



Junge Naturschutz-Forschung in Niedersachsen

Ergebnisse des 3. Kolloquiums
für Nachwuchswissenschaftlerinnen
und -wissenschaftler an der NNA



Niedersachsen. Klar.



Dieses Druckerzeugnis wurde
mit dem Blauen Engel gekennzeichnet.

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

Gestaltung: Exner Deluxe Design, Hannover

Titelbild: „Wiedehopf bei der Fütterung“ von Jürgen Borris

Druck: Umweltdruckhaus Hannover GmbH, Langenhagen

Zitiervorschlag:

Alfred Toepfer Akademie für Naturschutz (Hrsg., 2025): Junge Naturschutz-Forschung in Niedersachsen –
Ergebnisse des 3. Kolloquiums für Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler an der NNA.

Naturschutz in Praxis und Forschung, Berichte aus der Alfred Toepfer Akademie für Naturschutz, Heft 1/2025, Schneverdingen, 116 S.



Junge Naturschutz-Forschung in Niedersachsen

Ergebnisse des 3. Kolloquiums
für Nachwuchswissenschaftlerinnen
und -wissenschaftler an der NNA

Herausgeber:

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

nna@nna.niedersachsen.de
www.nna.de

Schriftleitung:
Dr. Janine Sybertz
Dr. Friederike Gethöffer





Liebe Leserinnen und Leser,

wie gestalten wir den Naturschutz von morgen? Diese Frage bewegt nicht uns als Naturschutzakademie, sondern vor allem die jungen Menschen, die mit Neugier, Fachwissen und Tatkraft ihren Weg zwischen Naturschutzforschung und -praxis finden. Unser Nachwuchskolloquium will ihnen eine Bühne geben – und einen Raum für Austausch und Vernetzung.

Als wir 2022 die erste Ausgabe dieses Formats ins Leben riefen, war unser Wunsch, jungen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern einen Ort zu bieten, an dem sie ihre Forschung vorstellen, diskutieren und weiterdenken können – im Dialog mit Gleichgesinnten, mit erfahrenen Praktikerinnen und Praktikern, und vor allem: auf Augenhöhe. Drei Jahre und Kolloquien später können wir mit großer Freude feststellen: Das Format lebt – und wächst. Aus einem ersten Impuls ist eine kleine Tradition geworden.

Im Januar 2025 kamen erneut 17 junge Forschende im Camp Reinsehlen zusammen, um ihre Arbeiten zu präsentieren. Die Beiträge reichten dabei von ökologischer Grundlagenforschung bis zu innovativen Ideen für die Naturschutzkommunikation. Dabei wurde deutlich: Der Blick über den Tellerrand ist kein „Extra“, sondern Voraussetzung für wirksamen Naturschutz.

Der vorliegende Tagungsband bündelt die Ergebnisse und macht sie so Wissenschaft und Praxis gleichermaßen zugänglich. In der Überzeugung, dass Naturschutz nur gelingen kann, wenn wissenschaftliche Erkenntnisse und praktische Erfahrung ineinandergreifen. Und verbunden mit der Einladung, diese Verbindung aktiv mitzugestalten – als Lesende, Mitdenkende oder als Teilnehmende der nächsten Ausgabe des Nachwuchskolloquiums im Januar 2026.

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

Forschung für den Artenschutz

Abundanz und Diversität von Aaskäfern (<i>Coleoptera: Silphidae</i>) an exponierten Wildtierkadavern – Ein Vergleich zwischen den Nationalparks Bayerischer Wald und Hainich Nina Flatau	8
Untersuchungen zur Brutbiologie, Habitatnutzung und Nahrungsökologie des Wiedehopfes (<i>Upupa epops</i>) in der Region Hannover Maren Elisa Hartmann, Lukas Igelbrink	16
Untersuchungen zur Mortalität von <i>Empetrum nigrum</i> (L.) und <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull in Küstenheiden auf der Insel Sylt Ramona Isabel Ressel	21
Artenhilfsmaßnahmen für gefährdete Pflanzenarten des extensiven Grünlandes in der Stadt Oldenburg Sarah Höbel	29
Besiedlungsdynamik von Fischen in Kleingewässern des Naturschutzgebietes Meerbruchswiesen (NSG HA 190) am Steinhuder Meer nach dem Winterhochwasser 2023/2024 Jannis Ernst, Thomas Brandt & Torsten Richter	34

Laubwälder im Fokus

Auswirkungen der Erhöhung der Strukturvielfalt auf die funktionelle Zusammensetzung und Vielfalt der Krautschichtgemeinschaften in norddeutschen Buchenwäldern (<i>Fagus sylvatica</i> L.) Luzie Glock	36
Lokale Pflanzendiversität in Laubwäldern Jolina Paulssen	45

Landnutzung: Potenziale, Folgen und Rahmenbedingungen

Biodiversitätsentwicklung in Freiflächen-Photovoltaikanlagen – Einflussfaktoren und Wechselwirkungen nutzbar machen? Julia Lüdemann	52
Bruthabitatwahl und Bruterfolg von Vögeln innerhalb verschiedener Varianten von Kurzumtriebsstreifen in einem modernen silvoarablen Agroforstsystem Jana Linnebank	58
Die naturschutzfachliche Bedeutung der Gipskarstlandschaft im südwestlichen Harzvorland und die drohende Zerstörung seltener Habitate durch industriellen Gipsabbau Claudia M. Beyhl	65
Nutzung des Heus von geschützten Halbtrockenrasen? Futterqualität ändert sich mit Nährstoffverfügbarkeit und Kräuter-Gräser-Verhältnis in einem Naturschutzgebiet in Norddeutschland Nele Zellmann	71
Wie viel Tourismus verträgt das Birkhuhn? Eine ethnografische Untersuchung zur Analyse von potenziellen Nutzungskonflikten in sozial-ökologischen Systemen am Beispiel des Naturschutzgebiets Lüneburger Heide Jane Telkmann	79

Umweltpsychologie, Didaktik & BNE

Vom Erleben der biologischen Vielfalt zum Handeln: Wie signifikante Lebenserfahrungen Werte formen und Aktivismus inspirieren Milan Büscher, Laura Wallbaum, Leonie Schmechtig, Florian Fiebelkorn	83
Fledermäuse spielerisch entdecken – der Einfluss von Gamification auf Schülermotivation und Wissenserwerb im Sachunterricht Stina Berger	91
Gamification für den Artenschutz der Fledermaus nutzen Ann-Katrin Krebs	99
Partizipative Erstellung eines didaktischen Drehbuchs zur Konzeption eines digitalen Lehrpfades für FÖJlerinnen und FÖJler unter Berücksichtigung des umweltpsychologischen Handlungsmodells von Hamann, Baumann und Löschinger Fiona Oerding	105
Biodiversität vor der Haustür: Die Wechselwirkung von Naturverbundenheit, Ortsbindung und Partizipation in wohnbezogenen Naturschutzaktivitäten Svea Hörberg, Ann-Kathrin Kößler	110





Nina Flatau

Abundanz und Diversität von Aaskäfern (*Coleoptera: Silphidae*) an exponierten Wildtierkadavern – Ein Vergleich zwischen den Nationalparks Bayerischer Wald und Hainich



Foto: N. Flatau

In einfachen Worten:

Womit beschäftigst du dich in deiner Arbeit?

Ich hab mich in meiner Masterarbeit mit der Abundanz und Diversität von Aaskäfern beschäftigt und welche abiotischen und biotischen Faktoren diese beeinflussen. Dafür wurden im Rahmen des BfN-Projekts „Belassen von Wildtierkadavern in der Landschaft – Erprobung am Beispiel der Nationalparke“ im Sommer 2023 in den teilnehmenden Nationalparks (auch Bayerischer Wald und Hainich) Wildtierkadaver ausgelegt und über 30 Tage beprobt. Neben den Aaskäfern wurden sowohl verteilte Aasfresser, andere Insektengruppen sowie Bakterien und Pilze erfasst. Ich habe in meiner Arbeit die Daten zu den Aaskäfern aus diesem Projektteil für den Nationalpark Bayerischer Wald und Hainich ausgewertet und genauer betrachtet, welchen Einfluss Habitattyp, Kadavertierart, Zersetzungsstadium und die Temperatur auf die Abundanz und Diversität von Aaskäfern haben.

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

Die Forschung im Bereich der Kadaverökologie fand ich sehr spannend, da noch relativ wenig in dem Gebiet geforscht worden ist, da die meiste Forschung mit dem Tod endet. Das Auslegen bzw. Belassen von Wildtierkadavern in den Nationalparks, aber auch in anderen Großschutzgebieten in Deutschland bietet die einmalige Möglichkeit, kostengünstig nekrophile Arten, aber auch fakultative Aasfresser im System zu halten bzw. wieder hinzuzugewinnen und so die Biodiversität in den NLPs zu erhalten bzw. zu erhöhen.

Was hat dich in deiner Arbeit am meisten überrascht?

Ich war überrascht, in welcher kurzen Zeit bereits sichtbare Erfolge nachgewiesen werden konnten. Es wurden viele seltene Aaskäferarten an den Kadavern in den beiden Nationalparks nachgewiesen, im NLP Hainich ist sogar ein Erstnachweis des sehr seltenen und geschützten *Nicrophorus sepultor* gelungen. Das zeigt, wie wichtig Kadaver als Lebensraum und als Nahrungsquelle für viele Organismen sind.

Welche Denkanstöße und Empfehlungen möchtest du Praktikerinnen und Praktikern oder Politikerinnen und Politikern mit auf dem Weg geben?

Die Ergebnisse meiner Arbeit haben mich zu dem Schluss kommen lassen, dass das Belassen bzw. Auslegen von Kadavern auch nach Ende des BfN-Projekts 2027 beibehalten werden sollte. Es ist wichtig, weitere Rückschlüsse und Zusammenhänge zu erfassen, die das Auftreten, aber auch die Abundanz und Diversität von Aaskäfern an Kadavern beeinflussen und welche Faktoren für deren Auftreten wichtig sind.

Es passt zu dem Naturschutzgedanken „Natur Natur sein lassen“ der deutschen Nationalparks und lässt sich sehr gut in das Management der NLPs integrieren. Außerdem ist es ein Thema, durch das viele Menschen begeistert werden können, was Erfahrungen anderer am Projekt beteiligter Personen zeigen.

Abundanz und Diversität von Aaskäfern (*Coleoptera: Silphidae*) an exponierten Wildtierkadavern – Ein Vergleich zwischen den Nationalparks Bayerischer Wald und Hainich

Abundance and diversity of carrion beetles (*Coleoptera: Silphidae*) on exposed wildlife carcasses – A comparison between the Bavarian Forest and Hainich National Parks

Nina Flatau

Zusammenfassung

Aaskäfer (*Coleoptera: Silphidae*) nehmen eine zentrale Rolle bei der Zersetzung von Kadavern ein. In dieser Studie wurden Insekten mit Becherfallen an drei Kadavertierarten in drei verschiedenen Habitattypen in den Nationalparks (NLP) Bayerischer Wald und Hainich gesammelt und die Silphidae auf Artniveau bestimmt. Ziel war es, den Einfluss von Habitattyp, Kadavertierart, Zersetzungsstadium und Temperatur auf die Abundanz und Diversität der Aaskäfer zu untersuchen und daraus Handlungsempfehlungen für das Wildtiermanagement der beiden NLPs abzuleiten. Insgesamt wurden 126 Beprobungen an 18 Kadavern durchgeführt und 1428 Silphidae-Individuen erfasst.

