Fortbildungen und einer Hospitation wird das Zertifikat nach 5 Jahren verlängert und man wird rezertifiziert (NNA, o.D.a., o.D.b; BANU, 2014; BSR NIEDERSÄCHSISCHE ELBTALAU, 2019).

Seit der Entstehung des Zertifizierungsprogramms sind bereits viele regionale Lehrgänge veranstaltet und viele ZNLER und ZNLerinnen ausgebildet worden (SAUERMAN, 2019). Allerdings gibt es kaum Informationen über die tatsächliche multiplikatorische Wirkung des Programms, zum Beispiel, inwieweit Teilnehmende des Lehrgangs im Anschluss das erlangte Wissen auch wirklich in Veranstaltungen weitergeben. Das Ziel dieser Forschung ist deswegen, diese Wissenslücke in Bezug auf die ZNL in Niedersachsen zu schließen, indem sie versucht, durch einen explorativen Ansatz in einer Befragung erste Erkenntnisse zu erlangen. Dazu dienen die drei folgenden Forschungsfragen als Leitfaden:

1. Inwieweit geben „Zertifizierte Natur- und Landschaftsführer und Landschaftsführerinnen“ in Niedersachsen das im Lehrgang erlangte Wissen anschließend in Veranstaltungen weiter und erfüllen somit eines der Kernziele des Zertifizierungsprogramms, Botschafter und Botschafterinnen für die Natur und Landschaft der jeweiligen Region auszubilden?
2. Welche Anreize sind wirksam und welche Hemmnisse bestehen?
3. Welche Veränderungen könnten förderlich sein, um dieses Kernziel zu erreichen?

## Methode

Zur Untersuchung der Fragestellung wurde eine überwiegend quantitative, teilstandardisierte, schriftliche und anonyme Online-Befragung über das Portal Socio Survey durchgeführt. Der Link wurde über den E-Mail-Verteiler der NNA an die Zielgruppe – ZNLER und ZNLerinnen in Niedersachsen – weitergeleitet. Die Befragung fand vom 17.06 bis zum 30.06.2023 statt.

In dem Fragebogen wurden zu unterschiedlichen Themenbereichen Daten erhoben. Zum einen wurden Informationen zur Veranstaltungsdurchführung vor und nach der Zertifizierung erfasst. Außerdem wurden verschiedenen hemmende und fördernde Faktoren aufgelistet, die von den Teilnehmenden dann anhand von Likert Skalen bewertet und um weitere Aspekte ergänzt werden konnten. Zur Erarbeitung dieser Faktoren wurde zusätzlich ein Interview mit Frau Spiegel, der zuständigen Person für die ZNL im Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalau, geführt (SPIEGEL, 2023). Durch eine offene Frage wurden darüber hinaus konkrete Veränderungsvorschläge der Befragten am Zertifizierungsprogramm erfasst. Aber auch demografische Daten, wie Alter oder Tätigkeitsbereich, sowie ZNL bezogene Daten, wie die Region oder das Jahr der Zertifizierung, wurden erhoben.

Für die Auswertung der Umfrage und die graphische Darstellung wurde das Statistikprogramm R genutzt. Die offenen Fragen wurden durch Clusteranalysen (KIRCHHOFF et al., 2001) ausgewertet.

## Ergebnisse und Diskussion

### Beschreibung der Stichprobe

Die Anzahl der gültigen Fälle – die Befragten, die den Fragebogen bis zum Ende ausgefüllt haben – beträgt insgesamt 90, wobei 32 der Befragten männlich und 55 weiblich sind. Der Großteil der Teilnehmenden ist zwischen 50 und 69 Jahre alt. In Bezug auf die Tätigkeitsbereiche sind unter den Befragten vor allem Personen aus dem Umwelt- und Naturschutz, Rentner und Rentnerinnen bzw. Pensionäre und Pensionärinnen und Teilnehmende aus der Tourismusbranche vertreten.

Der Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer ist die Region, für welche die meisten der Befragten (n=29) die ZNL erhalten haben. Auch das Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalau (n=12) und der Naturpark Lüneburger Heide (n=11) sind vielfach repräsentiert. Außer für den Regionalpark Rosengarten ist jede der 14 ZNL-Regionen in der Umfrage mit mindestens zwei Teilnehmenden vertreten (s. Abb. 1). Fast alle der Befragten (n=83) haben ihren Hauptwohnsitz darüber hinaus in oder in der Nähe der Region, für die sie zertifiziert worden sind.

In Bezug auf das Jahr der Zertifizierung sind von den Anfängen 2004 bis 2023 viele Jahrgänge vertreten. Der größte Anteil der Teilnehmenden hat den Lehrgang 2021 (n=20), 2022 (n=15) und 2015 (n=12) abgeschlossen.

Bei der Frage, ob und wenn ja wie viele Rezertifizierungen abgeschlossen wurden, gab eine Vielzahl (n=42) an, keine absolviert zu haben. 28 Teilnehmende erhielten eine, zehn Teilnehmende zwei und sechs Personen drei Rezertifizierungen. Der große Anteil der ZNLER und ZNLerinnen ohne Rezertifizierung lässt sich möglicherweise auch dadurch erklären, dass viele Befragte erst kürzlich zertifiziert worden sind.

Zur Frage, welche Bereiche des ZNL-Lehrgangs die Teilnehmenden schwerpunktmäßig interessierten, wählten fast alle (n=83) die Option „Regionale Natur & Landschaft“. An zweiter Stelle stehen die „Exkursionen in die Region“ (n=65), gefolgt vom Bereich der „Kommunikation und Umweltdidaktik“ (n=58).

Für viele Befragte (n=39) war der Lehrgang überwiegend von privatem Interesse. Als beruflich nützlich bezeichnen 35 Teilnehmende die ZNL, elf weitere darüber hinaus als beruflich notwendig.

### 1. Forschungsfrage

Bezüglich der ersten Forschungsfrage lässt sich festhalten, dass etwa 41 % mehr ZNLER und ZNLerinnen nach Erhalt der Zertifizierung Veranstaltungen durchführen (n=85) als zuvor (n=48). Zehn Befragte haben allerdings mittlerweile – im Durchschnitt 3,5 Jahre nach Abschluss des Lehrgangs – aufgehört, Veranstaltungen anzubieten.

Viele Teilnehmende führen im Anschluss an die ZNL im Vergleich zu davor außerdem regelmäßiger oder weiterhin sehr oft Veranstaltung durch (s. Abb. 2). Die beiden Extrema 1-4x oder häufiger als 24x im Jahr wurden jedoch sowohl vor als auch nach der Zertifizierung am meisten gewählt, was auf große Unterschiede in der Häufigkeit des Veranstaltungsangebots und somit auch in der multiplikatorischen Wirkung der ZNLER und ZNLerinnen hindeutet. Darüber hinaus findet die Weitergabe des Wissens nach der Zertifizierung meist in nebenberuflichem oder ehrenamtlichem Rahmen statt, während Veranstaltungen davor nebenberuflich aber auch oftmals



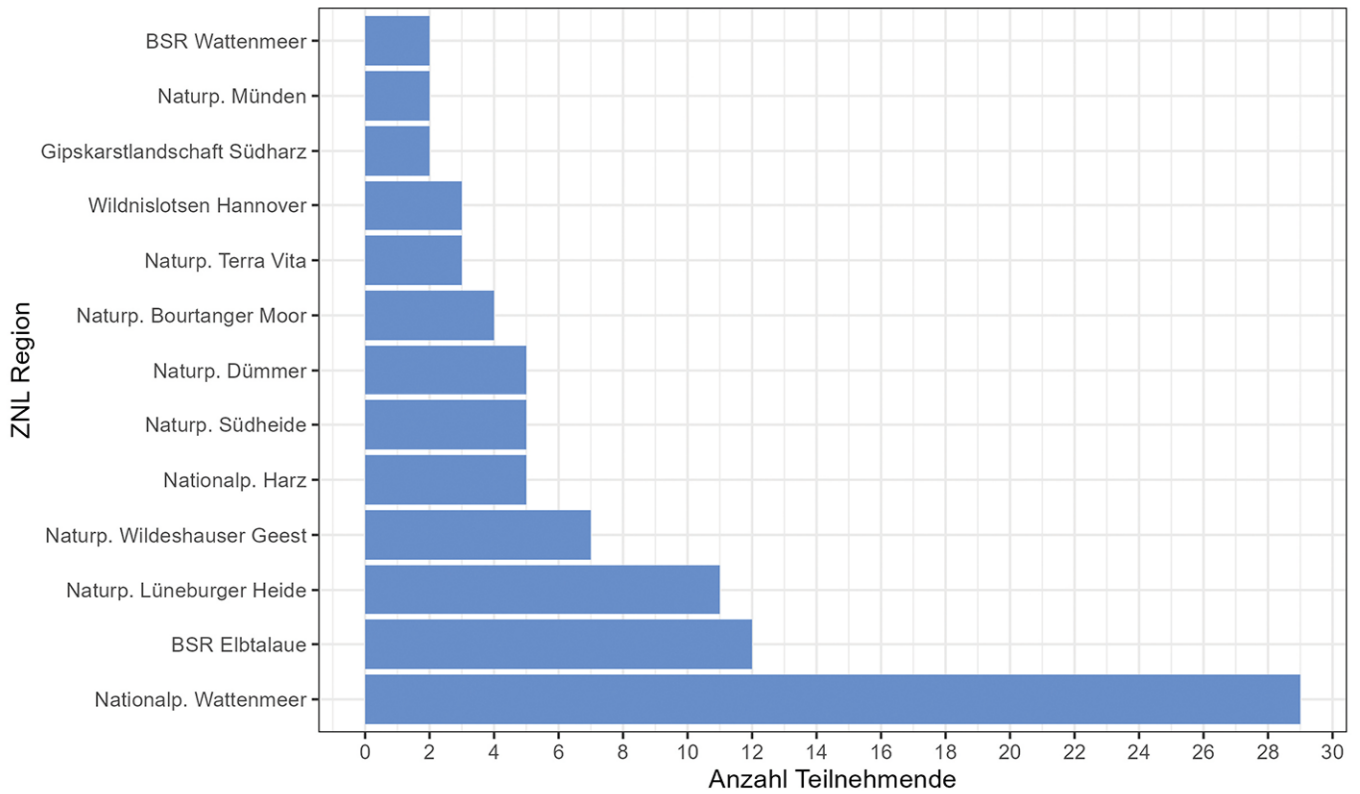


Abbildung 1: Anzahl der Teilnehmenden pro ZNL-Region

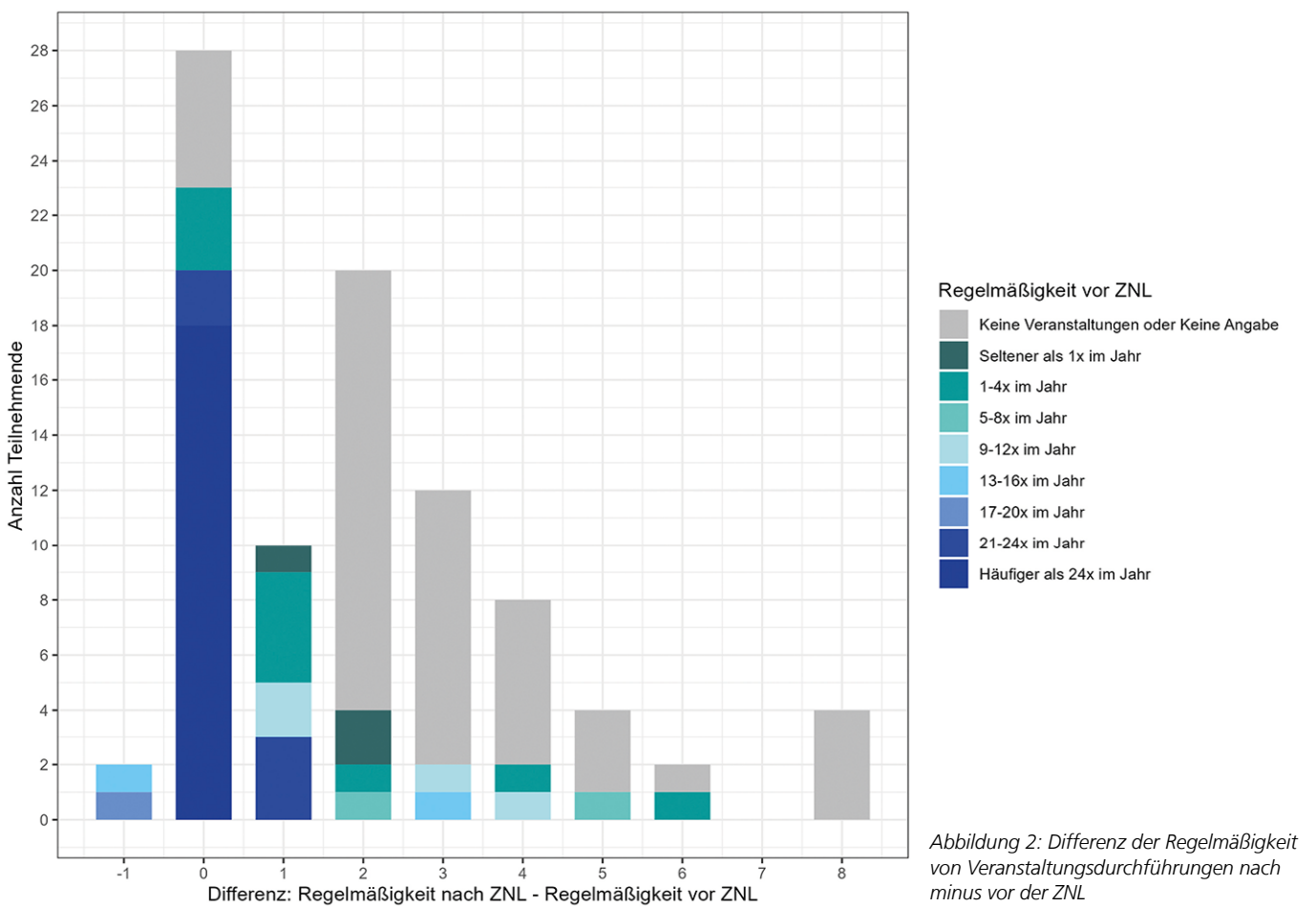


Abbildung 2: Differenz der Regelmäßigkeit von Veranstaltungsdurchführungen nach minus vor der ZNL



---

hauptberuflich im Rahmen des Berufes durchgeführt wurden.

Laut der Einschätzung einiger der Befragten, die bereits zuvor Erfahrungen mit der Veranstaltungsdurchführung gesammelt haben, sind das Ergebnis des Lehrgangs ein gestiegenes inhaltliches Wissen, neu erlernte Methoden sowie ein stärkerer Bezug zur Region. Das könnte für die angebotenen Veranstaltungen nach der ZNL bedeuten, dass sie zusätzlich zu der gestiegenen Quantität auch eine höhere Qualität besitzen.

## 2. Forschungsfrage

Die Befragung konnte auch einen ersten Eindruck über wichtige Anreize bzw. Hindernisse zur Durchführung von Veranstaltungen, also eine Antwort auf die zweite Forschungsfrage, liefern. Im Folgenden sollen die unterschiedlichen Faktoren anhand der jeweiligen Mittelwerte ( $\bar{x}$ ) der Likert Skala von sehr hemmend (1), eher hemmend (2), weder hemmend noch fördernd (3), eher fördernd (4) bis sehr fördernd (5) betrachtet werden.