Silphidae, Zersetzungsstadien, Habitattyp, Temperatur, Handlungsempfehlungen

Abstract

Carrion beetles (*Coleoptera: Silphidae*) play a central role in the decomposition of carcasses. In this study, insects were collected with pitfall traps from three cadaver species in three different habitat types in the National Parks Bavarian Forest and Hainich (NLP) and the Silphidae were identified to species level. The aim was to investigate the influence of habitat type, carcass species, decomposition stage and temperature on the abundance and diversity of carrion beetles and to derive recommendations for action for wildlife management in the two NLP. A total of 126 samples were taken from 18 carcasses and 1428 Silphidae individuals were recorded.

Silphidae, decomposition stages, habitat type, temperature, recommendation for action

doi: 10.23766/NiPF.202501.01

Einleitung

Kadaver sind Hotspots biologischer Vielfalt und spielen eine zentrale Rolle in terrestrischen, limnischen und marinen Ökosystemen (Benbow et al., 2015; Olea et al., 2019). Kadaver werden von zahlreichen Organismengruppen, darunter Apex- und Meso-Aasfressern und invertebraten Aasfressern wie den Aaskäfern, nachgenutzt (Amendt et al., 2005; Newsome et al., 2021). Diese Insektenfamilie ist ein bedeutender Bestandteil des Nekrobioms und beeinflusst die Zersetzung toter Biomasse (Benbow et al., 2019). Die Zersetzung eines Kadavers wird in fünf morphologisch sichtbare Zersetzungsstadien unterteilt (Abbildung 1): Das frisch tote Stadium (Abbildung 1a) beginnt mit dem Tod des Tieres durch Autolyseprozesse (Goff, 2009) und endet, wenn fäulnisbedingte Gasblähung oder Grünstichigkeit sichtbar werden (Matuszewski et al., 2008; Goff, 2009). Im Fäulnis-Stadium (Abbildung 1b) kann das Abdomen des Kadavers durch mikrobielle Gasbildung gebläht sein (von Hoermann et al., 2024) und Grünstichigkeit im Abdomenbereich tritt auf. Während der aktiven Verwesung (Abbildung 1c) breitet sich das Fell durch die Madenaktivität um den Kadaver herum aus (Matuszewski et al., 2008). Der Kadaver reißt auf, und flüchtige organische Verbindungen und Flüssigkeiten treten aus

(von Hoermann et al., 2012). Silphidae sind in dieser Phase zahlreich vertreten (von Hoermann et al., 2020). Die fortgeschrittene Verwesung (Abbildung 1d) beginnt mit der Massenabwanderung der Maden (Carter et al., 2007). Die Silphidae-Arten sind noch gut vertreten (von Hoermann et al., 2013; von Hoermann et al., 2020). Wenn nur noch die vertrocknete Haut, das Knorpelgewebe und die Knochen verbleiben, ist die Phase der Skelettierung (Abbildung 1e) erreicht, in der noch Silphidae-Larven anzutreffen sind (Payne, 1965).

Die Auswirkungen von Kadavern auf die Umwelt und Biodiversität sind noch unzureichend erforscht (Barton et al., 2019), Kadaver gelten jedoch als wertvoll für die Erhaltung der Biodiversität. Seit Oktober 2022 wird in dem BfN-Projekt „Belassen von Wildtierkadavern in der Landschaft – Erprobung am Beispiel der Nationalparke“ standardisiert untersucht, wie Aas in den verschiedenen Ökosystemen von unterschiedlichen Organismengruppen genutzt wird (BfN-Projektantrag, 2022a). Ziel ist es, Handlungsempfehlungen für die NLPs abzuleiten. Diese Studie untersuchte Einflussfaktoren auf die Abundanz und Diversität der Silphidae in den NLPs Bayerischer Wald und Hainich.



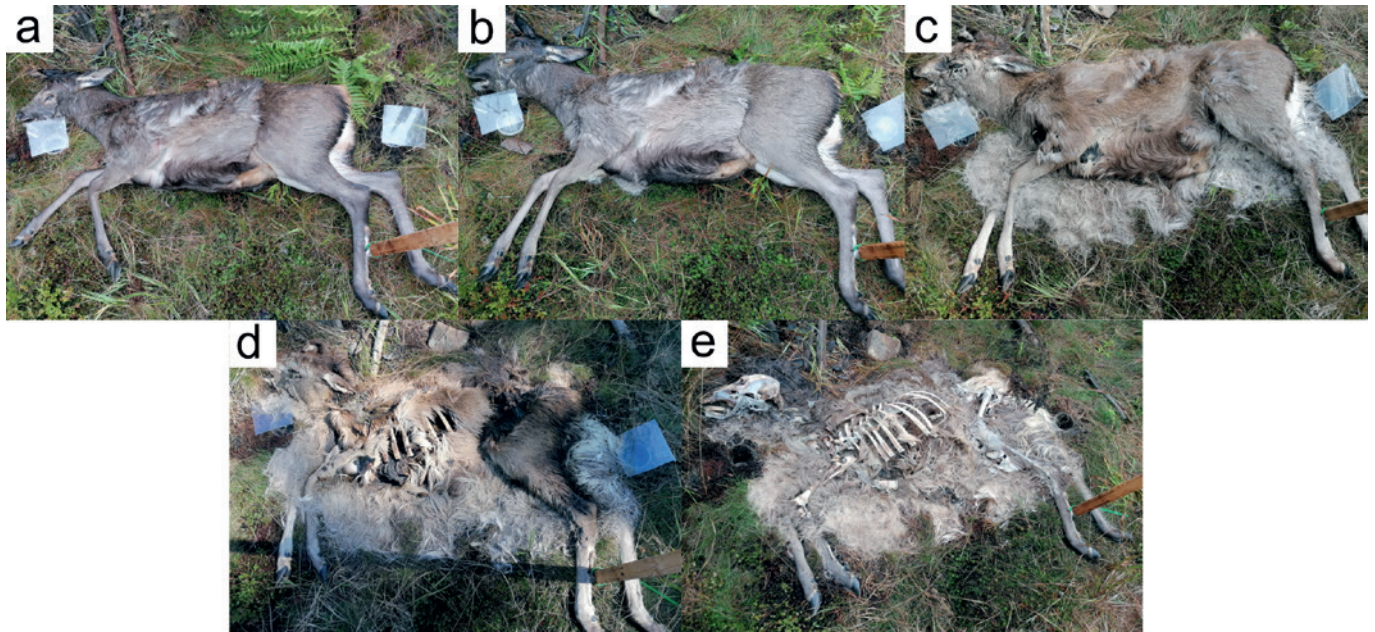


Abbildung 1: Die verschiedene Zersetzungsstadien, die in dieser Arbeit unterschieden worden sind, am Beispiel eines Rotwildkadavers im NLP Bayerischer Wald: a) frisch tot, b) Fäulnis, c) aktive Verwesung, d) fortgeschrittene Verwesung und e) Skelettierung. Fotos: N. Flatau

Methodik

Die Silphidae-Proben stammen aus dem Blockdesign des BfN-Projekts, das im Sommer 2023 u. a. die Insektendiversität mittels Becherfallen erfasste (von Hoermann et al., 2024). Im NLP Bayerischer Wald wurden zwei Habitattypen (offener und halboffener Bergmischwald) und im NLP Hainich ein Habitattyp (geschlossener Buchenwald) betrachtet. Diese drei Habitattypen unterschieden sich im Überdachungsgrad (Abbildung 2).

Drei Beprobungsblöcke mit je drei Teilflächen wurden angelegt (Abbildung 3): Auf der ersten Teilfläche wurde für beide NLPs ein Rehkadaver (*Capreolus capreolus*) als allgegenwärtige Tierart in Deutschland ausgelegt. Auf der zweiten Teilfläche wurde für den NLP Hainich der Dachs (*Meles meles*) und für den NLP Bayerischer Wald das Rotwild (*Cervus elaphus*) als charakteristische Tierart ausgelegt. Die dritte Teilfläche diente als Kontrollfläche ohne Kadaver. Die Kadaver wurden am Auslageort angepflockt (Abbildung 4) und ein Data-Logger für Temperatur- und Luftfeuchtheitsmessungen während des Beprobungszeitraums angebracht. Die Beprobung erfolgte über 30 Tage in sieben Intervallen nach einem festgelegten Schema, das für die beiden NLPs gleich aussah. Die 30 Tage decken die gesamte Zersetzungsphase ab (Matuszewski et al., 2011; von Hoermann et al., 2018).



Abbildung 2: Beispielfotos der drei Habitattypen: a) offenes Bergmischwald-Habitat, b) halboffenes Bergmischwald-Habitat im NLP Bayerischer Wald und c) geschlossenes Buchenwald-Habitat im NLP Hainich; Fotos: N. Flatau

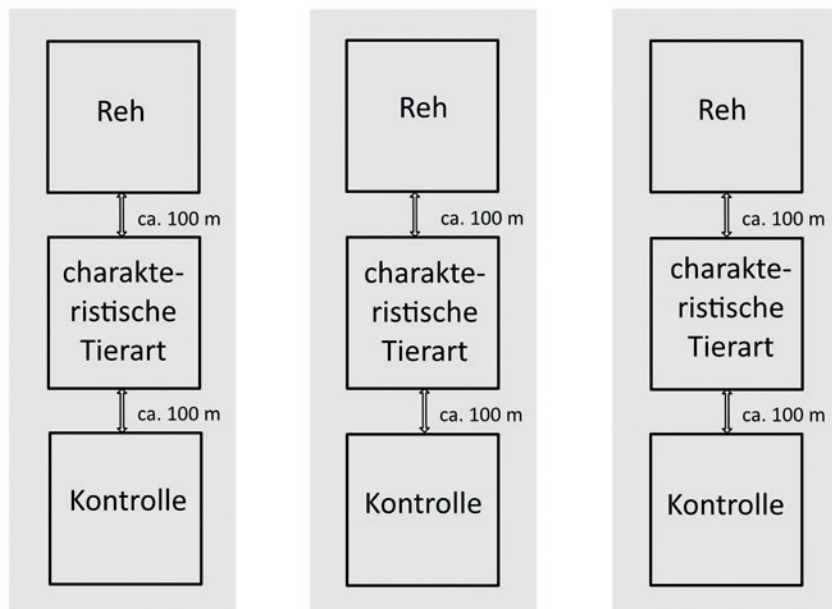


Abbildung 3: Aufbau eines Versuchsblocks im Blockdesign des BfN-Projekts: Eine Teilfläche mit einem Rehkadaver, eine Teilfläche mit einer für den Habitattyp typischen Kadavertierart und eine Teilfläche, die als Kontrolle diente. Grafik: Eigene Darstellung

Statistische Analysen wurden mit R und R-Studio (v 4.3.2, R Core Team, 2023) durchgeführt. Eine Individuen-basierte Rarefaction-Analyse untersuchte den Einfluss von Habitattyp und Kadavertierart, ein Kruskal-Wallis-Rangsummentest analysierte den

Einfluss des Zersetzungsstadiums auf die Abundanz und Diversität von Aaskäfern. Zur Untersuchung des Temperatureinflusses wurden generalisierte lineare Modelle (GLM) mit negativ binomialer Verteilung erstellt.