Den Befragten zufolge wirken vor allem die Motivation zur Entwicklung und Durchführung von Veranstaltungen fördernd ( $\bar{x} = 4,333$ ). Aber auch die beiden Faktoren des vorhandenen Wissens für die Angebote ( $\bar{x} = 4,114$ ) oder das Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten, diese durchzuführen zu können ( $\bar{x} = 4,193$ ), wurden oftmals als fördernd eingestuft. Außerdem besteht eine signifikante positive Korrelation zwischen der Bewertung dieser beiden Faktoren ( $p < 0,001$ ), sodass sich vermuten lässt, dass Personen, die viel Wissen besitzen, auch mehr Vertrauen haben, dieses in Veranstaltungen weitergeben zu können. In Ergänzung wurde außerdem vielfach der fördernde Faktor der Bereicherung in der Arbeit als ZNLer und ZNLerin genannt.

Die Unterstützung sowohl durch andere Teilnehmende ( $\bar{x} = 3,807$ ) als auch durch die ZNL veranstaltende Institution ( $\bar{x} = 3,512$ ) wurde grundsätzlich eher als fördernd bewertet. Je nachdem wie stark die Unterstützung ausgeprägt ist, kann diese vermutlich einen sehr hemmenden oder einen sehr fördernden Charakter annehmen. In Zusammenhang mit den starken Korrelationen zwischen der Rezertifizierung und der Unterstützung der Teilnehmenden ( $p < 0,001$ ) bzw. der Unterstützung durch die Institution ( $p < 0,001$ ), kann angenommen werden, dass die Rezertifizierung dann entweder als bereicherndes Netzwerktreffen oder als weitere Hürde verschieden bewertet wird.

In Hinblick auf die hemmenden Komponenten wurden die Faktoren der verfügbaren Zeit ( $\bar{x} = 2,966$ ), Zahlungsbereitschaft für Veranstaltungen ( $\bar{x} = 2,962$ ) und die Motivation, eine Versicherung abzuschließen und Veranstaltungen zu vermarkten ( $\bar{x} = 3,025$ ), von den Befragten am ehesten als leicht hemmend eingestuft. Bezüglich des letzten Aspekts wurden zusätzlich fehlende Vermarktungsmöglichkeiten als weiteres Hemmnis ergänzt. Jedoch wurde keiner der aufgelisteten Faktoren von der Mehrzahl der Befragten als eher oder sehr hemmend bewertet (s. Abb. 3). Eine Ursache dafür könnte darin liegen, dass die Personen, die keine Veranstaltungen anbieten und für die Hindernisse vor allem wirksam sind, in der Stichprobe nur gering vertreten sind ( $n = 5$ ). Außerdem wurden die drei separat erfassten Hemmnisse – der gesundheitliche Zustand bzw. das Alter, anderes Engagement in Naturschutz oder Umweltbildung oder Konkurrenz zu anderen Führungen – größtenteils als nicht hemmend bewertet (s. Abb. 4). Möglicherweise handelt es sich eher um Hindernisse, die mehr in Einzelfällen als

generell relevant sind.

Allgemein wurde bei vielen Faktoren, bspw. bei der Nachfrage nach Veranstaltungen, die mittlere Option „weder hemmend noch fördernd“ am häufigsten ausgewählt (s. Abb. 3). Es wäre demnach auch denkbar, dass einige aufgelistete Faktoren nur geringen bis keinen Einfluss auf die Durchführung von Veranstaltungen haben.

## 3. Forschungsfrage

In Hinblick auf die dritte Forschungsfrage, d. h. den nötigen Veränderungen am Lehrgang für eine höhere Umsetzbarkeit der Inhalte in eigenen Veranstaltungen, lassen sich auf Basis der Vorschläge der Befragten folgende Schlussfolgerungen ziehen: Ein stärkerer Praxisbezug bereits im Lehrgang könnte die Transferdistanz verringern. Außerdem könnte eine Überarbeitung der Rezertifizierung, z. B. durch ein vielfältigeres Angebot an Fortbildungen, mehr ZNLer und ZNLerinnen dazu motivieren, langfristig Veranstaltungen anzubieten. Durch eine bessere Verständlichkeit des Moduls zu Recht und Finanzen könnten die Teilnehmenden außerdem bei dem Weg in die Selbstständigkeit hin zu einem Nebenerwerb unterstützt werden.

Aber auch das Überwinden von Hindernissen und das Verstärken von Anreizen stellen Ansätze für eine Weiterentwicklung dar. So könnte zum einen eine größere Unterstützung durch die Institution, z. B. bei der Bewerbung von Veranstaltungen oder im Aufbau von Netzwerken, hilfreich sein. Zum anderen dürfte aber auch ein stärkerer Fokus im Lehrgang auf die bedeutende Rolle, die ZNLer und ZNLerinnen im regionalen Naturschutz und in der Umweltbildung spielen, die Motivation und somit auch das Veranstaltungsangebot nach der Zertifizierung positiv beeinflussen.

## Fazit und Ausblick

Insgesamt konnte diese Bachelorarbeit erste Erkenntnisse in dem bisher kaum erforschten Feld der ZNL liefern. Es lässt sich auf Grundlage der Daten annehmen, dass der Lehrgang bereits einen wichtigen Beitrag zu positiven Veränderungen in gesteigener Quantität und Qualität des regionalen Veranstaltungsangebots nach der ZNL leistet und durch einzelne Veränderungen weiter verbessert werden kann. Aber es bleiben auch noch Fragen offen, zu denen weiter geforscht werden könnte.

So wäre es denkbar, Interviews mit Personen zu führen, die keine Veranstaltungen nach der ZNL durchführen. Dadurch könnte man mehr über deren Hindernisse erfahren, als es im Rahmen dieser Befragung möglich war. Letztendlich könnten die Ergebnisse dann neue Erkenntnisse liefern, wie die Transferdistanz zwischen dem Lehrgang und dem Umsetzen der Inhalte in eigenen Veranstaltungen verringert werden kann.

Grundsätzlich wäre es auch möglich, dass diese Befragung in ähnlicher Form in anderen Bundesländern, welche die ZNL anbieten, durchgeführt wird, um deutschlandweite Ergebnisse zu erhalten. Letztendlich wurde der Fokus in dieser Bachelorarbeit außerdem auf eines von mehreren Zielen der ZNL gelegt. Es wäre jedoch interessant zu erforschen, welche weiteren Wirkungen die ZNL entfalten kann, die über die reine Veranstaltungsdurchführung im Anschluss an den Lehrgang hinausgehen.



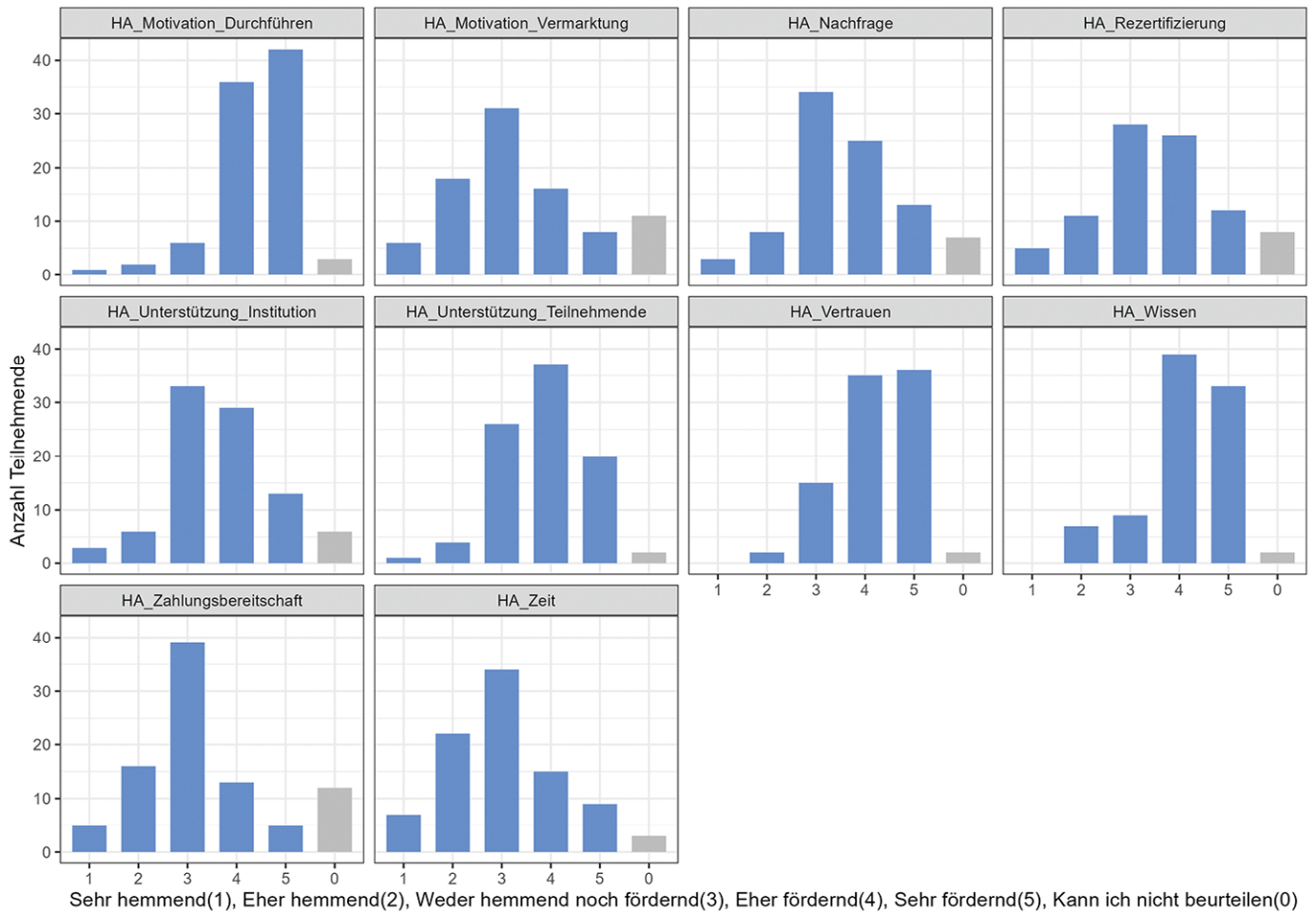


Abbildung 3: Beurteilung der hemmenden bzw. fördernden Wirkung der Faktoren durch die Befragten

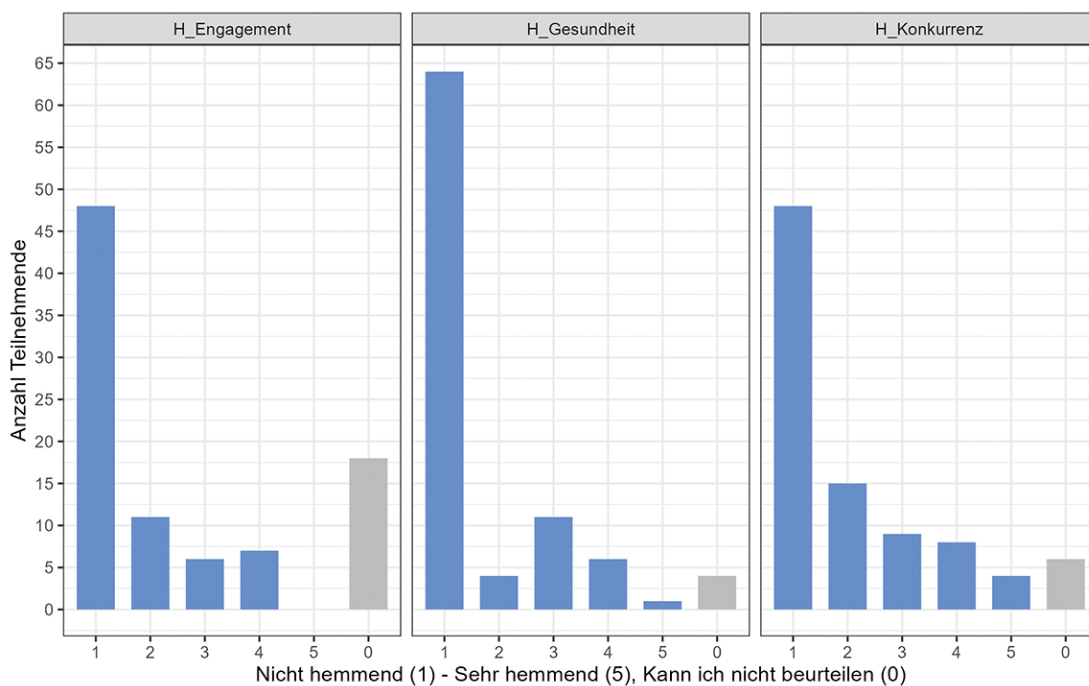


Abbildung 4: Beurteilung der hemmenden Wirkung der Faktoren durch die Befragten

Insgesamt könnten die Ergebnisse dieser Forschung in Zukunft also als Grundlage dienen, um die „Zertifizierung zu Natur- und Landschaftsführern und Landschaftsführerinnen“ weitergehend zu ergründen.

## Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die zum Entstehen dieser Bachelorarbeit beigetragen haben, insbesondere den ZNLern und ZNLerinnen, die an der Umfrage teilgenommen haben, und Anne Spiegel und Axel Jahn für die wertvollen Informationen, die ich durch die Interviews mit ihnen erlangen konnte.

## Quellenverzeichnis

NNA (o.D.a): Mit Begeisterung und Fachkenntnis: Zertifizierte Natur- und LandschaftsführerInnen (ZNL). Online verfügbar unter [https://www.nna.niedersachsen.de/startseite/bildungsprojekte\\_und\\_ruz/znl\\_natur\\_und\\_landschaftsfuehrerin/znl-22113.html](https://www.nna.niedersachsen.de/startseite/bildungsprojekte_und_ruz/znl_natur_und_landschaftsfuehrerin/znl-22113.html), zuletzt geprüft am 18.04.2023.

NNA (o.D.b): Qualitätssicherung für Naturführungen. NNA organisiert das jährliche Landestreffen der ZNL am Dämmer. Online verfügbar unter [https://www.nna.niedersachsen.de/startseite/aktuelles\\_und\\_service/presseinformationen/znl-jahrestreffen-152797.html](https://www.nna.niedersachsen.de/startseite/aktuelles_und_service/presseinformationen/znl-jahrestreffen-152797.html), zuletzt geprüft am 18.04.2023.

NNA (o.D.c): „Zertifizierte Natur- und LandschaftsführerInnen“ (ZNL) zeigen die Schätze ihrer Region. Online verfügbar unter [https://www.nna.niedersachsen.de/startseite/bildungsprojekte\\_und\\_ruz/znl\\_natur\\_und\\_landschaftsfuehrerin/znl-22113.html](https://www.nna.niedersachsen.de/startseite/bildungsprojekte_und_ruz/znl_natur_und_landschaftsfuehrerin/znl-22113.html), zuletzt geprüft am 17.04.2023.

BANU (o.D.): Zertifizierte/-r Natur- und Landschaftsführer/-in. Lehrgang mit BANU-Zertifikat. Online verfügbar unter <https://banu-akademien.de/project/zertifizierte-r-natur-und-landschaftsfuehrer-in/>, zuletzt geprüft am 03.05.2023.