Abbildung 4: Versuchsaufbau: Platzierung der Becherfallen an Maul und Anus des Kadavers mit selbstkonstruiertem Regenschutz. Der Kadaver wurde an der Hinterlaufsehne angepflockt, um eine Verschleppung durch größere Aasfresser zu verhindern. Foto: N. Flatau

Ergebnisse und Diskussion

Es wurden 126 Beprobungen durchgeführt, bei denen 1428 Silphidae-Individuen an 18 Kadavern (sechs Rotwild-Kadaver, neun Reh-Kadaver und drei Dachs-Kadaver) in den NLPs erfasst wurden

(Tabelle 1). Im NLP Hainich wurde der sehr seltene Aaskäfer *Nicrophorus sepultor* (Scheers & Dekoninck, 2022) erstmals nachgewiesen, der in Thüringen stark gefährdet ist (Weigel, 2021).

Tabelle 1: Silphidae-Arten und Abundanzzahlen der erfassten Silphidae je Habitat (offen, halboffen und geschlossen) und gesamt (= alle drei Habitattypen zusammengefasst).

Art	offen	halboffen	geschlossen	gesamt
<i>Nicrophorus humator</i>	1	1	0	2
<i>Nicrophorus investigator</i>	8	4	2	14
<i>Nicrophorus interruptus</i>	0	0	15	15
<i>Nicrophorus vespilloides</i>	46	42	6	94
<i>Nicrophorus sepultor</i>	0	0	1	1
<i>Necrodes littoralis</i>	71	59	58	188
<i>Thanatophilus rugosus</i>	6	0	4	10
<i>Thanatophilus sinuatus</i>	803	33	160	996
<i>Oiceoptoma thoracicum</i>	25	9	74	108
	960	148	320	1428

Habitattyp

Eine Individuen-basierte Rarefaction-Analyse wurde angewendet, um die Diversität der Silphidae unter Berücksichtigung des Probenahmeaufwands zu schätzen (von Hoermann et al., 2021). Dabei findet eine zunehmende Gewichtung von seltenen ($q=0$) über häufige ($q=1$) bis hin zu den dominanten Arten ($q=2$) statt (von Hoermann et al., 2021; BfN-Projektantrag, 2022b). Die Diversitätsordnung $q=0$ entspricht dem Artenreichtum der Silphidae, $q=1$ der Shannon-Diversität und $q=2$ der Simpson-Diversität (Chao et al., 2014; Hsieh et al., 2016; von Hoermann et al., 2023). So kann die Diversität aller Arten ($q=0$), der häufigen Arten ($q=1$) und der dominanten Arten ($q=2$) angegeben werden (Chao et al., 2014). Die Analyse zeigte, dass die Silphidae-Diversität im geschlossenen und halboffenen Habitat höher war als im offenen (Abbildung 5). Die höchste Diversität für häufige ($q=1$) und dominante ($q=2$) Silphidae-Arten ergab sich tendenziell im halboffenen Habitat am

Rehkadaver, die niedrigste Diversität im offenen Habitat am Rehkadaver (Abbildung 5). Für seltene Arten war die Diversität tendenziell am Dachskadaver im geschlossenen Habitat am höchsten und am Rotwild im halboffenen Habitat tendenziell am niedrigsten (Abbildung 5, linke Säule). Es wurden keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der bevorzugten Kadavertierarten zwischen halboffenem und geschlossenem Habitat für die häufigen und abundanten Silphidae-Arten festgestellt. Arten wie *Necrodes littoralis*, *Nicrophorus investigator*, *Thanatophilus sinuatus* und *Nicrophorus vespilloides* waren in allen drei Habitattypen präsent, vermutlich da die meisten nekrophilen Silphidae eine breite Palette an Lebensräumen besiedeln (Matuszewski et al., 2008).

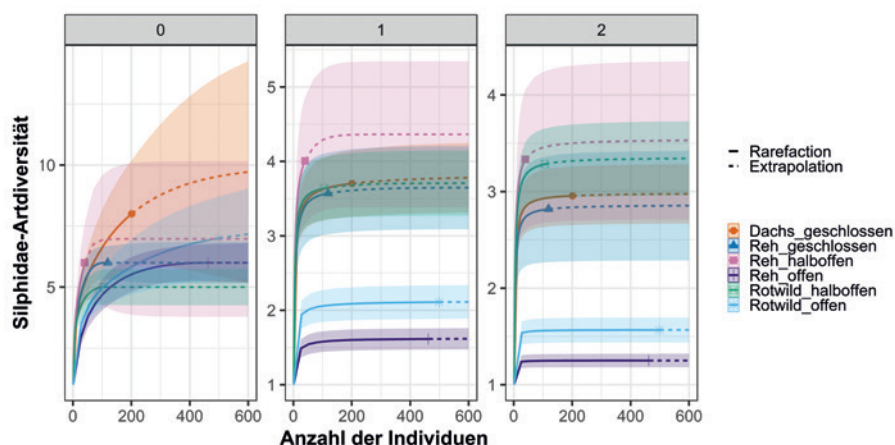


Abbildung 5: Individuen-basierte Rarefaction-Analyse und Extrapolation für die Silphidae-Diversität an verschiedenen Kadavertierarten im offenen, halboffenen und geschlossenen Habitat (95 % Konfidenzintervalle). Die Diversität wurde für die Hill-Zahlen $q=0$ (Artenreichtum, linke Säule), $q=1$ (Shannon-Entropie-Index, mittlere Säule) und $q=2$ (Simpson's Konzentrationsindex, rechte Säule) getrennt aufgetragen; Rarefaktionskurven: durchgezogene Linien, Extrapolationskurven: gestrichelte Linien. Grafik: Eigene Darstellung

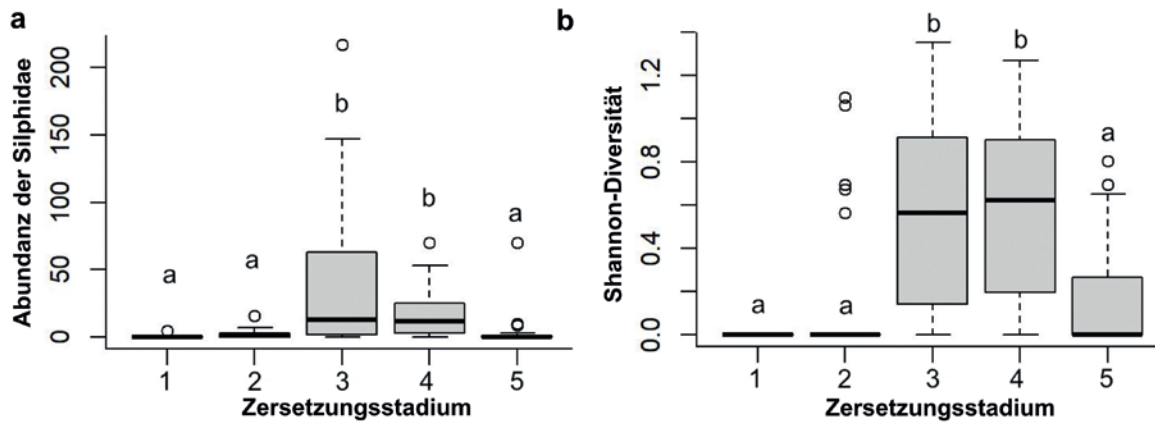


Abbildung 6: Einfluss des Zersetzungsstadiums auf a) die Abundanz und b) die Shannon-Diversität der Silphidae. Zersetzungsstadien 1= frisch tot, 2= Fäulnis, 3= aktive Verwesung, 4= fortgeschrittene Verwesung und 5= Skelettierung; unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Zersetzungsstadien. Grafik: Eigene Darstellung

Zersetzungsstadium

Die Abundanz und Shannon-Diversität der Silphidae waren während der aktiven und fortgeschrittenen Verwesung am höchsten und nahmen nach der Phase der fortgeschrittenen Verwesung deutlich ab (Abbildung 6). Die meisten Silphidae-Arten ernähren sich von Aas oder aasfressenden Insektenlarven (Ratcliffe, 1996). Da in den Phasen der aktiven und fortgeschrittenen Verwesung die Madenmasse ihr Maximum erreicht, ist die Abundanz und Diversität der Silphidae zu diesem Zeitpunkt am höchsten (Payne, 1965; Kočárek, 2003). Das erklärt den starken Anstieg der Silphidae-Abundanz während dieser Zersetzungsstadien, da in diesen Phasen mehr Maden am Kadaver sind als während der Phasen „Frisch tot“, „Fäulnis“ und „Skelettierung“. Das Zersetzungsstadium hatte somit einen maßgeblichen Einfluss auf die Abundanz und Diversität der Silphidae.

Temperatur

Die GLM-Analyse zeigte, dass höhere Temperaturen zu einer höheren Abundanz und Diversität der Silphidae führten (Abbildung 7): Je wärmer es im Beprobungszeitraum war, desto mehr Silphidae-Individuen waren an den Kadavern und desto diverser war die Artengemeinschaft.

Die Temperatur hatte einen positiven Einfluss auf die Abundanz und Diversität der Silphidae und ist auch in der Literatur einer der wichtigsten Faktoren, der die Zersetzungsrate bzw. Anwesenheit der Silphidae an einem Kadaver beeinflusst (Payne, 1965; Carter et al., 2007; Goff, 2009; Pechal et al., 2014).

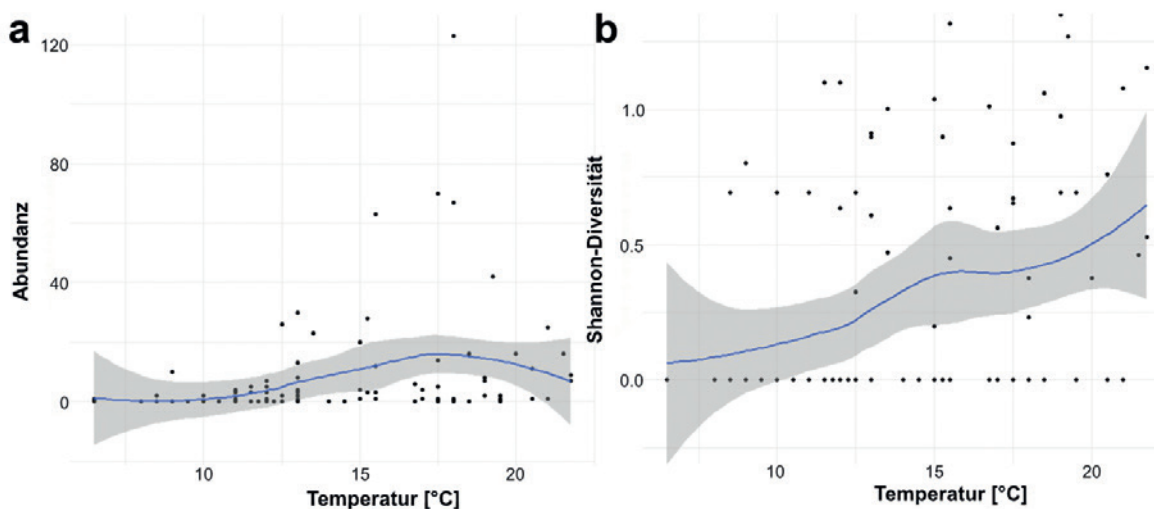


Abbildung 7: Einfluss der Temperatur [in °C] auf a) die Abundanz und b) die Shannon-Diversität der Silphidae. Grafik: Eigene Darstellung

Handlungsempfehlungen

Die Ergebnisse zeigen, dass es wichtig ist, ein Aasangebot in den NLPs zu schaffen, um Silphidae-Arten im System zu halten bzw. wieder vermehrt im System anzutreffen. Kadaver sollten den ganzen Zersetzungsprozess im Gelände verbleiben, da neben den Silphiden auch noch andere Insektenarten den Kadaver nachnutzen. Kadaver sollten von Frühling bis Spätsommer/Frühherbst bei Temperaturen über 10°C ausgelegt werden (Matuszewski & Szafałowicz, 2013), um eine optimale Nutzung der Kadaver durch Silphidae zu erreichen. Im NLP Bayerischer Wald sollten Rotwildkadaver in offenen Habitaten für seltene Arten priorisiert werden, während für häufige Arten die Kadavertierart (Rotwild oder Reh) unwesentlich ist. Im NLP Hainich wird empfohlen, Dachskadaver im geschlossenen Buchenwald auszulegen, um seltene Silphidae-Arten wie *Nicrophorus interruptus* und *Nicrophorus sepulchror* zu fördern. Für die häufigen und dominanten Arten sind Reh und Dachs als Kadavertierart gleich wertvoll.

Das BfN-Projekt fand auch in den beiden niedersächsischen Nationalparks Harz und Niedersächsisches Wattenmeer statt. Während im NLP niedersächsischen Wattenmeer Salzwiesen und Dünen als Habitattypen zu finden sind und im NLP Harz Bergmischwaldhabitate vorkommen, ist derzeit davon auszugehen, dass die allgemeinen Handlungsempfehlungen zu Zersetzungsstadium und Temperatur ähnlich ausfallen werden wie in den hier betrachteten NLPs. Unterschiede hinsichtlich der Insektenfauna aus dem marin beeinflussten NLP Niedersächsisches Wattenmeer sind allerdings denkbar. Insgesamt ist das Auslegen von Wildtierkadavern in den NLP Hainich und Bayerischer Wald eine kostengünstige und effektive Möglichkeit die Diversität der Silphidae, aber auch anderer Insektenarten zu erhöhen und sollte auch nach Beendigung des BfN-Projekts in den deutschen NLPs unbedingt beibehalten werden.

Quellenverzeichnis

- AMENDT, J.; ZEHNER, R.; KRETTEK, R. (2005). Insekten auf Leichen: Forensische Entomologie. *Biologie in unserer Zeit* 35(4), S. 232–240. DOI: 10.1002/biuz.200410284.
- BARTON, P. S.; EVANS, M. J.; FOSTER, C. N.; PECHAL, J. L.; BUMP, J. K.; QUAGGIOTTO, M.-M.; BENBOW, M. E. (2019). Towards Quantifying Carrion Biomass in Ecosystems. *Trends in ecology & evolution* 34(10), S. 950–961. DOI: 10.1016/j.tree.2019.06.001.
- BENBOW M. E., TOMBERLIN J. K., TARONE A. M. (2015). *Carrion ecology, evolution, and their applications*, CRC Press: Boca Raton, FL.
- BENBOW, M. E.; BARTON, P. S.; ULYSHEN, M. D.; BEASLEY, J. C.; DE-VAULT, T. L.; STRICKLAND, M. S.; TOMBERLIN, J. K.; JORDAN, H. R.; PECHAL, J. L. (2019). Necrobiome framework for bridging decomposition ecology of autotrophically and heterotrophically derived organic matter. *Ecological Monographs* 89(1), Artikel e01331. DOI: 10.1002/ecm.1331.
- BfN-PROJEKTANTRAG (2022A). Belassen von Wildtierkadavern in der Landschaft - Erprobung am Beispiel der Nationalparke - Hauptvorhaben, E+E-Vorhaben, FKZ: 3522892070.
- BfN-PROJEKTANTRAG (2022B). Belassen von Wildtierkadavern in der Landschaft - Erprobung am Beispiel der Nationalparke - Wissenschaftliche Begleitung, E+E-Vorhaben, FKZ: 3522892120.
- CARTER, D. O.; YELLOWLEES, D.; TIBBETT, M. (2007). Cadaver decomposition in terrestrial ecosystems. *Naturwissenschaften* 94(1), S. 12–24. DOI: 10.1007/s00114-006-0159-1.
- CHAO, A.; GOTELLI, N. J.; HSIEH, T. C.; SANDER, E. L.; MA, K. H.; COLWELL, R. K.; ELLISON, A. M. (2014). Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecological Monographs* 84(1), S. 45–67. DOI: 10.1890/13-0133.1.
- GOFF, M. L. (2009). Early post-mortem changes and stages of decomposition in exposed cadavers. *Experimental & applied acarology* 49(1-2), S. 21–36. DOI: 10.1007/s10493-009-9284-9.
- HSIEH, T. C.; MA, K. H.; CHAO, A. (2016). iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Methods of Ecology and Evolution* 7(12), S. 1451–1456. DOI: 10.1111/2041-210X.12613.
- KOČÁREK, P. (2003). Decomposition and Coleoptera succession on exposed carrion of small mammal in Opava, the Czech Republic. *European Journal of Soil Biology* 39(1), S. 31–45. DOI: 10.1016/S1164-5563(02)00007-9.
- MATUSZEWSKI, S.; BAJERLEIN, D.; KONWERSKI, S.; SZPILA, K. (2008). An initial study of insect succession and carrion decomposition in various forest habitats of Central Europe. *Forensic science international* 180(2-3), S. 61–69. DOI: 10.1016/j.forsciint.2008.06.015.
- MATUSZEWSKI, S.; BAJERLEIN, D.; KONWERSKI, S.; SZPILA, K. (2011). Insect succession and carrion decomposition in selected forests of Central Europe. Part 3: Succession of carrion fauna. *Forensic science international* 207(1-3), S. 150–163. DOI: 10.1016/j.forsciint.2010.09.022.

- MATUSZEWSKI, S.; SZAFŁOWICZ, M. (2013). Temperature-dependent appearance of forensically useful beetles on carcasses. *Forensic science international* 229(1-3), S. 92–99. DOI: 10.1016/j.forsci-int.2013.03.034.
- NEWSOME, T. M.; BARTON, B.; BUCK, J. C.; DEBRUYN, J.; SPENCER, E.; RIPPLE, W. J.; BARTON, P. S. (2021). Monitoring the dead as an ecosystem indicator. *Ecology and evolution* 11(11), S. 5844–5856. DOI: 10.1002/ece3.7542.
- OLEA, P. P., MATEO-TOMÁS, P. & SÁNCHEZ-ZAPATA, J. A. (HERAUSG.) (2019): *Carrión Ecology and Management* (1. Aufl.). Cham, Springer. S. 281. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-16501-7>
- PAYNE, J. A. (1965). A Summer Carrion Study of the Baby Pig Sus Scrofa Linnaeus. *Ecology* 46(5), S. 592–602. DOI: 10.2307/1934999.
- PECHAL, J. L.; BENBOW, M. E.; CRIPPEN, T. L.; TARONE, A. M.; TOMBERLIN, J. K. (2014). Delayed insect access alters carrion decomposition and necrophagous insect community assembly. *Ecosphere* 5(4): 45. DOI: 10.1890/ES14-00022.1.
- RATCLIFFE, B. (1996). The carrion beetles (Coleoptera: Silphidae) of Nebraska. *Bulletin of the University of Nebraska State Museum* 13, S. 1–100.
- R CORE TEAM (2023). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Statistical Computing, Vienna, Austria, URL: <https://www.R-project.org/>.
- SCHEERS, K.; DEKONINCK, W. (2022). Confirmation of *Nicrophorus sepulchrorum* Charpentier, 1825 as a Belgian species (Coleoptera: Staphylinidae: Silphinae). *Bulletin de la Société royale belge d'Entomologie/Bulletin van de Koninklijke Belgische vereniging voor entomologie* 158(2), S. 119–122. Online verfügbar unter https://www.researchgate.net/profile/kevin-scheers/publication/365791715_confirmation_of_nicrophorus_sepulchrorum_charpentier_1825_as_a_belgian_species.
- VON HOERMANN, C.; BENBOW, M. E.; RÖTTLER-HOERMANN, A.-M.; LACKNER, T.; SOMMER, D.; RECEVEUR, J. P.; BÄSSLER, C.; HEURICH, M.; MÜLLER, J. (2023). Factors influencing carrion communities are only partially consistent with those of deadwood necromass. *Oecologia* 201(2), S. 537–547. DOI: 10.1007/s00442-023-05327-8.
- VON HOERMANN, C.; JAUCH, D.; KUBOTSCH, C.; REICHEL-JUNG, K.; STEIGER, S.; AYASSE, M. (2018). Effects of abiotic environmental factors and land use on the diversity of carrion-visiting silphid beetles (Coleoptera: Silphidae): A large scale carrion study. *PLOS ONE* 13(5), e0196839. DOI: 10.1371/journal.pone.0196839.
- VON HOERMANN, C.; KLAMM, A.; SCHLÜTER, J. (2024): Die ökologische Bedeutung von Wildtierkadavern - Ein bundesweites Forschungsprojekt klärt auf. *ÖKOJAGD Magazin* 04- 2023, S. 30–36.
- VON HOERMANN, C.; LACKNER, T.; SOMMER, D.; HEURICH, M.; BENBOW, M. E.; MÜLLER, J. (2021). Carcasses at Fixed Locations Host a Higher Diversity of Necrophilous Beetles. *Insects* 12(5). DOI: 10.3390/insects12050412.
- VON HOERMANN, C.; RUTHER, J.; AYASSE, M. (2012). The attraction of virgin female hide beetles (*Dermestes maculatus*) to cadavers by a combination of decomposition odour and male sex pheromones. *Frontiers in Zoology* 9(1), S. 18. DOI: 10.1186/1742-9994-9-18.
- VON HOERMANN, C.; STEIGER, S.; MÜLLER, J. K.; AYASSE, M. (2013). Too fresh is unattractive! The attraction of newly emerged *Nicrophorus vespilloides* females to odour bouquets of large cadavers at various stages of decomposition. *PLOS ONE* 8(3), e58524. DOI: 10.1371/journal.pone.0058524.
- VON HOERMANN, C.; WEITHMANN, S.; DEISSLER, M.; AYASSE, M.; STEIGER, S. (2020). Forest habitat parameters influence abundance and diversity of cadaver-visiting dung beetles in Central Europe. *Royal Society open science* 7(3): 191722. DOI: 10.1098/rsos.191722.
- WEIGEL, A. (2021). Rote Liste der Aaskäfer, Nestkäfer, Poch- und Diebskäfer, Scheinbockkäfer, Ölkäfer, Düsterkäfer, Schwarzkäfer (Insecta: Coleoptera: Silphidae, Leiodidae pt., Ptinidae, Oedemeridae, Meloidae, Melandryidae, Tenebrionidae) und weitere ausgewählte Käferfamilien Thüringens, 3. Fassung, Stand: 10/2020. *Naturschutzreport* (Heft 30), S. 191–204.