BANU (2014): Lehrgangs- und Prüfungsordnung. Zertifizierte Natur- und LandschaftsführerIn Zertifizierter Natur- und Landschaftsführer. Online verfügbar unter <https://www.nna.niedersachsen.de/download/16264/Pruefungsordnung.pdf>, zuletzt geprüft am 27.04.2023.

BSR NIEDERSÄCHSISCHE ELBTALAE (2019): Neuer Lehrgang zur Zertifizierung von Natur- und Landschaftsführer/-innen. Online verfügbar unter [https://www.elbtalae.niedersachsen.de/startseite/service\\_aktuelles/presseinformationen/2020/neuer-lehrgang-zur-zertifizierung-von-natur-und-landschaftsfuehrer-innen-183457.html](https://www.elbtalae.niedersachsen.de/startseite/service_aktuelles/presseinformationen/2020/neuer-lehrgang-zur-zertifizierung-von-natur-und-landschaftsfuehrer-innen-183457.html), zuletzt aktualisiert am 11.02.2020, zuletzt geprüft am 18.04.2023.

JAHN, A. (2023): Persönliches Interview am 12.05.2023

KIRCHHOFF, S.; KUHNT, S.; LIPP, P. & SCHLAWIN, S. (2001): Der Fragebogen. Datenbasis, Konstruktion und Auswertung. 2. Auflage. Wiesbaden: Springer Fachmedien.

NATIONALE NATURLANDSCHAFTEN E.V. (2022): Nationalpark-Guides sind Teil des Nationalpark Partnernetzwerks Harz. Zertifizierte Natur- und Landschaftsführer\*in werden. Online verfügbar unter <https://partner.nationale-naturlandschaften.de/2022/10/05/nationalpark-guides-sind-teil-des-nationalpark-partnernetzwerks->

harz/, zuletzt geprüft am 18.04.2023.

OVERWIEN, B. (2015): Umwelt und nachhaltige Entwicklung. In: Bundeszentrale für politische Bildung, 19.03.2015. Online verfügbar unter <https://www.bpb.de/lernen/politischebildung/193097/umwelt-und-nachhaltige-entwicklung/>, zuletzt geprüft am 09.08.2023.

SAUERMAN, K. (2019): Bundesweiter Arbeitskreis der staatlich getragenen Umweltbildungsstätten. Premiumprodukt „Zertifizierte Natur- und Landschaftsführerinnen / Zertifizierte Natur- und Landschaftsführer“. In: Natur und Landschaft (2019) (94. Jahrgang, Sonderausgabe), S. 34f.

SPIEGEL, A. (2023): Persönliches Interview am 06.06.2023

## Kontakt

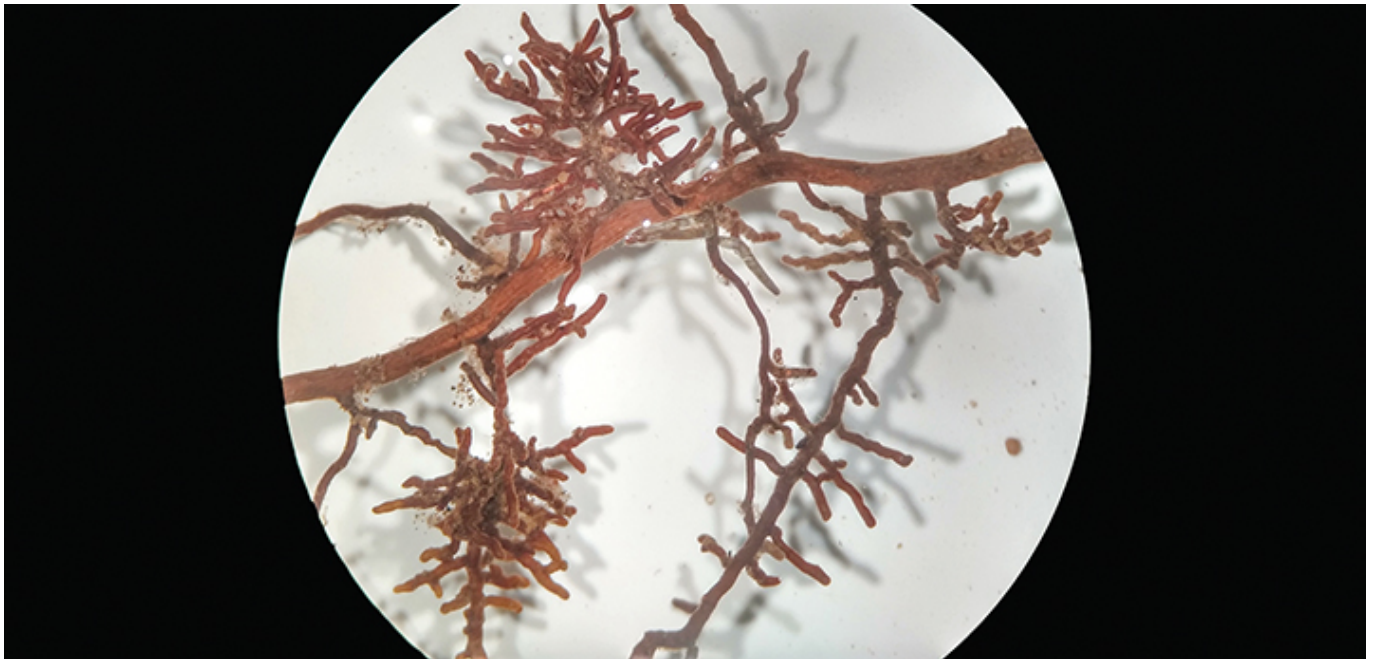
Mieke Koltermann, B.Sc.  
[mieke.koltermann@gmx.de](mailto:mieke.koltermann@gmx.de)





Katrin Pietig

## **Wurzelworkshop: Auf der Suche nach Wasser – Wie können sich Baumwurzeln an Trockenheit anpassen?**



Wurzel von *Pseudotsuga menziesii*

### **1. In einfachen Worten: Womit beschäftigst du dich in deiner Arbeit?**

Ich bin derzeit als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Albrecht-von-Haller-Institut für Pflanzenwissenschaften an der Universität Göttingen beschäftigt. In meiner Arbeit beschäftige ich mich mit temperaten Wäldern und unterirdischen Ökosystemprozessen, sowie dem Einfluss von Trockenheit auf Baumwurzeln.

### **2. Was fasziniert dich an der wissenschaftlichen Forschung zu Naturschutz-, Planungs- und Umweltschutzthemen?**

Naturschutz-, Planungs- und Umweltschutzthemen in der wissenschaftlichen Forschung faszinieren mich aufgrund ihrer globalen

Bedeutung, da es z. B. so viele verschiedene Ökosysteme und Arten auf unserem Planeten gibt. Die Erforschung im Speziellen von Pflanzen, Bäumen und Wurzeln ermöglicht es uns Menschen, die Funktionsweisen von Ökosystemen zu verstehen und mögliche Auswirkungen von Umweltveränderungen besser prognostizieren zu können.

### **3. Was hat dich in deiner Arbeit am meisten überrascht?**

Es ist stets erstaunlich, wie vielfältig und dynamisch die Natur um uns herum ist. Diese fortwährende Vielfalt eröffnet Forscherinnen und Forschern immer wieder die Möglichkeit, faszinierende Aspekte unserer Umwelt zu erkunden und neues Wissen zu gewinnen.

# Wurzelworkshop: Auf der Suche nach Wasser – Wie können sich Baumwurzeln an Trockenheit anpassen?

## Workshop about roots: In search of water – How tree roots adapt to drought

Katrin Pietig

### Zusammenfassung

Die Wurzeln von Bäumen sind überlebenswichtige Organe, welche u. a. die Nährstoff- und Wasseraufnahme des Baumes sicherstellen. Sie sind eine Einflussgröße im Bodenwasserhaushalt und können auf verschiedenste Weisen durch Trockenheit beeinflusst werden. Im Laufe der Zeit haben sie einige Anpassungsmechanismen entwickelt. Umweltbildungsmaßnahmen in Form von Wurzelworkshops ermöglichen es, verschiedene Aspekte von Wurzeln, wie z. B. ihre Morphologie oder Ektomykorrhiza-Assoziationen, zu untersuchen. An realen Beispielen können Workshopteilnehmende etwas über mögliche Anpassungsstrategien lernen und die Relevanz von Wurzeln in Hinblick auf die Zukunft unserer Wälder hautnah erleben.

*Wurzeln, Bodenwasser, Morphologie, Mykorrhiza, Wurzelworkshop*

### Abstract

The roots of trees are essential organs that ensure the uptake of nutrients and water for the tree's survival. They play a significant role in the soil-water balance and can be influenced in various ways by drought. However, trees have evolved several adaptation strategies against drought. Environmental education in form of root workshops provide opportunities to explore various aspects of roots, such as their morphology or ectomycorrhizal associations. Through real-life examples, workshop participants can learn about potential adaptation strategies and experience firsthand the importance of roots in the context of the future of our forests.

*roots, soil water, morphology, mycorrhiza, workshop about roots*

doi: 10.23766/NiPF.202401.09

### Einführung

Neben dem oberirdischen Teil eines Baumes mit seinen Blättern, Zweigen und dem Stamm haben Bäume auch eine versteckte unterirdische Hälfte. Diese besteht aus einem verwachsenden Geflecht aus Wurzeln. Wurzeln bilden überlebenswichtige Organe für den Baum, denn sie stellen den Kontakt zwischen Baum und Boden dar (BRUNNER et al., 2015; ESHEL & BEECKMAN, 2013; GERMON et al., 2020). In den vergangenen Jahren (2018 und 2019) haben die Bäume in Deutschland stark unter extremen Dürreperioden gelitten (THONFELD et al., 2022). Die Wasserspeicherkapazität des Bodens und die Dynamik der Bodenwasserentnahme durch die Wurzeln sind wichtige Faktoren, die die hydrologischen Schwellenwerte der Baumarten angesichts eines sich immer stärker erwärmenden und trockeneren Klimas bestimmen (FAN et al., 2017; AMELUNG et al., 2018). BOEING et al. (2022) haben gezeigt, dass die Intensität der Bodentrockenheit bis 2 m Bodentiefe in den vergangenen Jahren alarmierend zugenommen hat. Zudem existieren große regionale Unterschiede in der Feuchtigkeit des Bodens (BOEING et al., 2022). Niedrige Bodenfeuchtigkeit kann Wurzeln Trockenstress aussetzen (MEIER et al., 2018).

Für die meisten Pflanzenwurzeln und besonders für Baumwurzeln gilt, dass Wurzeln eine Schlüsselrolle in der Funktion und Leistung des Organismus Baum übernehmen und zusätzlich in einer Vielzahl verschiedener ökologischer Prozesse involviert sind (LOZANOVA et al., 2019). Zu den wichtigsten Aufgaben von Baumwurzeln zählt die Aufnahme von Wasser und Nährstoffen aus dem Boden (YANG et al., 2023). Das durch Feinwurzeln aufgenommene Wasser und die gelösten Nährelemente werden durch Wurzeln größerer Durchmesser an andere Organe eines Baumes weitergeleitet (GERMON et al., 2020). Doch auch die Verankerung und Stabilität von Bäumen im Boden werden besonders durch dickere Wurzeln mit einem großen Durchmesser sichergestellt (COUTTS, 1968). Durch die Aufnahme von Wasser aus dem Boden gelten die Wurzeln damit als Einflussgröße im Bodenwasserhaushalt (AMELUNG et al., 2018). Kommt es nun zu einer Dürreperiode und Trockenheit, können die Wurzeln in ihrem Wachstum und ihrer Struktur beeinträchtigt werden. MCCORMACK & GUO (2014) konnten u. a. nachweisen, dass eine geringere Bodenfeuchtigkeit in einer kürzeren Lebensdauer von Feinwurzeln und einem damit verbundenen höheren Wurzelumsatz resultieren. Weiter nimmt die hydraulische Leitfähigkeit zwischen den Wurzeln und dem Boden ab, was zu



verminderten Wasser- und Nährstoffaufnahmeleistungen führen kann (BRUNNER et al., 2015; CHOAT et al., 2019). Eine weitere Beeinträchtigung des Wurzelsystems kann entstehen, wenn Luft in die Leitbahnen der Wurzeln gelangt und Luftbläschen (Embolien) das hydraulische Netzwerk des Baumes schädigen (BRODERSEN et al., 2013; CHOAT et al., 2019). All diese Beeinträchtigungen können zu einer ansteigenden Mortalität der Wurzeln und im schlimmsten Fall sogar zum Absterben des Baumes führen (ANDEREGG et al., 2013; MEIER & LEUSCHNER, 2008). Ist eine größere Anzahl von Bäumen betroffen, ist eine reduzierte Waldgesundheit und eine abnehmende Produktivität die Folge (BRUNNER et al., 2015). Dennoch bestehen nach wie vor Wissenslücken und weiterer Forschungsbedarf, die Sensitivität und die Anpassung von Bäumen an Trockenheit zu untersuchen (FUCHS et al., 2020).

Einige mögliche Anpassungsstrategien von Baumwurzeln an eine reduzierte Wasserverfügbarkeit sind allerdings schon bekannt. Diese Mechanismen unterscheiden sich teilweise zwischen den verschiedenen Baumarten (BRUNNER et al., 2015). Eine mögliche Antwort auf Trockenstress ist die Anpassung der Wurzelbiomasse (MEIER & LEUSCHNER, 2008). Entlang des Bodenprofils kann die vertikale Biomasseverteilung stark variieren (FAN et al., 2017). Baumarten mit einer größeren maximalen Wurzeltiefe sind in der Lage, auch tiefere, vorher unerreichbare Wasserreservoirs zu erschließen (GERMON et al., 2020). Dies ermöglicht eine gesicherte Wasseraufnahme auch bei Trockenheit im Oberboden (GERMON et al., 2020). Neben der Wurzeltiefe ist auch die Morphologie von Wurzeln entscheidend für eine effiziente Wasser- und Nährstoffaufnahme (MEIER et al., 2018). Bei geringer Wasserverfügbarkeit können beispielsweise Adaptionen in der Anzahl der Wurzelspitzen und -verzweigungen vorgenommen werden, oder die Wurzellänge und der Durchmesser der Wurzeln verändern sich (BRUNNER et al., 2015; FRESCHET et al., 2021). Ein in der Öffentlichkeit immer präsenteres Thema ist der Einfluss von Mykorrhiza-Pilzen auf die Baumwurzeln.

## Wurzelworkshop

Um die Relevanz und Bedeutung von Baumwurzeln in der Gesellschaft deutlich zu machen und zu bewerben eignen sich verschiedene Umweltbildungsmaßnahmen. Eine gute Möglichkeit um Wissen zu vermitteln, bieten Workshops. Innerhalb einer kurzen Zeitspanne ist es möglich, Menschen verschiedene Bereiche der Wurzelforschung hautnah zum Anfassen anzubieten. Je nach infrastrukturellen und zeitlichen Voraussetzungen ist es möglich, von der Beprobung von Wurzeln bis hin zu ersten optischen Analysen, unterschiedliche Schritte der Wurzelforschung zu durchlaufen. Die Zielstellung des Workshops definiert, welche und wie viele der im Folgenden beschriebenen möglichen Methoden genutzt werden können.