Kontakt

Nina Flatau, M.Sc.
Hamburg
nina.flatau@gmx.de





Maren Elisa Hartmann

Untersuchungen zur Brutbiologie, Habitatnutzung und Nahrungsökologie des Wiedehopfes in der Region Hannover



Der Wiedehopf (*Upupa epops*). Foto: M. Wartlick

In einfachen Worten:

Womit beschäftigst du dich in deiner Arbeit?

In meiner Bachelorarbeit habe ich mich mit dem stark gefährdeten Wiedehopf beschäftigt. Ich wollte im Gelände herausfinden, wie viele Paare in dem untersuchten Gebiet brüten, wie viele Jungvögel sie groß ziehen und welche Lebensräume sie zur Nahrungssuche nutzen. Daraus habe ich Empfehlungen formuliert, die auf den Arterhalt, den Schutz und sogar, wenn möglich, auf eine Förderung der Art im Gebiet abzielen sollten.

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

Die Arbeit in diesen Bereichen bietet die Möglichkeit, aktiv an der Lösung einer der drängendsten Probleme unserer Zeit im Anthropozän mitzuwirken, dem Verlust der Artenvielfalt. Wissenschaftliche Forschung zu Naturschutz-, Planungs- und Umweltschutzthemen hilft, das komplexe Zusammenspiel zwischen natürlichen Ökosystemen und menschlichen Aktivitäten besser zu verstehen und zu bewahren. Zudem sind die Themen in diesen Forschungsbereichen sehr interdisziplinär. Forschung in diesem Bereich kann zu politischen Entscheidungen, Schutzprogrammen und Bewusstseinsbildung beitragen, die Generationen überdauern können. Zu wissen, dass die eigene Arbeit einen nachhaltigen Einfluss haben kann, wie in dieser Arbeit Erkenntnisse für den langfristigen Arterhalt des Wiedehopfes, ist unglaublich motivierend.

Was hat dich in deiner Arbeit am meisten überrascht?

Die erste Wiedehopfbrut in meinem untersuchten Gebiet fand 2020 statt. Aus den Jahren 2021 und 2022 waren bisher in dem Gebiet lediglich 2 Brutpaare bekannt. Auch in ganz Niedersachsen waren zum Kartierzeitraum nur zwischen 25 und 30 Brutpaare nach Krüger et al. (2022) gelistet. Dementsprechend waren die 7 Bruten (6 Brutpaare) eine große Überraschung.

Ein Brutpaar hat in einem wiedervernässten Bereich des Hochmoors gebrütet und sogar zwei Jungvögel großgezogen bekommen. Nachdrücklich überrascht hat mich hier ihre Habitatnutzung. Das Brutpaar suchte primär im wiedervernässten Hochmoor nach Nahrung.

Welche Denkanstöße und Empfehlungen möchtest du Praktikerinnen und Praktikern oder Politikerinnen und Politikern mit auf dem Weg geben?

Um Artenschutz, wie beispielsweise hier für den Wiedehopf weiter betreiben zu können, sind fundierte aktuelle wissenschaftlich erhobene Erkenntnisse zu der Ökologie der Art unerlässlich. Nur so können wir immer wieder Dynamiken, Veränderungen und Anpassungen der Art wahrnehmen und dahingehend unser Schutzkonzept angleichen. Dabei kommt aber eben nicht nur dem hauptamtlichen Naturschutz, sondern auch zahlreichen ehrenamtlich Kartierenden eine besondere Bedeutung zu!



Lukas Igelbrink

Untersuchungen zur Brutbiologie, Habitatnutzung und Nahrungsökologie des Wiedehopfes in der Region Hannover



Ein Wiedehopf auf einem Sandweg bei der Gefiederpflege. Foto: T. Brandt

In einfachen Worten:

Womit beschäftigst du dich in deiner Arbeit?

Nach Jahren der Abwesenheit ist der Wiedehopf als Brutvogel in die Region Hannover zurückgekehrt. Neben einem ausreichenden Nistplatzangebot ist nun die Nahrungsverfügbarkeit einer der entscheidenden Faktoren für eine erfolgreiche Bestandsentwicklung. Um geeignete Maßnahmen zum Schutz der Art entwickeln zu können, habe ich in meiner Bachelorarbeit daher ihre Brutbiologie, Habitat- und Mikrohabitatnutzung sowie Nahrungsökologie untersucht.

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

Mich faszinieren vor allem die Wechselwirkungen zwischen all den Pflanzen, Tieren und anderen Organismen auf unserem Planeten. Sie verdeutlichen mir immer wieder, welches Wunderwerk der Vielfalt die Evolution erschaffen hat. Gleichzeitig hilft mir die Arbeit im Naturschutz, trotz Klimawandel und Biodiversitätskrise, optimistisch zu bleiben und den Blick nach vorn zu richten. In Mitteleuropa und speziell in Deutschland haben wir einen enormen Flächendruck. Umso entscheidender ist eine möglichst genaue Kenntnis der ökologischen Zusammenhänge. Die Forschung liefert somit einen wichtigen Beitrag, um planerische Entscheidungen besser abwägen und die richtigen Maßnahmen entwickeln zu können. Meiner Ansicht nach ist nur durch diese Verzahnung von Forschung und Planung ein langfristig erfolgreicher Naturschutz möglich. In diesem Schnittstellenbereich einen Beitrag leisten zu dürfen, macht mir große Freude.

Was hat dich in deiner Arbeit am meisten überrascht?

Durch die Videoaufnahmen zur Analyse der Nestlingsnahrung

und meine Felderfassungen hatte ich einen recht guten Einblick vom Geschehen am Brutplatz. Mich überraschte, wie unterschiedlich und individuell die einzelnen Wiedehopfe agierten. Manche reagierten sehr empfindlich auf Störungen, während andere sich überhaupt nicht aus der Ruhe bringen ließen. Ein Weibchen landete immer erst auf einem bestimmten Ast, bevor es in den Nistkasten zum Füttern der Jungvögel flog. Sein Partner nahm hingegen immer den direkten Weg. Zusätzlich zu diesen charakterlichen Eigenheiten hätte ich nie damit gerechnet, die Tiere individuell unterscheiden zu können. Umso begeisterter war ich, als beim Auswerten der Videoaufnahmen die individuelle Musterung der Schopffedern deutlich wurde.

Welche Denkanstöße und Empfehlungen möchtest du Praktikerinnen und Praktikern oder Politikerinnen und Politikern mit auf dem Weg geben?

Dass wir unsere Natur schützen wollen, ist sowohl im Grundgesetz als auch im Bundesnaturschutzgesetz verankert. In letzterem werden direkt in Artikel 1 drei Schutzgründe genannt. Der Schutz der Natur als Lebensgrundlage des Menschen, der Schutz der Natur in der Verantwortung für zukünftige Generationen und der Schutz der Natur auf Grund ihres Eigenwertes. In Diskussionen und politischen Entscheidungen, kommt es mir häufig so vor, als sei Naturschutz etwas, dass wir uns „on top“ leisten können, wenn die Wirtschaft floriert und wir die sozialen Probleme einigermaßen im Griff haben. Doch ist es nicht eben genau andersherum? Wie es unsere Gesetzesgeber so treffend festgehalten haben, ist die Natur die Grundlage von allem und ihr Schutz entscheidend für unser Leben sowie das unserer Nachkommen. Deshalb ist Naturschutz meiner Meinung nach keine Frage des Leistenwollens, sondern alternativlos.

Untersuchungen zur Brutbiologie, Habitatnutzung und Nahrungsökologie des Wiedehopfes (*Upupa epops*) in der Region Hannover

Studies on the breeding biology, habitat use and feeding ecology of the hoopoe (*Upupa epops*) in the Hannover region

Maren Elisa Hartmann, Lukas Igebrink

Hinweis

Die Arbeit ist zur Veröffentlichung eingereicht. An dieser Stelle wird daher nur eine deutschsprachige Zusammenfassung der Arbeit veröffentlicht. Die vollständige Arbeit und die englische Zusammenfassung sollen in den Vogelkundlichen Berichten Band 51 Heft 2 veröffentlicht werden.

Wiedehopf (Upupa epops), Brutbiologie, Habitatnutzung, Nahrungsökologie, Artenschutz
Eurasian Hoopoe (Upupa epops), breeding biology, habitat utilization, feeding ecology, species protection

doi: 10.23766/NiPF.202501.02

Hintergrund

Seit wenigen Jahren brütet in der Region Hannover eine Art, die zwar vor über 60 Jahren in ganz Niedersachsen noch weit verbreitet war, zwischenzeitlich aber als ausgestorben galt (Krüger & Oltmanns 2007) – der Wiedehopf (*Upupa epops*) oder auch Fuulpuup, Kuckucksnecht, Bubbekopp oder Stinkvogel im Plattdeutschen genannt (Bergmann & Krüger, 2014; Krüger & Sandkühler, 2022; Münch, 1952). Seine Spitznamen weisen auf seine ehemalige weite Verbreitung auch im Norden Niedersachsens hin. Früher ein allen bekannter Begleiter der Landschaft, heute lediglich mit 25 bis 30 Brutpaaren im Bundesland Niedersachsen, beschränkt auf das Wendland, die Hannoversche Moorgeest und die Lüneburger Heide vertreten zählt er seit vielen Jahren in Niedersachsen zu den stark gefährdeten Arten (Rote Liste der gefährdeten Brutvogelarten in Niedersachsen, Kategorie 2 – stark gefährdet). Aber seit etwa mehr als zehn Jahren ist er, profitierend von gezielten Schutzmaßnahmen in Niedersachsen, mit wenigen Brutpaaren zurück (35 Paare, Krüger & Sandkühler 2022).

Um die Brutvogelart in Zukunft weiterhin sichern zu können, sind Erkenntnisse über das Verhalten und die Ansprüche für eine erfolgreiche Brut des Wiedehopfes an sein Habitat von primärer Bedeutung. Ziel der Abschlussarbeiten, deren Ergebnisse im folgenden Beitrag zusammengeführt werden, war es, Erkenntnisse zum künftigen Schutz und Erhalt der Art zu gewinnen und Empfehlungen zum Gebietsmanagement abzuleiten.

Das ca. 2000 ha große untersuchte Gebiet ist in der Hannoverschen Moorgeest zu verorten und ist geprägt durch zahlreiche degenerierte Hochmoorlebensraumkomplexe sowie Initialstadien wiedervernässter Hochmoore, aktiv bewirtschaftete Abtorfungsbereiche, Extensivgrünland, Waldkomplexe und landwirtschaftliche Ackerflächen. Hauptfragestellung der Arbeit von Hartmann aus dem Jahr 2023 waren die Brutbiologie und Habitatnutzung, wohingegen die Arbeit von Igebrink aus dem Jahr 2024 den Schwerpunkt auf die Brutbiologie, die Mikrohabitatnutzung und die Nestlingsnahrung legte.