### 1. Beprobung von Wurzeln

Für die Beprobung von Wurzeln gibt es viele verschiedene Methoden. Im Rahmen eines Workshops bietet sich beispielsweise die Probenahme mittels eines Stechrahmens in einem sich in der Nähe befindenden Wald an, vorausgesetzt, es liegt eine Geneh-

migung durch den Waldbesitzenden vor (Abb. 1). Zufällig verteilt oder mit festgelegten Abständen zum nächsten Baum können je nach Anzahl an Teilnehmenden verschieden viele Monolithe (quadratische Bodenblöcke) beprobt werden. Hierzu wird die organische Auflage und die Humusschicht des Bodens abgetragen und mittels Stechrahmens (z. B. 25x25x10 cm) ein volumengerechtes Stück Boden entnommen. Alternativ zum Stechrahmen können auch zylindrische Bodenbohrer genutzt werden, um volumenmäßig kleinere Wurzelproben zu entnehmen (FRESCHET et al., 2021).



Abbildung 1:  
Entnahme von  
Wurzelproben mittels  
Stechrahmen in einem  
Buchenwald.

## 2. Verarbeitung der Wurzeln

Um die Wurzeln vom Boden zu lösen, bietet es sich an, die Wurzelprobe ein paar Stunden in Wasser einweichen zu lassen. Anschließend können die Wurzeln mit Hilfe eines Wasserschlauchs mit Düse vorsichtig von Erde befreit und gewaschen werden (FRESCHET et al., 2021).

## 3. Analyse der Wurzelproben

### 3.1 Klassifizierung der Wurzeln

Je nachdem, ob es sich bei dem beprobten Waldbestand um einen Rein- oder Mischbestand handelt, können viele unterschiedliche Wurzeln von verschiedenen Baumarten in der Probe gefunden werden. Steht ein Labor mit Stereomikroskopen zur Verfügung, können die verschiedenen Wurzeln darunter betrachtet werden (Abb. 2). Die Wurzeln der verschiedenen Baumarten unterscheiden sich hinsichtlich der Farbe und anderer morphologischer Merkmale (HÖLSCHER et al., 2002), so z. B. auch bei den Wurzeln der in Deutschland wachsenden *Pseudotsuga menziesii* (Douglasie) und *Fagus sylvatica* (Buche) (Abb. 2). Ebenso können die Wurzeln auch hinsichtlich ihrer Vitalität in die Kategorien tot und lebendig eingeordnet werden (FRESCHET et al., 2021). Unter der Zuhilfenahme eines Messschiebers können die Wurzeln auch in die verschiedenen Durchmesserklassen: Feinwurzeln (< 2 mm), Schwachwurzeln

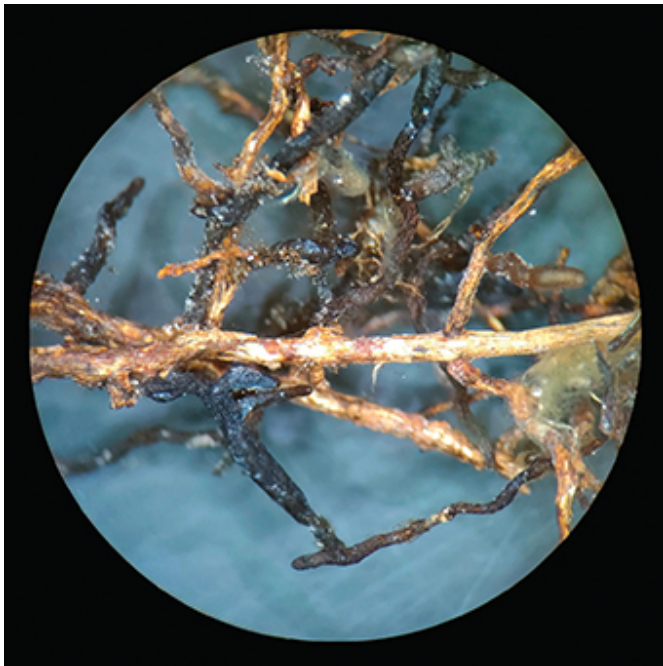


Abbildung 2: Fotos von Feinwurzeln mit Ektomykorrhizen der Baumarten a) *Pseudotsuga menziesii* und b) *Fagus sylvatica*.

(2- 5 mm) und Grobwurzeln (> 5 mm) klassifiziert werden (BÖHM, 1979). Der Leiter bzw. die Leiterin des Workshops sollte vorab mit den Workshopteilnehmenden notwendige Kriterien zur Unterscheidung der Wurzeln und deren jeweilige Funktion besprechen.

### 3.2 Morphologie der Wurzeln

Die Morphologie von Wurzeln kann Aufschluss darüber geben, wie Wurzeln unterirdisch den Boden erschließen, um Wasser und Nährstoffe aufnehmen zu können (FRESCHET & ROUMET, 2017). Morphologische Eigenschaften geben Hinweise in welcher Weise sich Wurzeln an klimatische und edaphische Gegebenheiten anpassen können (COMAS et al., 2013). Zu den relativ einfach zu messenden Merkmalen zählt z.B. der Durchmesser von Feinwurzeln (FRESCHET et al., 2021). So kommen beispielsweise dickere Feinwurzeln bevorzugt in tonreicheren Böden mit einer höheren Bodendichte vor (MATERECHERA et al., 1992). Dünnere Feinwurzeln stehen oft in Verbindung mit einer größeren spezifischen Wurzellänge und sind so besser an die Wasserabsorption in grobkörnigeren Böden angepasst (FRESCHET et al., 2021). Mittels eines Messschiebers kann im Rahmen eines Wurzelworkshops grob der Durchmesser von verschiedenen Feinwurzeln gemessen werden. Dieser unterscheidet sich oft nicht nur zwischen verschiedenen Standorten, sondern auch zwischen verschiedenen Baumarten.

### 3.3 Assoziation der Wurzeln mit Ektomykorrhizen

Mykorrhizen sind eine Form der mutualistischen Symbiose zwischen höheren Pflanzen und Pilzen. Schon vor über 400 Millionen Jahren hat sich diese Symbiose zwischen Pflanzen und Pilzen entwickelt (ALLEN, 2022). Der Pilz erhält von der Pflanze Kohlenhydrate, im Gegenzug leitet er wichtige Nährstoffe wie Stickstoff und Phosphor an die Pflanze weiter (VAN DER HEIJDEN et al., 2015). Weiter kann der Pilz durch die vergrößerte Absorptionsoberfläche zu einer erhöhten Wasseraufnahme beitragen. Dieses ist besonders bei Trockenheit von Vorteil (ALLEN, 2022). Es existieren ver-

schiedene Formen der Mykorrhiza-Symbiose, von denen eine die Ektomykorrhizen sind (FINLAY, 2008). Es gibt eine hohe Diversität an Ektomykorrhiza-Pilzen und für eine genaue Artbestimmung sind genetische Methoden nötig (VARMA, 1999). Dennoch können auch optisch unter Zuhilfenahme eines Stereomikroskops verschiedene Morphotypen von Ektomykorrhizen mit ihren vielen verschiedenen Farben und Formen identifiziert und betrachtet werden (Abb. 2) (AGERER, 1987-2012).

Die fünf oben genannten Methoden können im Rahmen eines Wurzelworkshops angewendet werden. Jede einzelne Methode dient dazu, dass sich die Workshopteilnehmenden mit dem Thema Wurzeln aus einer anderen Sichtweise auseinandersetzen. Am Ende des Workshops können hoffentlich alle Teilnehmenden ein bisschen in die unterirdische Welt der Wurzeln eintauchen und ihre Vielfalt und Relevanz für die Bäume und unsere Wälder in einer sich immer stärker verändernden Zukunft nachvollziehen.

### Literaturverzeichnis

- AGERER, R. (1987-2012). Colour atlas of ectomycorrhizae. Einhorn-Verlag Dietenberger.
- ALLEN, M. F. (2022). Mycorrhizal dynamics in ecological systems. Cambridge University Press.  
<https://doi.org/10.1017/9781139020299>
- AMELUNG, W., BLUME, H.-P., FLEIGE, H., HORN, R., KANDELER, E., KÖGEL-KNABNER, I., KRETZSCHMAR, R., STAHR, K. & WILKE, B.-M. (2018). Scheffer/Schachtschabel Lehrbuch der Bodenkunde (17. Aufl.). Springer Spektrum.  
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-55871-3>
- ANDEREGG, W. R. L., KANE, J. M. & ANDEREGG, L. D. L. (2013). Consequences of widespread tree mortality triggered by drought and temperature stress. Nature Climate Change, 3(1), 30–36.  
<https://doi.org/10.1038/nclimate1635>

- BOEING, F., RAKOVEC, O., KUMAR, R., SAMANIEGO, L., SCHRÖN, M., HILDEBRANDT, A., REBMANN, C., THOBER, S., MÜLLER, S., ZACHARIAS, S., BOGENA, H., SCHNEIDER, K., KIESE, R., ATTINGER, S. & MARX, A. (2022). High-resolution drought simulations and comparison to soil moisture observations in Germany. *Hydrology and Earth System Sciences*, 26(19), 5137–5161. <https://doi.org/10.5194/hess-26-5137-2022>
- BÖHM, W. (1979). *Methods of studying root systems*. Springer.
- BRODERSEN, C. R., McELRONE, A. J., CHOAT, B., LEE, E. F., SHACKEL, K. A. & MATTHEWS, M. A. (2013). In vivo visualizations of drought-induced embolism spread in *Vitis vinifera*. *Plant Physiology*, 161(4), 1820–1829. <https://doi.org/10.1104/pp.112.212712>
- BRUNNER, I., HERZOG, C., DAWES, M. A., AREND, M. & SPERISEN, C. (2015). How tree roots respond to drought. *Frontiers in Plant Science*, 6, Artikel 547, 1–16. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00547>
- CHOAT, B., NOLF, M., LOPEZ, R., PETERS, J. M. R., CARINS-MURPHY, M. R., CREEK, D. & BRODRIBB, T. J. (2019). Non-invasive imaging shows no evidence of embolism repair after drought in tree species of two genera. *Tree Physiology*, 39(1), 113–121. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpy093>
- COMAS, L. H., BECKER, S. R., CRUZ, V. M. V., BYRNE, P. F. & DIERIG, D. A. (2013). Root traits contributing to plant productivity under drought. *Frontiers in Plant Science*, 4, Artikel 442. <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00442>
- COUTTS, M. P. (1968). Components of Tree Stability in Sitka Spruce on Peaty Gley Soil. *Forestry*, 59(2). <https://doi.org/10.1093/forestry/59.2.173>
- ESHEL, A. & BEECKMAN, T. (Hrsg.). (2013). *Plant roots: The hidden half* (4. ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b14550>
- FAN, Y., MIGUEZ-MACHO, G., JOBBÁGY, E. G., JACKSON, R. B. & OTERO-CASAL, C. (2017). Hydrologic regulation of plant rooting depth. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 114(40), 10572–10577. <https://doi.org/10.1073/pnas.1712381114>
- FINLAY, R. D. (2008). Ecological aspects of mycorrhizal symbiosis: with special emphasis on the functional diversity of interactions involving the extraradical mycelium. *Journal of Experimental Botany*, 59(5), 1115–1126. <https://doi.org/10.1093/jxb/ern059>
- FRESCHET, G. T., PAGÈS, L., IVERSEN, C. M., COMAS, L. H., REWALD, B., ROUMET, C., KLIMEŠOVÁ, J., ZADWORNÝ, M., POORTER, H., POSTMA, J. A., ADAMS, T. S., BAGNIEWSKA-ZADWORNÁ, A., BENGOUGH, A. G., BLANCAFLOR, E. B., BRUNNER, I., CORNELISSEN, J. H. C., GARNIER, E., GESSLER, A., HOBBIÉ, S. E., . . . & McCORMACK, M. L. (2021). A starting guide to root ecology: strengthening ecological concepts and standardising root classification, sampling, processing and trait measurements. *The New Phytologist*, 232(3), 973–1122. <https://doi.org/10.1111/nph.17572>
- FRESCHET, G. T. & ROUMET, C. (2017). Sampling roots to capture plant and soil functions. *Functional Ecology*, 31(8), 1506–1518. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12883>
- FUCHS, S., HERTEL, D., SCHULDT, B. & LEUSCHNER, C. (2020). Effects of Summer Drought on the Fine Root System of Five Broadleaf Tree Species along a Precipitation Gradient. *Forests*, 11(3), Artikel 289. <https://doi.org/10.3390/f11030289>
- GERMON, A., LACLAU, J.-P., ROBIN, A. & JOURDAN, C. (2020). Deep fine roots in forest ecosystems: Why dig deeper? *Forest Ecology and Management*, 466, Artikel 118135. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118135>
- HÖLSCHER, D., HERTEL, D., LEUSCHNER, C. & HOTTKOWITZ, M. (2002). Tree species diversity and soil patchiness in a temperate broad-leaved forest with limited rooting space. *Flora – Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 197(2), 118–125. <https://doi.org/10.1078/0367-2530-00021>
- LOZANOVA, L., ZHIYANSKI, M., VANGUELOVA, E., DONCHEVA, S., MARINOV, M. P. & LAZAROVA, S. (2019). Dynamics and Vertical Distribution of Roots in European Beech Forests and Douglas Fir Plantations in Bulgaria. *Forests*, 10(12), Artikel 1123. <https://doi.org/10.3390/f10121123>
- MATERECHERA, S. A., ALSTON, A. M., KIRBY, J. M. & DEXTER, A. R. (1992). Influence of root diameter on the penetration of seminal roots into a compacted subsoil. *Plant and Soil*, 144(2), 297–303. <https://doi.org/10.1007/BF00012888>
- McCORMACK, M. L. & GUO, D. (2014). Impacts of environmental factors on fine root lifespan. *Frontiers in Plant Science*, 5, Artikel 205. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00205>
- MEIER, I. C., KNUTZEN, F., EDER, L. M., MÜLLER-HAUBOLD, H., GOEBEL, M.-O., BACHMANN, J., HERTEL, D. & LEUSCHNER, C. (2018). The Deep Root System of *Fagus sylvatica* on Sandy Soil: Structure and Variation Across a Precipitation Gradient. *Ecosystems*, 21(2), 280–296. <https://doi.org/10.1007/s10021-017-0148-6>
- MEIER, I. C. & LEUSCHNER, C. (2008). Genotypic variation and phenotypic plasticity in the drought response of fine roots of European beech. *Tree Physiology*, 28(2), 297–309. <https://doi.org/10.1093/treephys/28.2.297>
- THONFELD, F., GESSNER, U., HOLZWARTH, S., KRIESE, J., DA PONTE, E., HUTH, J. & KUENZER, C. (2022). A First Assessment of Canopy Cover Loss in Germany's Forests after the 2018–2020 Drought Years. *Remote Sensing*, 14(3), Artikel 562. <https://doi.org/10.3390/rs14030562>
- VAN DER HEIJDEN, M. G. A., MARTIN, F. M., SELOSSE, M.-A. & SANDERS, I. R. (2015). Mycorrhizal ecology and evolution: the past, the present, and the future. *The New Phytologist*, 205(4), 1406–1423. <https://doi.org/10.1111/nph.13288>
- VARMA, A. (1999). *Mycorrhiza: Structure, Function, Molecular Biology and Biotechnology* (2. Aufl.). Springer.
- YANG, Y., McCORMACK, M. L., HU, H., BAO, W. & LI, F. (2023). Linking fine-root architecture, vertical distribution and growth rate in temperate mountain shrubs. *Oikos*, 2023(1). <https://doi.org/10.1111/oik.08491>

## Kontakt

Katrin Pietig, M.Sc.  
 Universität Göttingen  
 Albrecht-von-Haller-Institut für Pflanzenwissenschaften  
 Abteilung Ökologie und Ökosystemforschung  
 Untere Karspüle 2  
 37073 Göttingen







Justine Bertram

## Quecksilberbelastung eines gefährdeten Seevogels



Flusseeeschwalbe. Foto: Justine Bertram

### 1. In einfachen Worten: Womit beschäftigst du dich in deiner Arbeit?

Meine Forschung konzentriert sich auf die Untersuchung der Quecksilberbelastung bei Flusseeeschwalben, einer in Deutschland gefährdeten Brutvogelart. Besonders interessiert mich, wie sich die Quecksilberbelastung im Laufe ihres Lebens entwickelt und welchen Einfluss sie auf ihre Fortpflanzung hat.

### 2. Was fasziniert dich an der wissenschaftlichen Forschung zu Naturschutz-, Planungs- und Umweltschutzthemen?

Die direkte Arbeit mit den Flusseeeschwalben und unsere einzigartige Methode, mit der wir Blutproben von den Vögeln nehmen, begeistern mich jede Brutsaison aufs Neue. Ebenso erfüllend ist es zu sehen, dass wir durch unsere Arbeit neben der eigenen Forschung dazu beitragen können, die Flusseeeschwalbenkolonie zu schützen.

### 3. Was hat dich in deiner Arbeit am meisten überrascht?

Am meisten hat mich überrascht, wie stark die Flusseeeschwalben in ihrem Brutgebiet in Wilhelmshaven tatsächlich mit Quecksilber belastet sind. Je länger die Vögel nach ihrem Zug aus ihren

Überwinterungsgebieten wieder in ihrem Brutgebiet waren, desto höhere Quecksilberwerte habe ich in ihrem Blut nachweisen können. Diese Erkenntnis zeigt die dringende Notwendigkeit von Maßnahmen zum Schutz dieser gefährdeten Vogelart und ihrer Lebensräume.

### 4. Welche Denkanstöße und Empfehlungen möchtest du Praktikerinnen und Praktikern oder Politikerinnen und Politikern mit auf den Weg geben?

Die Forschung zu Quecksilber und vielen anderen Schadstoffen in unserer Umwelt ist noch in den Anfängen, da es an Langzeitstudien mangelt und viele Auswirkungen der kontinuierlichen Schadstoffbelastung noch nicht ausreichend erforscht sind. Investitionen in die Forschung wären daher ein wichtiger erster Schritt in die richtige Richtung. Weiterhin führt Deutschland in Europa die Liste der Quecksilberemittenten an, hauptsächlich aufgrund der Kohleverbrennung zur Energiegewinnung. Daher ist es gerade hier entscheidend, dass politische Entscheidungsträgerinnen und -träger Maßnahmen ergreifen, um die Quecksilberemissionen zu reduzieren und die Gesundheit der Umwelt zu schützen.



# Quecksilberbelastung eines gefährdeten Seevogels

## Mercury contamination of an endangered seabird

Justine Bertram

### Zusammenfassung

Quecksilber ist ein toxisches Schwermetall, dessen Konzentration in der Umwelt durch menschliche Aktivität weiterhin ansteigt und das sich in Spitzenprädatoren anreichert. Wir (Flusseeeschwalbenprojekt, Institut für Vogelforschung) sammelten mehr als 1200 Blutproben von 588 Flusseeeschwalben (*Sterna hirundo*) über einen Zeitraum von sieben Jahren, um zu untersuchen, wie die Aufenthaltsdauer in ihrem Brutgebiet in Wilhelmshaven, ihr Alter und Geschlecht ihre Quecksilberlevel beeinflussen. Die Quecksilberkonzentrationen im Blut variierten stark und überschritten alle den Toxizitätsschwellenwert, oberhalb dessen in der Vergangenheit gesundheitsschädliche Effekte beobachtet wurden. Die Zeit, die die Flusseeeschwalben in ihrem Brutgebiet verbrachten, wirkte sich auf die Quecksilberkonzentrationen aus und deutet darauf hin, dass sie im Brutgebiet mehr Quecksilber aufnehmen als in ihren Überwinterungs- und Zuggebieten. Weiterhin beobachteten wir einen Trend zur linearen Akkumulation von Quecksilber im Blut bei Weibchen im Laufe des Alters, während Männchen Quecksilber in jungen Jahren erst schnell und mit steigendem Alter langsamer akkumulierten. Die Geschlechtsspezifität unserer Ergebnisse deutet darauf hin, dass die Eiablage eine erhebliche Rolle für die Quecksilberausscheidung bei Weibchen spielt, was weitere Studien zu den Folgen für die Fortpflanzung erforderlich macht.

*Quecksilber, Akkumulation, Belastung, Langzeitstudie, Hg*

### Abstract

Mercury is a toxic heavy metal, the environmental presence of which continues to increase due to human activity, and which accumulates in top predators. We (common tern project, Institute of Avian Research) collected more than 1200 blood samples from 588 common terns (*Sterna hirundo*) over a period of seven years to investigate how the time spent in their breeding area in Wilhelmshaven, their age and sex affected their mercury levels. Blood mercury concentrations varied widely, but all exceeded the toxicity threshold above which adverse health effects have been observed in the past. The time the common terns spent in their breeding area had an effect on mercury concentrations, indicating that they ingest more mercury in the breeding area than in their wintering and migratory areas. Furthermore, we observed a trend towards linear accumulation of mercury in the blood of females with age, whereas males accumulated mercury more rapidly when young and more slowly with increasing age. The sex-specificity of our results suggests that egg-laying plays a significant role in mercury excretion in females, which calls for further studies on the consequences for the chicks developing from these eggs.

*mercury, accumulation, contamination, longitudinal study, Hg*

doi: 10.23766/NiPF.202401.10

### Einleitung

Menschliche Aktivitäten haben in den letzten 100 Jahren zu einem Anstieg der Quecksilberwerte in der Umwelt um 300-500 % geführt (UN ENVIRONMENT, 2018). Der fortschreitende Klimawandel wird voraussichtlich diesen Trend weiter verstärken, insbesondere durch das Auftauen von Permafrostböden, die beträchtliche Mengen an Quecksilber speichern (SCHUSTER et al., 2018). Wenn Quecksilber in Gewässer gelangt, wird es durch Bakterien in seine toxischste Form, Methylquecksilber, umgewandelt, die mit der Nahrung aufgenommen und entlang der Nahrungskette angereichert wird (ATWELL et al., 1998). Insbesondere Spitzenprädatoren, die sich von aquatischen Organismen wie Fischen

ernähren, sind dem Risiko einer erhöhten Quecksilberaufnahme ausgesetzt (SCHEUHAMMER et al., 2007), wodurch Gesundheit und Reproduktion negativ beeinflusst werden können (WHITNEY & CRISTOL, 2017). So kann Quecksilber beispielsweise das Verhalten (TARTU et al., 2013, 2015; GOUTTE et al., 2015), die Immunabwehr (HAWLEY et al., 2009; LEWIS et al., 2013) oder die körperliche Verfassung (MA et al., 2018; AMENLINEAU et al., 2019; ECKBO et al., 2019; ADAMS et al., 2020) beeinträchtigen.

Weiterhin wird vermutet, dass sich Quecksilber bei kontinuierlicher Aufnahme im Laufe der Zeit im Organismus anreichern kann, wobei jedoch für Vögel aufgrund fehlender Longitudinaldaten noch unklar ist, ob eine solche Akkumulation tatsächlich



auftritt. Wir haben über einen Zeitraum von sieben Jahren mehr als 1200 Blutproben von Flusseeeschwalben, die Teil einer einzigartigen Langzeitstudie sind, auf ihre Quecksilberkonzentration untersucht. Aufgrund ihrer Langlebigkeit und der hauptsächlich aus Fisch bestehenden Nahrung sind Flusseeeschwalben einem erhöhten Risiko der Quecksilberakkumulation ausgesetzt. Wir haben untersucht, inwieweit die Blutquecksilberwerte der Flusseeeschwalben im Brutgebiet in Wilhelmshaven von ihrer Aufenthaltsdauer im Brutgebiet, ihrem Alter und Geschlecht abhängig sind.

## Methoden

### Die Flusseeeschwalbenkolonie

Unsere Studie fand in einer monospezifischen Flusseeeschwalbenkolonie am Banter See in Wilhelmshaven statt. Seit 1992 steht die Kolonie im Fokus einer Langzeitstudie, in der durch intensives Monitoring der Kolonie und umfangreiche Datenerfassung die individuelle Lebensgeschichte jedes einzelnen Vogels erfasst wird. Unser automatisches Erfassungssystem, basierend auf Transpondern und Antennen, ermöglicht es uns außerdem, die Ankunft und Präsenz jeder Flusseeeschwalbe im Brutgebiet zu erfassen. Weiterhin dokumentieren wir die Nestzugehörigkeit, den Legetag des ersten Eies sowie die Gelegegröße jedes Individuums.

### Die Blutprobenentnahme

Beim Sammeln der Blutproben halfen uns nahrungsdeprivierte Mexikanische Raubwanzen (*Dipetalogaster maxima*; Abbildung 1; siehe auch BECKER et al., 2006). Dazu setzten wir ein bis zwei Wanzen in ein hohles Kunst-Ei, dessen Größe und Farbe einem echten Flusseeeschwalbenei entsprechen. Dieses „Wanzen-Ei“ legten wir in das Nest der zu beprobenden Flusseeeschwalbe. Sobald die Flusseeeschwalbe ihr Nest inkubiert, ist die Wanze in der Lage ihren Saugrüssel durch kleine Löcher am Rand des Eies zu stecken und der Flusseeeschwalbe Blut abzusaugen, ohne dass diese etwas davon bemerkt. Durch genaue Beobachtung stellten wir sicher, dass die Wanze ausschließlich das Blut unseres Zielvogels saugte. Nach 20 bis 30 Minuten konnten wir dann mit einer Spritze das Blut des Vogels aus dem Abdomen der Wanze absaugen. Diese Me-

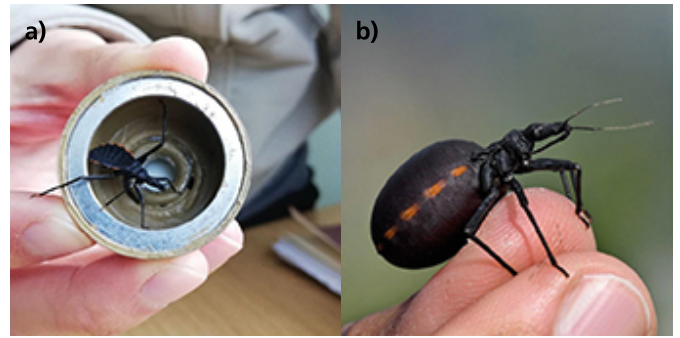


Abb. 1: a) eine hungrige Wanze im künstlichen Ei. Foto: Justine Bertram; b) eine mit Blut vollgesaugte Wanze. Foto: Uwe Franzen

thode ermöglichte es uns in den Jahren 2017 bis 2023 mehr als 1200 Blutproben von 588 Individuen zu sammeln und diese auf ihre Quecksilberkonzentration zu untersuchen. Das Blut reflektiert dabei eine Mischung aus dem im Brutgebiet aufgenommenem (MONTEIRO & FURNESS, 1995) und dem im Körper eingelagerten Quecksilber (EAGLES-SMITH et al., 2008; FROMANT et al., 2016).

## Ergebnisse und Diskussion

### Einfluss der Intervalle

#### Ankunft im Brutgebiet – Eiablage – Blutentnahme

Die Quecksilberkonzentrationen im Blut der Flusseeeschwalben variierten zwischen 0,29 und 3,90  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  und überschritten damit den Toxizitätsschwellenwert von 0,2  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , bei welchem gesundheitsschädliche Auswirkungen beobachtet wurden (nach ACKERMAN et al., 2016). Zudem waren diese bei Männchen grundsätzlich höher als bei Weibchen. Dabei scheint unter anderem der Einfluss der Intervalle zwischen Ankunft im Brutgebiet, der Eiablage der Weibchen und der Blutentnahme eine wichtige Rolle zu spielen. Je länger sich Männchen vor der Blutabnahme im Brutgebiet aufhielten, desto höher war ihre Quecksilberkonzentration im Blut (Abbildung 2a und 2b). Dies könnte darauf hindeuten, dass eine längere Aufenthaltsdauer im Brutgebiet dazu führt, dass die Männchen einer höheren Aufnahme von Quecksilber über die Nahrung ausgesetzt sind als in ihren Jagd-

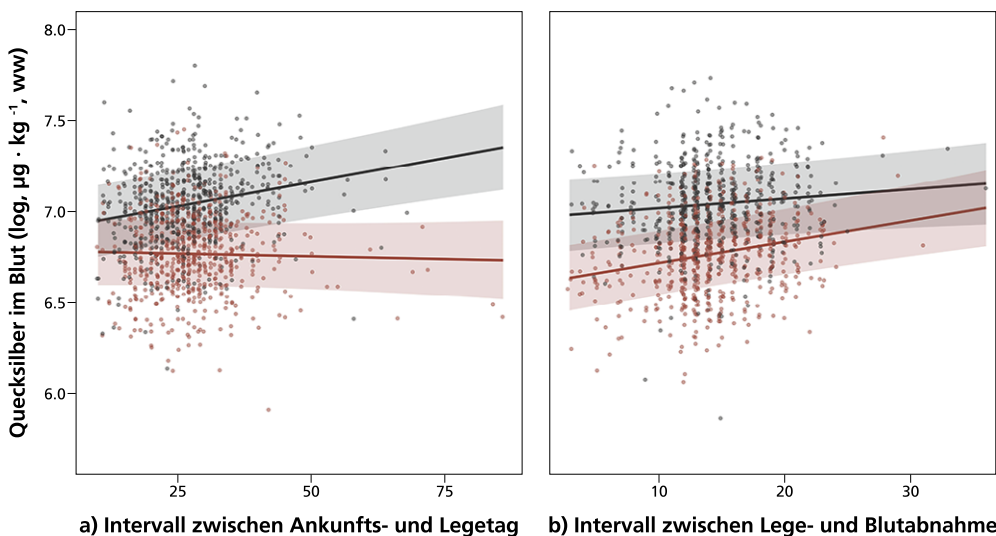


Abb. 2: Quecksilberkonzentration im Blut von männlichen (schwarz) und weiblichen (rot) Flusseeeschwalben in Abhängigkeit von ihrem (a) Intervall zwischen Ankunfts- und Legetag und (b) Intervall zwischen Lege- und Blutabnahme. Jeder Punkt stellt eine Blutprobe dar, die Linien die geschlechtsspezifischen linearen Regressionslinien, die schattierten Flächen die Konfidenzintervalle. Während die Quecksilberkonzentrationen bei den Männchen innerhalb beider Intervalle anstiegen, zeigte sich bei den Weibchen keine Auswirkung der Zeit vor dem Legetag des ersten Eies, jedoch führte ein längeres Intervall zwischen Lege- und Blutabnahmetag auch bei den Weibchen zu höheren Quecksilberkonzentrationen im Blut.

gebieten vor der Ankunft. Dies wird auch durch eine kürzlich publizierte Studie gestützt, die zeigt, dass die Quecksilberkonzentration in Fischen in der Nordsee in den letzten 25 Jahren erheblich angestiegen ist (KAMMANN et al., 2023). Bei Weibchen hingegen hatte das Intervall zwischen Ankunft im Brutgebiet und Eiablage einen anderen Effekt auf die gemessenen Blutquecksilberwerte als das Intervall zwischen Eiablage und Blutprobenentnahme. Während die Zeit, die sie vor der Eiablage am Banter See verbrachten, keinen Einfluss auf ihre Quecksilberwerte zu haben schien (Abbildung 2a), haben wir höhere Quecksilberwerte bei Weibchen gemessen, wenn der Zeitraum zwischen Eiablage und Blutabnahme länger war (Abbildung 2b). Dieser Unterschied zwischen den Geschlechtern könnte auf die Fähigkeit der Weibchen zurückzuführen sein, ihre Blutquecksilberkonzentration durch die Eiablage zu reduzieren (BOND & DIAMOND, 2009; ACKERMAN et al., 2020). Wenn eine längere Aufenthaltsdauer im Brutgebiet, aufgrund starker Umweltbelastung, tatsächlich zu höheren Quecksilberkonzentrationen im Blut führt, könnte die Eiablage zunächst einen Anstieg der Quecksilberkonzentrationen im Blut bei den Weibchen, nicht aber bei den Männchen ausgleichen. Nach Vollendung des Geleges würde dieser zusätzliche Ausscheidungsmechanismus jedoch wegfallen, was im Laufe der Zeit auch bei den Weibchen zu einem Anstieg der Quecksilberkonzentrationen führen würde.