Zu brutbiologischen Parametern wurden folgende Fragestellungen beantwortet (2023/24):

- Wie viele Reviere des Wiedehopfes sind im Untersuchungsgebiet vorzufinden?

Folgende Fragen zur Habitatnutzung der Vögel vor Ort sollten beantwortet werden:

- Welche Lebensräume nutzen Wiedehopfe zur Nahrungssuche? (2023)
- Welche Mikrohabitate nutzen die Wiedehopfe zur Nahrungssuche? (2024)

Zuletzt wurden folgende Fragen zur Nestlingsnahrung untersucht:

- Wie ist die Zusammensetzung der Nestlingsnahrung und wie unterscheidet sie sich zwischen den einzelnen Brutpaaren? (2024)
- Wie unterscheidet sich die Fütterungsfrequenz zwischen den Wiedehopfpaaren? (2023/24)

Methodik

Zur Ermittlung der Brutbiologie wurden umfangreiche Revierkartierungen mit über acht Begehungen im Gebiet durchgeführt sowie installierte Nisthilfen im Gebiet zweimalig kontrolliert und die Anzahl aufgezogener Jungvögel aufgenommen. Der Erfassungszeitraum erstreckte sich von April 2023 bis August 2023 und April 2024 bis Juli 2024. Die Brutphänologie wurde aus dem im Gelände ermittelten Ausflugsdatum der Jungvögel zurückgerechnet. Für die Habitatnutzung wurden im Jahr 2023 insgesamt sieben Bruten, davon sechs Erstbruten und eine Zweitbrut untersucht. Die Nahrungsflächen wurden in wöchentlichen Beobachtungsblöcken von insgesamt vier Stunden ermittelt. In Anlehnung an von Drachenfels (2021) wurden Lebensraumtypen gebildet und mit



GIS räumlich verortet. Daraus wurden Flächenanteile, Siedlungsdichten und Aktionsraumgrößen berechnet. Gegenübergestellt wurden in der Auswertung das Potential als prozentualer Anteil der Lebensraumtypen mit dem prozentualen Anteil der Nutzung einzelner Lebensraumtypen. Die Nutzung der Lebensraumtypen wurde mit einem z-Test auf signifikante Unterschiede geprüft.

Im Jahr 2024 wurde zusätzlich erfasst, welche Mikrohabitate die Wiedehopfe bei der Nahrungssuche nutzen. Hierzu wurden fünf Paare mindestens einmal pro Woche in einem je dreistündigen Block beobachtet. Bei erfolgreicher Verfolgung eines nahrungssuchenden Wiedehopfes erfolgte die Erfassung von Mikrohabitat-Strukturparameter in einem zwei mal zwei Meter Feld um den Fundpunkt. Zusätzlich wurden an einem Referenzpunkt in 20 m Entfernung in zufälliger Richtung die gleichen Parameter aufgenommen. Die Auswertung erfolgte schließlich auf signifikante Unterschiede zwischen den Fund- und Referenzpunkten der verschiedenen Vegetationsschichten durch Wilcoxon-Tests.

Weiterhin wurden 2024 die Nestlingsnahrung und Fütterungsfrequenzen von vier Paaren mit Hilfe von Kameras analysiert. Dies erfolgte durch die „Wyze Cam v3“ des Herstellers Wyze Labs, Inc sowie eine USB-Stick Kamera der Firma Hnsat. Zu jedem Futteranflug wurden das Paar, das Datum, die Zeit (hh:mm), der Nahrungstyp und das Geschlecht des fütternden Tieres vermerkt. Die individuelle Bestimmung war über die Musterung der angelegten Haubenfedern möglich. Die Nahrungstiere wurden zunächst auf Art-, wenn dies nicht möglich war auf Gattungs-, Familien- oder Ordnungsniveau bestimmt. Nicht klar identifizierbare Exemplare wurden nach Form, Farbe und Größe typisiert. Die Auswertung erfolgte anhand einer explorativen Datenanalyse.

Ergebnisse

Im Jahr 2023 konnten insgesamt sechs Brutpaare mit Brutnachweis und ein Brutpaar mit Brutverdacht im untersuchten Gebiet nachgewiesen werden. Davon wurden sechs Erstbruten und eine Zweitbrut erfasst. Die Siedlungsdichte lag bei 0,42 Brutpaaren/km². Im Jahr 2024 konnten insgesamt neun Brutnachweise erbracht

werden. Davon wurden zwei Bruten prädiert, eine weitere aus unbekannten Gründen abgebrochen. Die Siedlungsdichte lag bei 1,15 Brutpaaren/km².

Die Brutpaare nutzen die Lebensraumtypen innerhalb ihrer Aktionsräume in unterschiedlicher Häufigkeit. Primär wurden unter extensiver Beweidung und extensiver Landnutzung stehende Grünlandflächen, lichte Waldbereiche und nass-feuchte Flächen angefliegen. Insgesamt zeigten auch die einzelnen Brutpaare deutlich unterschiedliche Präferenzen in ihrer Habitatnutzung. Drei Paare nutzten primär beweidetes Extensivgrünland deutlich signifikant. Ein weiteres Paar nutzte signifikant Walsukzessionsflächen. Eine Kulturheidelbeerplantage wurde zusätzlich von einem Brutpaar signifikant zur Nahrungssuche genutzt.

Insgesamt nutzten die Wiedehopfe bei der Nahrungssuche Mikrohabitate mit einer signifikant geringeren Krautschichthöhe. Auch die Krautschichtdeckung der Fundpunkte war signifikant geringer als die der Referenzpunkte. Im Gegensatz dazu wurde an den Fundpunkten ein signifikant höherer Offenbodenanteil festgestellt.

In der Fütterungsfrequenz waren keine einheitlichen tageszeitlichen Minima oder Maxima feststellbar. Die Anflughäufigkeit variierte zwischen den vier untersuchten Paaren hingegen deutlich. Ähnlich verhielt es sich mit der Nestlingsnahrung. Insgesamt wurden vor allem Maulwurfsgrillen, Tipulidenlarven, Engerlinge, Dipterenartige und weiße 4-6 cm große Larven verfüttert. Diese machten jedoch, je nach Brutpaar, stark unterschiedliche Anteile in den Nahrungsspektren aus.

Diskussion

Die zur Nahrungssuche genutzten Habitate wiesen insgesamt eine hohe Variabilität auf. Auch Untersuchungen aus anderen Landschaftsräumen kommen zu dem Ergebnis, dass Wiedehopfe von extensiv beweideten Grünländern bis hin zu flach überstauten Salzlacken eine hohe Bandbreite an verschiedensten Nahrungshabitaten nutzen (Grüll et al., 2008; Öhlschläger, 2001; Rieder & Schulze, 2010; Stahmer & Jasmina, 2018). Deutlich anspruchs-



Abbildung 1: Mit Heckrindern extensiv beweidetes Grünland wurde vom Wiedehopf signifikant häufiger zur Nahrungssuche genutzt und stellt dementsprechend ein wichtiges Nahrungshabitat dar. Foto: M. Hartmann

voller scheint die Art hinsichtlich der genutzten Mikrohabitate zu sein. So ist die Bevorzugung von Stellen mit hohem Offenbodenanteil sowie geringer Vegetationsdeckung und -höhe vielfach in der Literatur belegt (Ioset, 2007; Morgenstern, 1998). Damit scheinen Wiedehopfe abhängig von einer moderaten Nutzungs- und Störungsintensität zu sein. Jaklitsch (2002) bezeichnet sie gar als Indikatorart für erfolgreiche extensive Bewirtschaftung. Gegenüber intensiv genutzten Landschaften sind sie hingegen kaum tolerant (Pfister & Birrer, 1997). Das Idealhabitat der Art wird somit durch ein Mosaik aus verschiedenen Lebensraumtypen und Kleinststrukturen, die vorrangig extensiver Bewirtschaftung entspringen, charakterisiert. Auch Faktoren wie die Nähe zum Brutplatz, Bewirtschaftungsformen und die Struktur der angeflogenen Flächen scheinen die Nahrungssuche zu beeinflussen. Die recht unterschiedlichen Nahrungsspektren der einzelnen Brutpaare bestätigen die Hypothese, dass Wiedehopfe opportunistisch Insekten nutzen, welche ihnen zur Verfügung stehen (Rieder, 2011). Dies dürfte sie unabhängiger von Bestandschwankungen einzelner Beutetiere machen und damit Vorteile für ihren Bruterfolg bringen. Höchstwahrscheinlich liegt in den Nahrungsspektren ebenso die Ursache für die deutlichen Unterschiede in den Fütterungsfrequenzen.

Um den aktuell positiven Bestandstrend des Wiedehopfs im Untersuchungsraum weiter zu fördern, sollte ein ausreichendes Nistplatzangebot und eine ausreichende Nahrungsverfügbarkeit vorhanden sein. Für die Optimierung des Nistplatzangebots können Nisthilfen dienen. Ein besonderes Augenmerk sollte dabei auf der Sicherung der im Gebiet vorhandenen Nisthilfen gegenüber Prädation liegen.

Weiterhin sollten extensiv genutzte Wiesen und Weiden, sowie sandige Offenbodenbereiche als Nahrungshabitat der Art erhalten und weiterentwickelt werden. Dafür würden sich im Untersuchungsgebiet besonders die nicht wiedervernässbaren Randbereiche degenerierter Moorstandorte eignen.

Unsere Arbeiten entstanden in Zusammenarbeit mit der Ökologischen Schutzstation Steinhuder Meer (ÖSSM e.V.) Wir möchten zudem all jenen Personen unseren Dank aussprechen, die uns im Verlauf der Entstehung der Arbeiten auf so vielfältige Weise unterstützt haben. In besonderer Weise danken wir Thomas Brandt, Ralph Joest und Hubertus von Dressler für die enge fachliche Betreuung.

Quellenverzeichnis

BERGMANN, M. & KRÜGER, T. (2014). Aktuelle Brutzeitvorkommen des Wiedehopfs *Upupa epops* in Geestlandschaften Nordwest-Niedersachsens. Vogelkundliche Berichte Niedersachsens(44), 57–66.

FLADE M. (1994): Die Brutvogelgemeinschaften Mittel- und Norddeutschlands. Grundlagen für den Gebrauch vogelkundlicher Daten in der Landschaftsplanung. IHW-Verlag. Eching: 879 S.

GRÜLL, A., GROSS, J. & STEINER, J. (2008). Verbreitung, Bestand und Bruterfolg des Wiedehopfes, *Upupa epops* Linnaeus 1758, im Nationalpark Neusiedler See - Seewinkel. Egretta(49), 6–18.

IOSET, A. (2007). The importance of bare ground for terrestrially foraging insectivorous farmland birds: a case study of the endangered Hoopoes (*Upupa epops*) [Diplomarbeit]. Universität Bern.

JAKLITSCH, H. (2002). Aus den Vereinen. Naturschutzbund Kärnten: Bestandserfassung des Wiedehopfs (*Upupa epops*) in Kärnten. Kärntner Naturschutzberichte(7), 145–148.

KRÜGER, T. & SANDKÜHLER, K. (2022). Rote Liste der Brutvögel Niedersachsens und Bremens. 9. Fassung, Oktober 2021. Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen(2), 111–176.