### Einfluss des Alters

Ältere Vögel waren im Allgemeinen stärker mit Quecksilber belastet als jüngere, was auf eine geschlechtsspezifische individuelle Anreicherung dieses Schadstoffs mit steigendem Alter zurückzuführen war (Abbildung 3). Während jüngere Männchen Quecksilber schneller akkumulierten als ältere, akkumulierten Weibchen Quecksilber generell langsamer und linear, was potentiell mit ihrer Fähigkeit Quecksilber durch die Eiablage auszuscheiden zusammenhängen könnte. Eine geschlechtsspezifische Quecksilberaufnahme durch die Nutzung unterschiedlicher Jagdgebiete (CARRAVIERI et al., 2014; MILITÃO et al., 2023) oder eine unterschiedliche Beutewahl (DE FELIPE et al., 2019), die zudem altersspezifisch sein könnte, sind allerdings alternative Erklärungen, die weiterer Untersuchungen bedürfen.

## Fazit und Ausblick

Unsere Ergebnisse deuten darauf hin, dass Flusseeeschwalben in ihrem Brutgebiet in Wilhelmshaven besonders hohen Quecksilberwerten ausgesetzt sind, die sie mit zunehmendem Alter akkumulieren, wobei die Weibchen einen beträchtlichen Teil des Quecksilbers in ihre Eier einlagern können. Inwiefern sich dies auf die Nachkommen auswirkt und ob sich die Flusseeeschwalbenpopulation an die Quecksilberkontamination anpassen kann, werden wir in den kommenden Jahren untersuchen.

## Quellenverzeichnis

- ACKERMAN, J. T., EAGLES-SMITH, C. A., HERZOG, M. P., HARTMAN, C. A., PETERSON, S. H., EVERS, D. C., JACKSON, A. K., ELLIOTT, J. E., VAN DER POL, S. S. & BRYAN, C. E. (2016). Avian mercury exposure and toxicological risk across western North America: A synthesis. *Sci. Total Environ.* 568, 749–769. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.03.071>.
- ACKERMAN, J. T., HERZOG, M. P., EVERS, D. C., CRISTOL, D. A., KENOW, K. P., HEINZ, G. H., LAVOIE, R. A., BRASSO, R. L., MALLORY, M. L., PROVENCHER, J. F., BRAUNE, B. M., MATZ, A., SCHMUTZ, J. A., EAGLES-SMITH, C. A., SAVOY, L. J., MEYER, M. W. & HARTMAN, C. A. (2020). Synthesis of Maternal Transfer of Mercury in Birds: Implications for Altered Toxicity Risk. *Environ. Sci. Technol.* 54, 2878–2891. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b06119>.
- ADAMS, E. M., WILLIAMS, K. A., OLSEN, B. J. & EVERS, D. C. (2020). Mercury exposure in migrating songbirds: correlations with physical condition. *Ecotoxicology*. 29, 1240–1253. <https://doi.org/10.1007/s10646-020-02190-8>.
- AMELINEAU, F., GREMILLET, D., HARDING, A. M. A., WALKUSZ, W., CHOQUET, R. & FORT, J. (2019). Arctic climate change and pollution impact little auk foraging and fitness across a decade. *Sci. Rep.* 9, 1014. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-38042-z>.
- ATWELL, L., HOBSON, K. A. & WELCH, H. E. (1998). Biomagnification and bioaccumulation of mercury in an Arctic marine food web: Insights from stable nitrogen isotope analysis. *Can. J. Fish.*

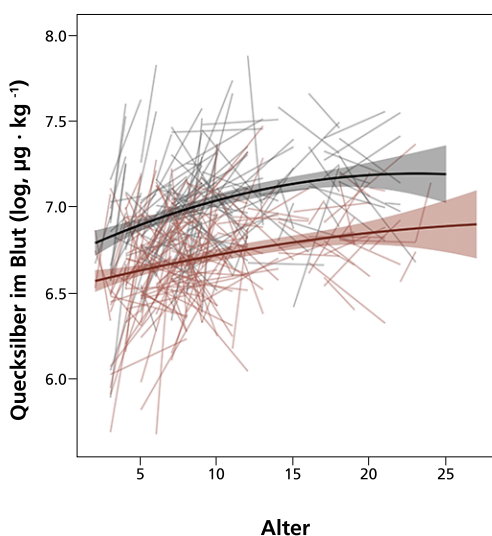


Abb. 3: Veränderung der Quecksilberkonzentration mit dem Alter, wobei die dünnen Linien die tatsächliche Veränderung individueller Quecksilberkonzentrationen über die Messjahre repräsentieren, und die fetten Linien die erwartete Veränderung der Quecksilberkonzentration im Laufe des Lebens für männliche (schwarz) und weibliche (rot) Flusseeeschwalben. Unabhängig vom Geschlecht hatten ältere Flusseeeschwalben grundsätzlich höhere Quecksilberkonzentrationen im Blut als jüngere, was auf eine geschlechtsspezifische Akkumulierung zurückzuführen war. Während sich bei jüngeren Männchen eine schnellere Quecksilberakkumulation im Vergleich zu älteren zeigte, verlief die Quecksilberakkumulation bei Weibchen langsamer und linear.

- Aquat. Sci. 55, 1114–1121. <https://doi.org/10.1139/f98-001>.
- BECKER, P. H., VOIGT, C. C., ARNOLD, J. M. & NAGEL, R. (2006). A non-invasive technique to bleed incubating birds without trapping: a blood-sucking bug in a hollow egg. *J. Ornithol.* 147, 115–118. <https://doi.org/10.1007/s10336-005-0027-3>.
- BOND, A. L. & DIAMOND, A. W. (2009). Total and Methyl Mercury Concentrations in Seabird Feathers and Eggs. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 56, 286–291. <https://doi.org/10.1007/s00244-008-9185-7>.
- CARRAVIERI, A., BUSTAMANTE, P., TARTU, S., MEILLÈRE, A., LABADIE, P., BUDZINSKI, H., PELUHET, L., BARBRAUD, C., WEIMERSKIRCH, H., CHASTEL, O. & CHEREL, Y. (2014). Wandering Albatrosses Document Latitudinal Variations in the Transfer of Persistent Organic Pollutants and Mercury to Southern Ocean Predators. *Environ. Sci. Technol.* 48, 14746–14755. <https://doi.org/10.1021/es504601m>.
- DE FELIPE, F. P., REYES-GONZÁLEZ, J. M., MILITÃO, T., NEVES, V. C., BRIED, J., ORO, D., RAMOS, R. & GONZALEZ-SOLIS, J. (2019). Does sexual segregation occur during the nonbreeding period? A comparative analysis in spatial and feeding ecology of three *Calonectris* shearwaters. *Ecol. Evol.* 9, 10145–10162. <https://doi.org/10.1002/ece3.5501>.
- EAGLES-SMITH, C. A., ACKERMAN, J. T., ADELSBACH, T. L., TAKEKAWA, J. Y., MILES, A. K. & KEISTER, R. A. (2008). Mercury correlations among six tissues for four waterbird species breeding in San Francisco Bay, California, USA. *Environ. Toxicol. Chem.* 27, 2136–2153. <https://doi.org/10.1897/08-038.1>.
- ECKBO, N., LE BOHEC, C., PLANAS-BIELSA, V., WARNER, N. A., SCHULL, Q., HERZKE, D., ZAHN, S., HAARR, A., GABRIELSEN, G. W. & BORGÅ, K. (2019). Individual variability in contaminants and physiological status in a resident Arctic seabird species. *Environ. Pollut.* 249, 191–199. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.01.025>.
- FROMANT, A., CARRAVIERI, A., BUSTAMANTE, P., LABADIE, P., BUDZINSKI, H., PELUHET, L., CHURLAUD, C., CHASTEL, O. & CHEREL, Y. (2016). Wide range of metallic and organic contaminants in various tissues of the Antarctic prion, a planktonophagous seabird from the Southern Ocean. *Sci. Total Environ.* 544, 754–764. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.11.114>.
- GOUTTE, A., BARBRAUD, C., HERZKE, D., BUSTAMANTE, P., ANGELIER, F., TARTU, S., CLÉMENT-CHASTEL, C., MOE, B., BECH, C., GABRIELSEN, G. W., BUSTNES, J. O. & CHASTEL, O. (2015). Survival Rate and Breeding Outputs in a High Arctic Seabird Exposed to Legacy Persistent Organic Pollutants and Mercury. *Environ. Pollut.* 200, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.01.033>.
- HAWLEY, D. M., HALLINGER, K. K. & CRISTOL, D. A. (2009). Compromised immune competence in free-living tree swallows exposed to mercury. *Ecotoxicology* 18, 499–503. <https://doi.org/10.1007/s10646-009-0307-4>.
- KAMMANN, U., NOGUEIRA, P., SIEGMUND, M., SCHMIDT, N., SCHMOLKE, S., KIRCHGEORG, T., HASENBEIN, M. & WYSUJACK, K. (2023). Temporal trends of mercury levels in fish (dab, *Limanda limanda*) and sediment from the German Bight (North Sea) in the period 1995–2020. *Environ. Monit. Assess.* 195, 73. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10655-y>.
- LEWIS, C. A., CRISTOL, D. A., SWADDLE, J. P., VARIAN-RAMOS, C. W. & ZWOLLO, P. (2013). Decreased Immune Response in Zebra Finches Exposed to Sublethal Doses of Mercury. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 64, 327–336. <https://doi.org/10.1007/s00244-012-9830-z>.
- MA, Y., BRANFIREUN, B. A., HOBSON, K. A. & GUGLIELMO, C. G. (2018). Evidence of negative seasonal carry-over effects of breeding ground mercury exposure on survival of migratory songbirds. *J. Avian Biol.* 49, jav-01656. <https://doi.org/10.1111/jav.01656>.
- MILITÃO, T., KÜRTEEN, N. & BOUWHUIS, S. (2023). Sex-specific foraging behaviour in a long-lived seabird. *Mar. Biol.* 170, 132. <https://doi.org/10.1007/s00227-023-04280-7>.
- MONTEIRO, L. R. & FURNESS, R. W. (1995). Seabirds as monitors of mercury in the marine environment. *Water Air Soil Pollut.* 80, 851–870. <https://doi.org/10.1007/BF01189736>.
- SCHEUHAMMER, A. M., MEYER, M. W., SANDHEINRICH, M. B. & MURRAY, M. W. (2007). Effects of environmental methylmercury on the health of wild birds, mammals, and fish. *Ambio* 36, 12–19. [https://doi.org/10.1579/0044-7447\(2007\)36\[12:EOEMO-T\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1579/0044-7447(2007)36[12:EOEMO-T]2.0.CO;2).
- SCHUSTER, P. F., SCHAEFER, K. M., AIKEN, G. R., ANTWEILER, R. C., DEWILD, J. F., GRZYEC, J. D., GUSMEROLI, A., HUGELIUS, G., JAFAROV, E., KRABBENHOFT, D. P., LIU, L., HERMAN-MERCER, N., MU, C., ROTH, D. A., SCHAEFER, T., STRIEGL, R. G., WICKLAND, K. P. & ZHANG, T. (2018). Permafrost Stores a Globally Significant Amount of Mercury. *Geophys. Res. Lett.* 45, 1463–1471. <https://doi.org/10.1002/2017GL075571>.
- TARTU, S., GOUTTE, A., BUSTAMANTE, P., ANGELIER, F., MOE, B., CLÉMENT-CHASTEL, C., BECH, C., GABRIELSEN, G. W., BUSTNES, J. O. & CHASTEL, O. (2013). To Breed or Not to Breed: Endocrine Response to Mercury Contamination by an Arctic Seabird. *Biol. Lett.* 9, 20130317. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2013.0317>.
- TARTU, S., ANGELIER, F., WINGFIELD, J. C., BUSTAMANTE, P., LABADIE, P., BUDZINSKI, H., WEIMERSKIRCH, H., BUSTNES, J. O. & CHASTEL, O. (2015). Corticosterone, prolactin and egg neglect behavior in relation to mercury and legacy POPs in a long-lived Antarctic bird. *Sci. Total Environ.* 505, 180–188. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.10.008>.
- UN ENVIRONMENT PROGRAMME. Global Mercury Assessment 2018, 2019. <https://www.unep.org/resources/publication/globalmercury-assessment-2018>.
- WHITNEY, M. C. & CRISTOL, D. A. (2017). Impacts of Sublethal Mercury Exposure on Birds: A Detailed Review. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.* 244, 113–163. [https://doi.org/10.1007/398\\_2017\\_4](https://doi.org/10.1007/398_2017_4).

## Kontakt

Justine Bertram, M.Sc.  
Institut für Vogelforschung „Vogelwarte Helgoland“  
An der Vogelwarte 21  
26386 Wilhelmshaven  
[justine.bertram@ifv-vogelwarte.de](mailto:justine.bertram@ifv-vogelwarte.de)





Sofia Tschijevski Zeisig

## Oasen der Vielfalt: Wiese oder Rasen? Eine vergleichende Analyse der Laufkäfer- Biodiversität urbaner Friedhöfe in Bochum

### 1. In einfachen Worten: Womit beschäftigst du dich in deiner Arbeit?

Ich möchte Biodiversität auf Friedhöfen erfassen, erhöhen und kommunizieren. Friedhöfe in Großstädten sind im Wandel. Können wir sie biologisch wertvoll mitgestalten? Friedhöfe können wahre innerstädtische Natur-Oasen sein. Können wir sie behalten und verbessern?

### 2. Was fasziniert dich an der wissenschaftlichen Forschung zu Naturschutz-, Planungs- und Umweltschutzthemen?

Ich find's super, die Naturschutz-Praxis zu überprüfen und zu belegen. Dadurch können fundierte Entscheidungen getroffen werden, die nicht von vorübergehenden Trends, Fehlinformationen und Meinungen beeinflusst werden. Ebenso wichtig finde ich, dass wissenschaftliche Ergebnisse nicht nur Theorie bleiben, sondern aktiv angewendet werden und dadurch einen Mehrwert für die Gesellschaft schaffen. Muss die Wissenschaft lauter und deutlicher werden? Müssen wir herausfinden und kommunizieren was getan werden müsste? Müssen wir dafür Sorge tragen, dass Konzepte und Ergebnisse auch Anwendung finden? Ich finde schon.

### 3. Was hat dich in deiner Arbeit am meisten überrascht?

Ich habe untersucht, was besser ist: Wiese oder Rasen? Natürlich dachte ich, die Wiese würde bei allem besser abschneiden! Aber es hat mich absolut überrascht, dass die Biodiversität der Laufkäfer im Rasen höher war als in der Wiese. Die Biomasse der Arthropoden war jedoch, wie erwartet, in der Wiese deutlich höher. Mein Fazit: Wiese oder Rasen, was ist besser? Kurz gesagt: Beides! Wir brauchen beides. Doch wie steht es um die anderen Fragen? Andere Insekten, Pflanzenvielfalt, Säugetiervielfalt, Pilzvielfalt - auf den Wiesen, Rasen aber auch anderen tollen Strukturen der Friedhöfe? – Es bleibt spannend.

### 4. Welche Denkanstöße und Empfehlungen möchtest du Praktikerinnen und Praktikern oder Politikerinnen und Politikern mit auf den Weg geben?

Der Konsens ist: Wir benötigen biodiverse Orte, Natur-Oasen, ohne Pestizide und Dünger als auch mehr Strukturvielfalt in der Landschaft. Besonders einfach sollte die Umsetzung dort sein, wo keine finanziellen Einbußen drohen: in Parks und Friedhöfen, auf Plätzen vor Rathäusern. Alle Orte sollten auf Naturfreundlichkeit geprüft und angepasst werden, auch die Pflegekonzepte. Verantwortung übernehmen, eigenständig denken und handeln – Kompetenzen an Pflegende zurückgeben. Die Angst, zu wenig gemäht zu haben, führt im Moment an vielen Orten zum Verlust von wichtigen Habitaten wie Laubhaufen und Säumen. Es gibt jedoch auch



Logo der Oasen der Vielfalt. Der Friedhof ist eine grüne Insel in der Stadt. Abbildung mit Canva erstellt: S. T. Zeisig

schöne, auch ordentliche Gegenbeispiele als Oasen der Vielfalt: Benjeshecken (Totholzhecken) in ansprechenden Formen (z.B. als Förderturm), Stauden statt Wegwerfblumen, Blumeninseln in Herzform und vielfältige Landschaften: Stehendes Totholz, Löcher im Zaun, Säume, Laubhaufen, Erd- und Sandhaufen, Rasen, Wiesen, herausschauende Wurzelteller mit Erde, alternierende Mahd und Altgrasstreifen sind nicht nur Bio-aufwertend, sondern auch kostensparender. Das macht Spaß! Wild ist das neue Schön, ordentlich und wild,...

Dazu braucht es nicht viel: Naturlebensräume erkennen, schaffen und ordentlich, ästhetisch gestalten. Biodiversitätsberatende helfen Alternativen zu erarbeiten. Finanzielle Mittel helfen Maßnahmen umzusetzen. Die Subventionierung von biologisch wertvollen Friedhöfen helfe nicht nur der Natur, sondern auch den Menschen: Spaziergängern, Angehörigen, Mitarbeitenden, Verwaltung und dem Stadtbild: Wir Menschen sind auf Naturräume angewiesen: sie machen uns glücklich und halten unsere Ökosysteme stabil, wenn sie aus vielen Komponenten bestehen. Schöne Friedhöfe werden bevorzugt angenommen. Lasst uns Tier-, Pflanzen- und Strukturvielfalt schaffen, nach dem Motto: Oasen der Vielfalt.

# Oasen der Vielfalt: Wiese oder Rasen? – Eine vergleichende Analyse der Laufkäfer-Biodiversität urbaner Friedhöfe

Masterthesis in a nutshell: Oasis of Diversity: Meadow or Lawn?  
– Analyzing the Carabid Biodiversity of Urban Graveyards

Sofia Tschijevski Zeisig

## Zusammenfassung

Fazit der Studie: Habitatvielfalt fördert Artenvielfalt. Pflanzenartenreiche ungedüngte Rasen sind Laufkäfer-biodivers. Die Biodiversität lässt sich steigern, indem auf Bereichen die Mahd extensiviert wird. Denn auf Wiesen kommen präferiert andere Laufkäferarten als auf Rasen vor. Es sollten laut anderen Studien Mindesthabitatgrößen und das Abräumen vom Wiesenschnittgut beachtet werden. Friedhöfe sind großartige Stadtnatur-Lebensräume, die von vielen Arten bewohnt werden.

*Urbane Biodiversität, Pflege der Stadtnatur, Friedhöfe, Rasen, Mahd, Wiese, Gras, Grünfläche, Laufkäfer, Carabiden*

## Abstract

Conclusion: Habitat diversity promotes biodiversity. Plant-species-rich, unfertilized lawns are ground-beetle-biodiverse. Biodiversity can be increased by extensifying the mowing of areas as there are also species which live preferably on meadows than on lawns. According to other studies, minimum habitat sizes and the removal of grass cuttings from meadows should be considered. Cemeteries are great urban nature habitats on which many species live.

*urban biodiversity, maintenance of city nature, maintenance intensity, cemeteries, graveyards, mowing lawn, meadow, ground beetles, carabidae*

doi: 10.23766/NiPF.202401.11

## Worum geht es? Was wurde untersucht und wieso?

Die Biodiversität ist global bedroht (BLAB & KUDRNA, 1982; HERNANDEZ et al., 2009; FARTMANN, 2021; SETTELE, 2019; BECK et al., 2006; EUROPÄISCHES PARLAMENT, 2020; GASTON & SPICER, 2013; IPBES, 2019; KLEIN, 2022; CONRAD et al., 2006; SAMWAYS, 1993). Der Populations- und Artenrückgang sowie hohe Aussterberaten geben Wissenschaftenden Anlass zur Sorge. Friedhöfe fungieren in Städten als Naturherberge und klimatische Puffergebiete (KOWARIK et al., 2016; PROMINSKI, 2014; FARTMANN, 2021; FUNGIPANI et al., 2007; GUHL, 2018; HORNBOGEN, 2016; VERECKEN et al., 2021). Sie sind zahlreich und groß: in Bochum gibt es 37 Friedhöfe, davon 22 städtische, die durchschnittlich 12 Hektar groß sind (eigene Berechnung auf Grundlagen von Stadt Bochum). Da es sehr viele Friedhofsflächen in Bochum gibt und die Bedürfnisse sich ändern (KLE, 2008), gibt es bundesweit immer mehr freiwerdende Flächen. Friedhöfe kosten Geld (z. B. Gärtner, Verwaltung, Infrastruktur), bieten aber auch ökosystemare Dienstleistungen und Werte: Neben klimatischen und biodiversitären Werten haben sie beispielsweise auch einen Naturerfahrungs- und Naherholungswert (VENNE et al., 2017; BUCH & KEIL, 2020). Friedhöfe eignen sich dementsprechend gut, um dort Maßnahmen zur Steigerung der Biodiversität umzusetzen.

## Wie lautet die Fragestellung und welche Methode wurde benutzt?

Es gibt eine generelle Empfehlung, Wiesen statt Rasen anzulegen (BUND FÜR NATURSCHUTZ UND UMWELT IN DEUTSCHLAND, 2022; NABU – NATURSCHUTZBUND DEUTSCHLAND E.V., 2023), jedoch gibt es kaum wissenschaftliche Studien dazu (WINTERGERST et al., 2021; VAN DE POEL & ZEHEM, 2014; SCHWERK & DYMITYRSZYN, 2017; SCHULZ, 1988). Sind Wiesen „besser“ als Rasen? Sind Wiesen per se immer und überall empfehlenswert oder könnten Nachteile für Arten entstehen? Kann man mit der Umstellung des Mahdregimes etwas falsch machen?

Um die Biodiversität abzuschätzen und Empfehlungen aussprechen zu können, wurden zwei häufig vorkommende städtische Lebensräume, Rasen und Wiesen – mit häufiger und seltener Mahd –, im Hinblick auf Laufkäfer-Biodiversität, -Abundanzen, -Biomasse und bedrohte Arten untersucht. Nie zuvor wurde eine ähnliche Fragestellung auf Friedhöfen bearbeitet.

Im Sommer 2019 wurden auf vier Bochumer Friedhöfen Bodenfallen auf je einer intensiv und einer extensiv gemähten Fläche eingesetzt. Im Sommer 2021 wurde der Versuch in reduziertem Umfang wiederholt.



## Laufkäfer von NRW nach Habitaten

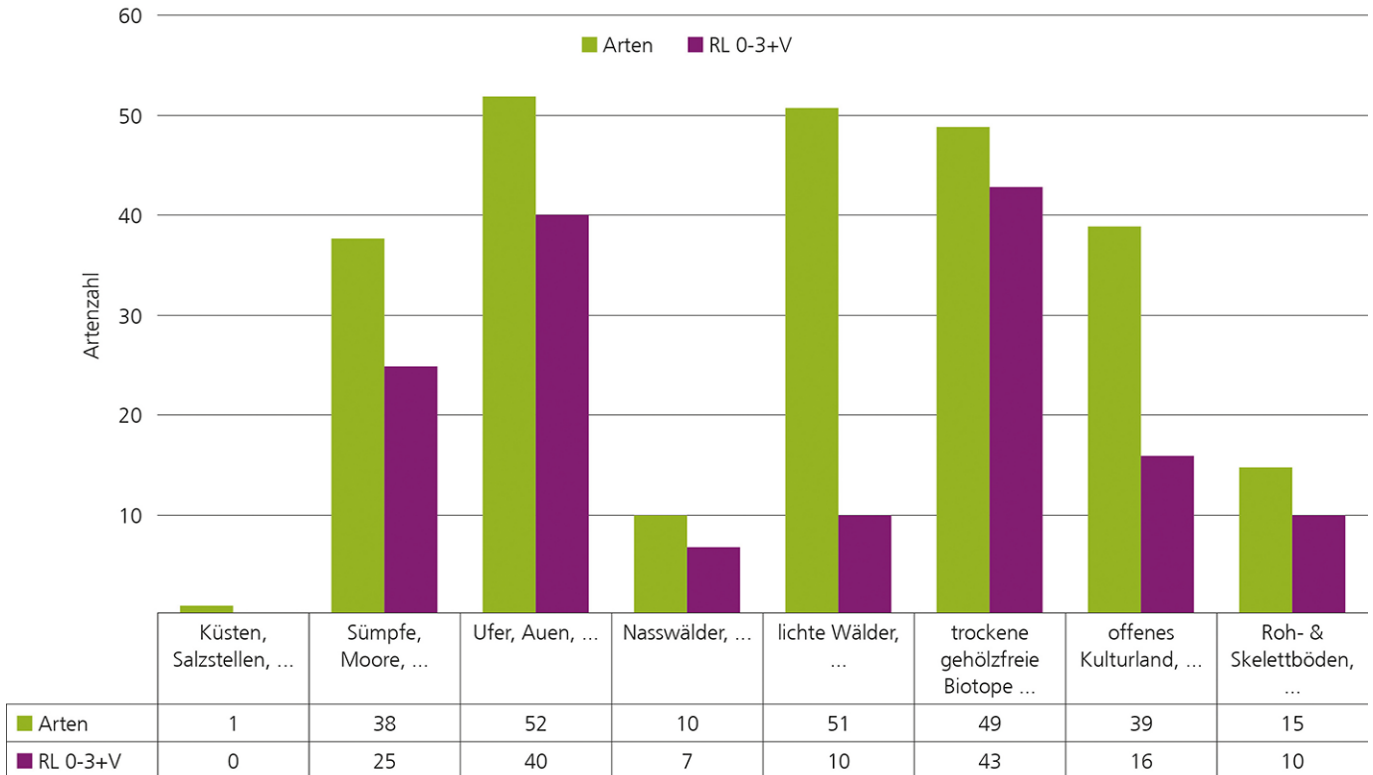


Abbildung 1: In NRW vorkommende Laufkäferarten und davon bedrohte oder potentiell bedrohte Laufkäferarten (Rote Liste Status 0-3 und die Arten der Vorwarnliste). Viele Laufkäfer sind bedroht. Dies betrifft nicht nur die spezialisierten Käfer, wie Käfer der Roh- & Skelettböden, weil ihre Biotope verschwinden, sondern auch noch viele weitere Tierarten, darunter auch „Allerwelts-Arten“, da die meisten Populationen kleiner werden. In NRW sind viele Laufkäferarten der trockenen gehölzfreien Biotop sowie Käfer der Ufer und Auen, der Nasswälder, der Roh- & Skelettböden, der Sümpfe und Moore bedroht. In diesen fünf Habitatgruppen sind zwischen 66-88% der Arten bedroht. Lediglich von den Käfern der Habitate der Küsten, lichten Wälder und des offenen Kulturlands sind keine; „nur“ 20%; 41% der Arten bedroht. Abbildung: S. T. Zeisig nach Rote-Liste NRW 2021 (Hannig and Kaiser 2021).

## Was wurde festgestellt?

- In den Kalenderwochen 19-24 (April-Juli) der Jahre 2019 und 2021 konnten 46 Laufkäferarten mit 3439 Individuen nachgewiesen werden.
- In Wiesen (extensive Mahd, 2-mal im Jahr), wurden insgesamt 1,62-mal mehr Individuen als auf kurzem Rasen (intensive Mahd, alle 2 Wochen) nachgewiesen.
- Das Biovolumen der Laufkäfer und das Biovolumen der anderen Arthropoden (als Biomasse-Schätzer) waren jeweils in der Wiese gegenüber dem Rasen signifikant höher.
- Auf beiden Flächentypen wurden aber gleich viele Arten (n=38) gefunden.
- Überraschenderweise war die Biodiversität  $H'$  auf den Rasen signifikant höher als auf den Wiesen.
- Eine genauere Betrachtung der Arten ergab, dass es Arten gibt, die eine deutliche Lebensraumpräferenz zeigen: Mehr als ein Drittel der Arten kamen mit hohen Abundanzen ( $\geq 80\%$  aller Individuen) auf dem Rasen vor und ein Drittel der Arten bevorzugten mit hohem Vorkommen die Wiese (19 Rasen-Arten der 46 Gesamtarten = 42% und 15 Wiesen-Arten = 33%).