MORGENSTERN, I. (1998). Zur Nahrungsökologie des Wiedehopfes (*Upupa epops*) im Kaiserstuhl unter Berücksichtigung unterschiedlicher Bewirtschaftungstypen im Weinbau. Universität Freiburg.

MÜNCH, H. (1952). Der Wiedehopf. Die neue Brehm-Bücherei. VerlagsKG Wolf.

ÖHLSCHLÄGER, S. (2001). Ornithologische Dissertationen und Diplomarbeiten aus Brandenburg: Zur Habitatwahl, Nahrungsökologie und Brutbiologie des Wiedehopfes (*Upupa epops* Linne 1758) auf den ehemaligen Truppenübungsplätzen bei Jüterbog, Brandenburg. Otis - Zeitschrift für Ornithologie und Avifaunistik in Brandenburg und Berlin(9), 145–149.

PFISTER, H. & BIRRER, S. (1997). Landschaftsökologische und faunistische Erfolgskontrolle für ökologische Ausgleichsmaßnahmen im Schweizer Mittelland. Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Luzern(35), 173–193.

RIEDER, I. (2011). Brutbiologie, Nahrung und Habitatnutzung des Wiedehopfs (*Upupa epops*) in Kärnten [Diplomarbeit]. Universität Wien, Wien.

RIEDER, I. & SCHULZE, C. (2010). Brutbiologie, Nahrung und Habitatnutzung des Wiedehopfs (*Upupa epops*) in Kärnten. Carinthia II(200 (120), 167–182.

STAHMER & JASMINA. (2018). Ökologische Risikoanalyse zum Einsatz von Kulturschutzeinrichtungen in Obstkulturen. Eine Untersuchung der lokalen Vogel-Biozönose [Dissertation]. Universität Koblenz-Landau, Koblenz.

STANGE, C. & HAVELKA, P. (1955). Der Wiedehopf - Überleben in der Kulturlandschaft. Arbeitsblätter zum Naturschutz(20).

DRACHENFELS, O. v. (2021). Kartierschlüssel für Biotoptypen in Niedersachsen. Stand März 2021. Naturschutz und Landschaftspflege in Niedersachsen(A/4).

Kontakt

Maren Elisa Hartmann, B.Eng.
Hochschule Osnabrück
mhartmann.20b@gmail.com

Lukas Igelbrink, B.Eng.
Hochschule Osnabrück
igelbrink.lukas@gmail.com





Ramona Isabel Ressel

Untersuchungen zur Mortalität von *Empetrum nigrum* (L.) und *Calluna vulgaris* (L.) Hull in Küstenheiden auf der Insel Sylt



Krähenbeerheide mit abgestorbenen Flächen. Foto: R. Ressel

In einfachen Worten:

Womit beschäftigst du dich in deiner Arbeit?

In meiner Arbeit geht es darum, ob langanhaltende Trockenphasen einen Einfluss auf die Mortalität von Zwergsträuchern und das Artengefüge in Küstenheiden haben. Denn nachdem in den Jahren seit 2018 mehrmals Dürrephasen in den Sommermonaten auftraten, wurden vor allem auf Südhängen in Küstendünen abgestorbene Zwergsträucher beobachtet. Mein Untersuchungsgebiet umfasste 15 ausgewählte Dünen in den Küstenheidegebieten der Insel Sylt, auf denen ich Vegetationsaufnahmen durchgeführt und verschiedene Umweltfaktoren aufgenommen habe. Die Ergebnisse machen deutlich, dass vor allem die Krähenbeere aber auch die Besenheide in Folge solcher Trockenphasen teils großflächig absterben und sich die Gestalt der Küstenheiden mit dem Klimawandel in Zukunft stark verändern könnte. Ob damit Chancen für die Pflanzenarten jüngerer Dünenstadien oder Risiken durch die Ausbreitung von invasiven Neophyten wie dem Kaktusmoos einhergehen, habe ich in der Arbeit diskutiert. Für eine abschließende Bewertung sind jedoch weiterführende, langfristige Untersuchungen nötig.

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

Besonders spannend finde ich die in diesem Bereich mögliche und auch nötige Verknüpfung von Wissenschaft und Praxis. Da im Naturschutz nicht nur naturwissenschaftliche Fakten, sondern auch der menschliche Aspekt eine große Rolle spielt, ist es unumgänglich, in stetigem Austausch Antworten auf die Fragen „was wollen wir schützen“ und „wie können wir schützen“ zu finden oder gegebenenfalls neu zu verhandeln. Die Vielzahl an naturwissen-

schaftlichen wie auch sozio-ökonomischen Aspekten, die dabei berücksichtigt werden müssen, macht besonders inter- und transdisziplinäre Forschung im Naturschutz so wichtig und interessant.

Was hat dich in deiner Arbeit am meisten überrascht?

Mich hat überrascht, wie stark der Einfluss der Exposition auf die Vegetation in Küstendünen ausgeprägt ist. Die Südhänge auf den von mir untersuchten Dünen unterschieden sich in vielerlei Hinsicht von den Nordhängen und waren deutlich diverser in ihrer Artenzusammensetzung und Gestalt als die überwiegend dicht von Zwergsträuchern und Moosen bewachsenen Nordhänge.

Welche Denkanstöße und Empfehlungen möchtest du Praktikerinnen und Praktikern oder Politikerinnen und Politikern mit auf dem Weg geben?

Ich fände es schön, wenn der Mut dazu aufgebracht werden könnte, auch mal unkonventionelle Wege im Naturschutz zu gehen. Den von Natur aus sehr dynamischen Küstendünen fehlt es aktuell an genau dieser Dynamik unter anderem aufgrund von Küstenschutzmaßnahmen und Anpflanzungen, die aus dem menschlichen Bedürfnis nach Stabilität resultieren. Dabei könnten, wie die Studie von Osswald et al. (2019) zeigt, durch eine Remobilisierung nicht nur heimische Pionierarten profitieren und invasive Arten wie das Kaktusmoos zurückgedrängt werden, sondern Barriereinseln möglicherweise auch besser mit dem Meeresspiegelanstieg mithalten. Auch das Absterben der Zwergsträucher in Folge von Trockenphasen sollte nicht ausschließlich negativ betrachtet werden, sondern vielleicht auch als Chance, die Dynamik in den Küstendünen wieder zu erhöhen.



Untersuchungen zur Mortalität von *Empetrum nigrum* (L.) und *Calluna vulgaris* (L.) Hull in Küstenheiden auf der Insel Sylt

Studies on the mortality of *Empetrum nigrum* (L.) and *Calluna vulgaris* (L.) Hull in coastal heathlands of the island Sylt

Ramona Isabel Ressel

Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurde der Einfluss abiotischer und biotischer Faktoren auf die Mortalität von *Empetrum nigrum* und *Calluna vulgaris* in Küstenheiden auf Sylt untersucht, da nach langen Trockenphasen vermehrt Schäden der Zwergsträucher beobachtet wurden. Mittels Vegetationsaufnahmen wurde überprüft, ob diese Mortalität einen Einfluss auf das Artengefüge der Braundünen hat. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass sich die Vegetation der Küstenheiden in Folge des Klimawandels durch Trockenschäden der dominierenden Ericaceen deutlich verändern könnte. Ob die Mortalität langfristig Pionierarten fördert oder invasiven Neophyten Ausbreitungspotential bietet, kann erst ein kontinuierliches Monitoring zeigen.

Calluna vulgaris, *Campylopus introflexus*, Dünenvegetation, *Empetrum nigrum*, Klimawandel, Neophyten, Sylt

Abstract

In this study, the influence of abiotic and biotic factors on the mortality of *Empetrum nigrum* and *Calluna vulgaris* in coastal heaths on Sylt was investigated, as increased damage to the dwarf shrubs was observed after long dry periods. Vegetation records were used to explore whether this mortality has an influence on the species composition of the brown dunes. The results indicate that the vegetation of the coastal heaths could change significantly as a result of climate change due to drought damage of the dominant Ericaceae. Only continuous monitoring can show whether mortality promotes pioneer species in the long term or offers potential for invasive neophytes to spread.

Calluna vulgaris, *Campylopus introflexus*, dune vegetation, *Empetrum nigrum*, climate change, neophytes, Sylt

doi: 10.23766/NiPF.202501.03

Einleitung

Küstenheiden (*Empetrum nigrum*) bilden einen wichtigen Verband der Heiden in Europa. Die dominierenden Arten sind zwei Zwergsträucher, die Krähenbeere *Empetrum nigrum* (L.) und die Besenheide *Calluna vulgaris* (L.) Hull, die nachfolgend als *E. nigrum* und *C. vulgaris* bezeichnet werden. Der Klimawandel als einer der größten Treiber des globalen Biodiversitätsverlusts und -wandels (Sala et al. 2000) beeinflusst den Lebensraum zunehmend negativ. Für Deutschland ist u. a. eine Abnahme der Sommerniederschläge und ein Anstieg in der Häufigkeit und Intensität von Hitze- oder Trockenperioden zu erwarten (IPCC 2022; UBA 2006). Da sandige Böden ein geringes Wasserspeichervermögen haben (Li et al., 2021), ist die Vegetation auf Dünen besonders von solchen Ereignissen betroffen. Die ökosystemischen Auswirkungen der klimatischen Veränderungen auf Küstenheiden sind stark davon abhängig, wie die dominierenden Zwergsträucher auf Trockenstress reagieren.

In den vergangenen Jahren häuften sich die Dürreereignisse und es kam seit 2018 mehrere Jahre in Folge vor allem im Sommer zu extremer Trockenheit und Temperaturrekorden (Bathiany et al.

2021; Marx 2023). In diesen Jahren wurden vermehrt Trockenschäden bei *E. nigrum* und *C. vulgaris* beobachtet, die teilweise in der Mortalität der Pflanzen resultierten (Hein et al. 2021; Schellenberg 2022). Auch in den Küstenheidegebieten der Insel Sylt wirkte sich die Trockenheit sichtbar auf die Zwergsträucher aus, was besonders ausgeprägt auf südexponierten Dünenhängen wahrgenommen wurde (Koch 2018). In dieser Arbeit wird deshalb untersucht, von welchen abiotischen und biotischen Faktoren die Mortalität von *E. nigrum* und *C. vulgaris* in Küstenheiden auf Sylt abhängt, und diskutiert, ob diese mit den Dürreereignissen in Zusammenhang stehen. Zudem wird ermittelt, welche Auswirkungen die Mortalität von *E. nigrum* und *C. vulgaris* auf das Artengefüge hat. Das Absterben der für Braundünen typischen Zwergsträucher könnte eine verjüngende Wirkung auf die Dünensukzession haben und Weiß- und Graudünenpflanzen fördern, jedoch ebenfalls invasiven Neobiota wie dem Kaktusmoos *Campylopus introflexus* neuen Raum zur Ausbreitung bieten.

Somit werden folgende Hypothesen in dieser Arbeit untersucht:

1. Die Mortalität von *E. nigrum* und *C. vulgaris* in Küstenheiden ist auf südexponierten Dünenhängen größer als auf nordexponierten Dünenhängen.
2. Die Mortalität von *E. nigrum* und *C. vulgaris* hat einen positiven Einfluss auf die Anzahl der Weiß- und Graudünenarten und führt zu einer Veränderung des Artengefüges.