Abbildung 2: Friedhof Hamme, Bochum. Pflanzenartenreicher Kräuterrasen mit magerkeitszeigenden Pflanzen und Stinsen (verwilderte Pflanzen). Der Friedhof ist eine grüne, strukturreiche Insel in der Stadt. Foto: S. T. Zeisig



## Was lässt sich daraus schließen? Wo kann man mehr nachlesen?

Da durch die andersartige Mahd unterschiedliche Lebensraumbedingungen im Hinblick auf Temperatur, Sonneneinstrahlung, Feuchtigkeit und Vegetationsbiomasse entstehen, kommen auch jeweils andere Laufkäferzusammensetzungen vor. Das bedeutet, dass unterschiedliche Pflegeregime insgesamt die Biodiversität erhöhen: Durch die Schaffung, Erhalt und Förderung vieler verschiedener Habitats wird die Biodiversität insgesamt gefördert: durch Pflegevielfalt wird die Habitat-Heterogenität, gleichbedeutend mit Strukturvielfalt, erhöht, womit sich die Artenvielfalt und somit die Biodiversität erhöhen lässt.

Eine Liste möglicher weiterer Friedhofsmaßnahmen „Konzept für die Stadt Bochum 2019-2022“, um Strukturvielfalt zu erhöhen und Habitats für weitere Arten zu schaffen, wurde bereits erstellt. Der dazugehörige Link lässt sich auf der Webseite von Researchgate (Profil Sofia T. Zeisig) kostenlos abrufen: [https://www.researchgate.net/publication/367511269\\_Oasen\\_der\\_Vielfalt\\_-\\_Handlungskonzept\\_-\\_Forderung\\_der\\_Biodiversitaet\\_auf\\_Bochumer\\_Friedhofen](https://www.researchgate.net/publication/367511269_Oasen_der_Vielfalt_-_Handlungskonzept_-_Forderung_der_Biodiversitaet_auf_Bochumer_Friedhofen)

Auch die Masterarbeit ist dort online gestellt. Diese Studie konnte so einen ökologischen Beitrag leisten und aufzeigen, dass sich durch eine Vielfalt an Flächentypen insgesamt mehr Arten fördern lassen. Gezeigt wurde außerdem, dass Rasen (zumindest pflanzenartenreiche ungedüngte Rasen) im Sinne der Biodiversität ebenfalls wertvoll sein können. Wo viele Rasenflächen vorhanden sind, sollten zusätzlich Wiesen angelegt werden. Außerdem konnte gezeigt werden, dass Friedhöfe großartige Stadtnaturlebensräume sind, in denen viele Laufkäferarten, aber auch andere besondere Arten wie Hirschkäfer, Füchse und Fledermäuse vorkommen.

## Ausblick

In der Doktorarbeit wird weiter am Thema der Strukturvielfalt der Stadtnatur des Ruhrgebiets geforscht. Was passiert, wenn waldige Bereiche und weitere Taxa untersucht werden? Welche besonderen und seltenen Tiere sind auf dem Friedhof zu erwarten? Kann Citizen Science auf Friedhöfen zum Erkenntnisgewinn beizutragen? Ziel ist auch: die Biodiversität und den Wert zu erfassen, zu erhöhen und zu kommunizieren, denn urbane Friedhöfe sind höchst wahrscheinlich erhaltenswerte Oasen der Vielfalt. Meine Forderung bzw. mein Wunsch ist Folgendes: Der Erhalt und die Förderung von Strukturvielfalt auf Friedhöfen, sowie finanzielle Fördermittel in Form von mehr Personal und mehr Geldmitteln für Friedhöfe, um Biodiversität zu fördern und kulturelles Erbe zu erhalten.

## Literaturverzeichnis

- BECK, S., BORN, W., DZIOCK, S., GÖRG, C., HANSJÜRGENS, B., HENLE, K., JAX, K., KÖCK, W., NESHÖVER, C., RAUSCHMAYER, F., RING, I., SCHMIDT-LOSKE, K., UNNERSTALL, H. & WITTMER, H. (2006). Das Millennium Ecosystem Assessment und seine Relevanz für Deutschland. 1–120. <http://www.ufz.de/index.php?de=10377>.
- BLAB, J. & KUDRNA, O. (1982). Aid programme for butterflies. Ecology and protection of diurnal Lepidoptera and burnets. Aid programme for butterflies. Ecology and protection of diurnal Lepidoptera and burnets. German.
- BUCH, C. & KEIL, P. (2020). Friedhöfe tragen zur urbanen Biodiversität bei: Ergebnisse einer floristischen Kartierung in Mülheim an der Ruhr. *Natur in NRW* 2. 22–27. [https://www.researchgate.net/profile/Peter-Keil-4/publication/342529828\\_Corinne\\_Buch\\_Peter\\_Keil\\_2020\\_Friedhoefe\\_tragen\\_zur\\_urbanen\\_Biodiversitaet\\_bei\\_-\\_Ergebnisse\\_einer\\_floristischen\\_Kartierung\\_in\\_Muelheim\\_an\\_der\\_Ruhr\\_-\\_Natur\\_in\\_NRW\\_022020\\_22-27/links/5ef9eaa45851550507b273b/Corinne-Buch-Peter-Keil-2020-Friedhoefe-tragen-zur-urbanen-Biodiversitaet-bei-Ergebnisse-einer-floristischen-Kartierung-in-Muelheim-an-der-Ruhr-Natur-in-NRW-02-2020-22-27.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Peter-Keil-4/publication/342529828_Corinne_Buch_Peter_Keil_2020_Friedhoefe_tragen_zur_urbanen_Biodiversitaet_bei_-_Ergebnisse_einer_floristischen_Kartierung_in_Muelheim_an_der_Ruhr_-_Natur_in_NRW_022020_22-27/links/5ef9eaa45851550507b273b/Corinne-Buch-Peter-Keil-2020-Friedhoefe-tragen-zur-urbanen-Biodiversitaet-bei-Ergebnisse-einer-floristischen-Kartierung-in-Muelheim-an-der-Ruhr-Natur-in-NRW-02-2020-22-27.pdf).
- BUND FÜR NATURSCHUTZ UND UMWELT IN DEUTSCHLAND (2022). Gras einfach wachsen lassen. <https://www.bund-hochrhein.de/service/tipps/detail/tip/gras-einfach-wachsen-lassen/>. Abgerufen am 15.08.2023.
- CONRAD, K. F., WARREN, M. S., FOX, R., PARSONS, M. S. & WOJWOD, I. P. (2006). Rapid declines of common, widespread British moths provide evidence of an insect biodiversity crisis. *Biological Conservation*. 132(3):279–291. doi:10.1016/j.biocon.2006.04.020.
- EUROPÄISCHES PARLAMENT (2020). Verlust der Biodiversität: Ursachen und folgenschwere Auswirkungen | Aktuelles | Europäisches Parlament. <https://www.europarl.europa.eu/news/de/headlines/society/20200109STO69929/verlust-der-biodiversitaet-ursachen-und-folgenschwere-auswirkungen>. Abgerufen am 31.05.2023.
- FARTMANN, T. (2021). *Insektensterben in Mitteleuropa: Ursachen und Gegenmaßnahmen*. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer. 305 p. ISBN: 9783818612146. <https://livivo.idm.oclc.org/login?url=https://ebookcentral.proquest.com/lib/zbmed-ebooks/detail.action?docID=6970388>.

### Fragestellung ist die Wiese besser? = ? X

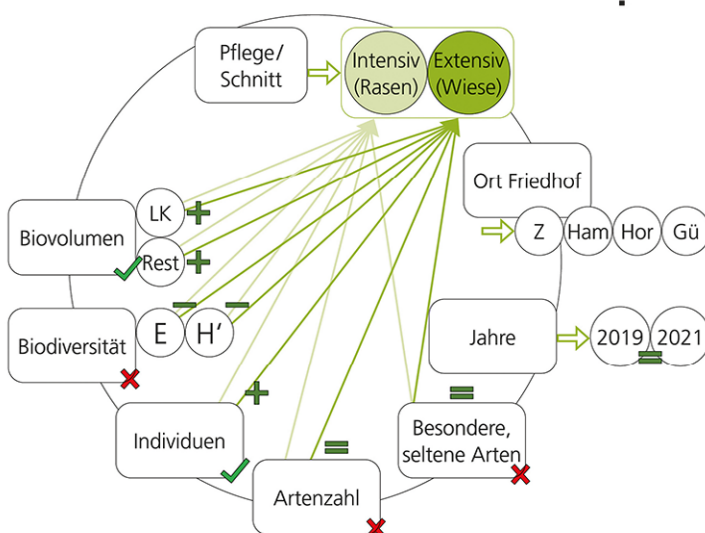


Abbildung 3: Zusammenfassung der Ergebnisse. Ist die Wiese „besser“ als der Rasen in puncto – a) Biomasse von Laufkäfern und restlichen Arthropoden b) Biodiversität nach Shannon, Evenness und Hmax c) Individuenzahl d) Artenzahl e) seltene und besondere Arten? Es gibt mehr Individuen und mehr Biomasse auf der Wiese, jedoch sind Artenzahl und Zahl der besonderen Laufkäfer gleich. Die Biodiversität war erstaunlicherweise in der Wiese geringer. Die Ergebnisse von dem Jahr 2019 sind in 2021 reproduzierbar. Abbildung: S. T. Zeisig



- FUNGIPANI, D., RINK, U., MÖLLER, G., OTTO, W., KOCH, K. & TEIGE, T. (2007). Anlagenteil des Projekts „Ökologische Zustandsaufnahme und Bewertung von ausgewählten Berliner Friedhöfen als Entscheidungsgrundlage für geplante Stilllegungen von Friedhöfen oder Friedhofsteilen nach dem Friedhofsentwicklungsplan 2005“: Flora, Laufkäfer, Holzbewohnende Käfer, Brutvögel, Greifvögel, Fledermäuse. Bln.
- GASTON, K. J. & SPICER, J. I. (2013). *Biodiversity: An Introduction*. 2. Auflage. New York, NY: John Wiley & Sons. Online-Ressource. ISBN: 9781118684917.
- GUHL, E. (2018). *Waldfriedhof Schaffhausen als Lebensraum für Wildtiere Bestandesaufnahme ausgewählter Artengruppen (Wirbeltiere und Wirbellose)* [Bachelorarbeit]. Wädenswil: Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW, nstitut für Umwelt und Natürliche Ressourcen. 125 p. deutsch. <https://core.ac.uk/download/pdf/186659442.pdf>. Abgerufen am 02.02.2021.
- HANNIG, K. & KAISER, M. (2021). Rote Liste und Artenverzeichnis der Laufkäfer – Coleoptera: Carabidae – in Nordrhein-Westfalen. 3. Fassung: Stand 30.11.2020. Münster: LWL-Museum für Naturkunde Westfälisches Landesmuseum mit Planetarium Landschaftsverband Westfalen-Lippe. 35 p. (Abhandlungen aus dem Westfälischen Museum für Naturkunde; 96. Band). ISBN: 978-3-940726-73-5.
- HERNANDEZ, J. L., FRANKIE, G. W. & THORP, R. W. (2009). Ecology of Urban Bees: A Review of Current Knowledge and Directions for Future Study. *Cities and the Environment*. 2(1):1–15.
- HORNBOGEN, M.-L. (2016). *Heute Friedhof. Morgen Wohngebiet?: Fallstudie Berlin zur Friedhofsentwicklung in der Stadtplanung*. Berlin: Universitätsverlag der TU Berlin. Online-Ressource (ISR Impulse Online (bis Bd. 50: ISR Graue Reihe); vol. 57).
- IPBES (2019). *Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*.
- KLEIN, M. (2022). *Biodiversitätsverlust: 6 Fragen und Antworten*. Berlin: Klein. <https://www.die-debatte.org/biodiversitaet-faq/>. Abgerufen am 31.05.2023
- KLIE, T. (2008). *Performanzen des Todes: Neue Bestattungskultur und kirchliche Wahrnehmung*. Stuttgart: Kohlhammer. 233 p. ISBN: 9783170201644.
- KOWARIK, I., BARTZ, R. & BRENCK M. (Hrsg.). (2016). *Ökosystemleistungen in der Stadt: Gesundheit schützen und Lebensqualität erhöhen*. Leipzig, Berlin: Naturkapital Deutschland – TEEB DE. 300 p. ISBN: 9783944280356. ger.
- NABU – NATURSCHUTZBUND DEUTSCHLAND E.V. . *Weniger Mähen für die Artenvielfalt - NABU Thüringen*. <https://thueringen.nabu.de/news/2023/33385.html>. Abgerufen am 14.08.2023
- PROMINSKI, M. (2014). *Designing Urban Nature: Entwurfsperspektiven zur Verbindung von Naturschutz und Freiraumnutzung*. Basel/Berlin/Boston: Walter de Gruyter GmbH. 1216 p. ISBN: 9783038213857. ger. <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kxp/detail.action?docID=1652473>.
- SAMWAYS, M. J. (1993). Insects in biodiversity conservation: some perspectives and directives. *Biodivers Conserv*. 2(3):258–282. doi:10.1007/BF00056672.
- SCHULZ, H. (1988). Kräuterrasen als alternative Rasenanlage. Vol 19, Num 1,(1):5–13. <https://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=7768293>.
- SCHWERK, A. & DYMITYRSZYN, I. (2017). Mowing intensity influences degree of changes in carabid beetle assemblages. *Appl. Ecol. Env. Res*. 15(4):427–440. doi:10.15666/aeer/1504\_427440.
- SETTELE, J. (2019). *Insektensterben: Beunruhigender Sinkflug*. Berlin. <https://www.spektrum.de/magazin/warum-sterben-unse-re-insekten/1634738>. Abgerufen am 28.05.2021.
- VAN DE POEL, D. & ZEHEM, A. (2014). Die Wirkung des Mähens auf die Fauna der Wiesen: Eine Literaturlauswertung für den Naturschutz. *Zeitschrift für Natur und angewandte Landschaftsökologie*. 36(2):36–51. deutsch. [https://www.anl.bayern.de/publikationen/anliegen/doc/an36208van\\_de\\_poel\\_et\\_al\\_2014\\_mahd.pdf](https://www.anl.bayern.de/publikationen/anliegen/doc/an36208van_de_poel_et_al_2014_mahd.pdf). Abgerufen am 02.02.2021.
- VENNE, M., KÖRNER, S. & SCHUSTER, K. (Hrsg.) (2017). *Öffentliche Leistungen und Funktionen aktiver Friedhöfe*. 1. Auflage. Kassel: PlanRat, Büro für Landschaftsarchitektur und Städtebau. 387 p. ISBN: 978-3-9818690-0-2.
- VERECKEN, N. J., WEEKERS, T., MARSHALL L., D’HAESELEER J., CUYPERS, M., PAULY, A., PASAU, B., LECLERCQ, N., TSHIBUNGU, A., MOLENBERG, J.-M. & De Greef, S. (2021). Five years of citizen science and standardised field surveys in an informal urban green space reveal a threatened Eden for wild bees in Brussels, Belgium. *Insect Conserv Diversity*. 14(6):868–876. doi:10.1111/icad.12514.
- WINTERGERST, J., KÄSTNER, T., BARTEL, M., SCHMIDT, C. & NUSS, M. (2021). Partial mowing of urban lawns supports higher abundances and diversities of insects: Puppenstuben gesucht–Blühende Wiesen für Sachsens Schmetterlinge, Dresden. *J Insect Conserv*. 25(5-6):797–808. doi:10.1007/s10841-021-00331-w.

## Kontakt

Sofia Tschijewski Zeisig, M.Sc.  
 Sofia.zeisig@gmail.com  
 017693101396  
 Bochum