Methodik

Untersuchungsdesign

Verteilt über die Dünengebiete der Nordseeinsel Sylt wurden 15 Dünen ausgewählt und jeweils der nord- und südexponierte Hang untersucht. Das Untersuchungsdesign umfasste die Aufnahme von drei jeweils 25 m² großen Flächen pro Nord- bzw. Südhang, die auf der Längsseite des Hangs mittig gelegen als Transekt von oben nach unten angeordnet waren. Insgesamt wurden somit 90 Aufnahmen untersucht. In den Aufnahmeflächen wurden abiotische (Exposition, Inklinaton) und biotische (max. Höhe der Zwergstraucharten) Faktoren erhoben, um ihren Einfluss auf die Mortalität von *E. nigrum* und *C. vulgaris* zu ermitteln.

Vegetationsaufnahmen

In jeder Aufnahmefläche wurden Vegetationsaufnahmen mit Deckungsgradschätzungen durchgeführt. Des Weiteren wurden für *E. nigrum* und *C. vulgaris* gesondert die prozentualen Deckungsgrade der lebenden und abgestorbenen Pflanzenanteile erhoben und daraus die Mortalitätsrate berechnet, indem der abgestorbene Anteil durch die Gesamtdeckung (lebend (%) + abgestorben (%)) dividiert wurde. Ausführlichere Informationen zur Methodik und detaillierte Vegetationsaufnahmen sind in Ressel (2024) zu finden.

Statistische Datenanalyse

Der Einfluss von abiotischen (Exposition, Inklinaton) und biotischen (max. Höhe) Faktoren sowie ihre Interaktionen auf die Mortalitätsraten von *E. nigrum* und *C. vulgaris* wurden mit linearen gemischten Modellen (LMMs) getestet (Hypothese 1). Die Modellauswahl wurde mit dem „Likelihood-Ratio-Test“ (LRT) durchgeführt. Der Effekt der Exposition, der lebend-Deckung und Mortalitätsraten von *E. nigrum* und *C. vulgaris* auf die Artenzahl der Weiß- und Graudünenpflanzen wurde mit generalisierten linearen gemischten Modellen (GLMMs) unter Verwendung einer Poisson-Verteilung und einer log-link Funktion untersucht (Hypothese 2). Alle statistischen Analysen wurden in der R-Version 4.3.1 ausgeführt.

Tabelle 1: Charakterisierung der Vegetation mit Mittelwerten (M) und Standardabweichungen (SD) für alle Vegetationsaufnahmen sowie differenziert für Nord- und Südhänge.

	Gesamt		Exp. Nord		Exp. Süd	
	M	SD	M	SD	M	SD
Lebende Vegetation (%)	85,61	+/-10,97	93,22	+/-3,97	78,00	+/-10,46
Offene Bodenstellen (%)	6,79	+/-9,94	0,62	+/-1,08	12,96	+/-10,97
Gefäßpflanzen (%)	72,00	+/-12,28	79,89	+/-7,78	64,11	+/-10,82
Kryptogame* (%)	39,45	+/-24,90	55,89	+/-20,82	23,01	+/-16,36
<i>Campylopus introflexus</i> (%)	9,18	+/-16,05	0,89	+/-2,21	17,48	+/-19,30
Artenzahl	8,42	+/-3,79	6,58	+/-2,99	10,20	+/-3,61
Weiß- & Graudünenartenzahl	4,29	+/-2,69	2,73	+/-1,74	5,84	+/-2,56
<i>Empetrum nigrum</i>						
lebend (%)	52,54	+/-22,79	63,78	+/-15,06	41,30	+/-23,64
abgestorben (%)	10,03	+/-8,25	7,67	+/-6,16	12,40	+/-9,33
Mortalitätsrate	0,16	+/-0,14	0,11	+/-0,09	0,21	+/-0,15
max. Höhe (cm)	30,92	+/-6,34	33,24	+/-5,65	28,60	+/-6,15
<i>Calluna vulgaris</i>						
lebend (%)	18,93	+/-20,16	20,53	+/-19,99	17,33	+/-20,22
abgestorben (%)	5,98	+/-8,14	4,66	+/-5,38	7,40	+/-10,11
Mortalitätsrate	0,12	+/-0,12	0,10	+/-0,09	0,14	+/-0,14
max. Höhe (cm)	33,26	+/-9,75	35,43	+/-7,99	30,95	+/-10,86
abgestorben gesamt (%)	14,16	+/-8,75	10,98	+/-7,61	17,33	+/-8,66
Mortalitätsrate gesamt	0,18	+/-0,13	0,11	+/-0,08	0,24	+/-0,14
* Die Kryptogamen beinhalten die Deckung aller Moose und Flechten abgesehen von <i>Campylopus introflexus</i> .						

Tabelle 2: Modellauswahl des Likelihood-Ratio-Tests für die Mortalitätsraten von *E. nigrum* und *C. vulgaris*.

	<i>Empetrum nigrum</i>		<i>Calluna vulgaris</i>	
	LRT	p-Wert	LRT	p-Wert
Exposition (E)	15,22	< 0,001	5,00	0,025
Inklination (I)	0,01	0,932	1,45	0,228
max. Höhe (H)	0,31	0,576	6,22	0,013
E : I	3,33	0,068	1,34	0,248
E : H	0,68	0,411	1,14	0,286
I : H	0,29	0,592	1,01	0,315

Ergebnisse

Effekte abiotischer und biotischer Faktoren auf Zwergstrauch-Mortalitätsraten

Die Mortalitätsrate von *E. nigrum* wird signifikant von der Exposition (LRT = 15,22; $p < 0,001$) und marginal signifikant von der Interaktion der Exposition und Inklination (LRT = 3,33; $p = 0,068$) beeinflusst (Tabelle 2). Wie in der Charakterisierung der Vegetation zu sehen ist, übersteigt die mittlere Mortalitätsrate von *E. nigrum* auf Südhängen (Mittelwert: 0,21) die mittlere Mortalitätsrate auf Nordhängen (Mittelwert: 0,11) um fast das Doppelte (Tabelle 1; Abbildung 1 a). In mehreren südexponierten Untersuchungsflächen ist über die Hälfte des *E. nigrum*-Bestandes abgestorben, sodass eine Mortalitätsrate von bis zu 0,67 bzw. 67 % erreicht wird. Die Mortalitätsrate von *E. nigrum* erhöht sich auf Südhängen mit steigender Inklination, während auf Nordhängen kein Zusammenhang festgestellt werden kann (Abbildung 1 b).

Die Mortalitätsrate von *C. vulgaris* wird signifikant von der Exposition (LRT = 5,00; $p = 0,025$) und der max. Höhe (LRT = 6,22; $p = 0,013$) beeinflusst (Tabelle 2). Auf Südhängen liegt die mittlere Mortalitätsrate (Mittelwert: 0,14) höher als auf Nordhängen (Mittelwert: 0,10) (Tabelle 1; Abbildung 1 c). Unabhängig von der Exposition steigt die Mortalitätsrate von *C. vulgaris* mit steigender max. Höhe an (Abbildung 1 d). Sie befindet sich dabei auf Südhängen jedoch auf einem höheren Niveau, auf denen sowohl jüngere als auch ältere Bestände von *C. vulgaris* eine höhere Mortalitätsrate aufweisen. Die maximale Mortalitätsrate von *C. vulgaris* in den Untersuchungsflächen beträgt 0,50.

Effekte der Exposition und Zwergstrauchdeckung auf das Pflanzenartengefüge

Die Artenzahl der Weiß- und Graudünenpflanzen auf Südhängen (Mittelwert: 5,84) unterscheidet sich signifikant ($z = 6,97$; $p < 0,001$) von der auf Nordhängen (Mittelwert: 2,73) und ist auf diesen im Mittel mehr als doppelt so hoch (Tabelle 1; Abbildung 2 a). Mit steigender lebend-Deckung von *E. nigrum* und *C. vulgaris* auf Südhängen nimmt die Artenzahl der Weiß- und Graudünenpflanzen signifikant ab ($z = -4,094$; $p < 0,001$) (Abbildung 2 b). Die Mortalitätsraten von *E. nigrum* und *C. vulgaris* haben auf Südhängen keinen statistisch signifikanten Einfluss auf die Weiß- und Graudünenartenzahl (Abbildung 2 c, d). Bei der Mortalitätsrate von *E. nigrum* deutet sich jedoch ein positiver Trend an.

Auch das invasive Moos *Campylopus introflexus* ist auf südexponierten Dünenhängen signifikant häufiger (Mittelwert: 17,5 %; $t = 10,15$; $p < 0,001$) und weist dort im Mittel einen 19fach höheren Deckungswert als auf Nordhängen auf (Mittelwert: 0,89 %) (Tabelle 1). Auf den Untersuchungsflächen der Südhänge erreicht *Campylopus introflexus* eine Stetigkeit von 91 % mit Deckungen von bis zu 80 %, während das Moos auf Nordhängen nur auf 20 % der Flächen vorkam und dort eine maximale Deckung von 10 % erreichte.

Diskussion

Einfluss abiotischer und biotischer Faktoren auf die Zwergstrauch-Mortalität in Küstenheiden

Der signifikante Einfluss der Exposition auf die Mortalität von *E. nigrum* und *C. vulgaris* kann auf die höhere Sonneneinstrahlung auf südexponierten Hängen zurückgeführt werden, die bereits in vielen Studien festgestellt wurde (Bennie et al., 2008; Fan et al., 2020; Geroy et al., 2011). Die Intensität der Sonneneinstrahlung beeinflusst die mikroklimatischen Bedingungen und damit indirekt auch die Vegetation. So kann auf Südhängen tagsüber eine erhöhte Oberflächen- und Bodentemperatur festgestellt werden, die eine erhöhte Evapotranspiration und dadurch verringerte Bodenfeuchtigkeit zur Folge hat (Gerlach et al. 1994; Geroy et al. 2011). Auf Nordhängen ist das Mikroklima hingegen kühler, feuchter und ausgeglichener (Fan et al. 2020). Die Exposition beeinflusst über komplexe Wechselwirkungen abiotischer und biotischer Faktoren auch die Bodenentwicklung, sodass auf Nordhängen meist nährstoffreichere Böden und tiefere Oberbodenschichten zu finden sind, die eine höhere Wasserspeicherkapazität haben, während auf Südhängen die Bodenbildung weniger ausgeprägt ist und eine stärkere Erosion stattfindet (Geroy et al. 2011; Singh 2018). Durch diese mikroklimatischen und edaphischen Unterschiede und die damit verbundene Wasserverfügbarkeit beeinflusst die Exposition das Wachstum, die räumliche Verteilung und Artzusammensetzung der Vegetation (Singh 2018). Somit kann die expositionsabhängige Mortalität von *E. nigrum* und *C. vulgaris* mit großer Wahrscheinlichkeit auf Trockenschäden zurückgeführt werden, ausgelöst durch lang anhaltende sommerliche Trockenphasen, wie sie zuletzt in mehreren Jahren seit 2018 auftraten (Marx 2023). Dabei scheint *E. nigrum* stärker betroffen zu sein als *C. vulgaris*, wie die höhere mittlere Mortalitätsrate auf

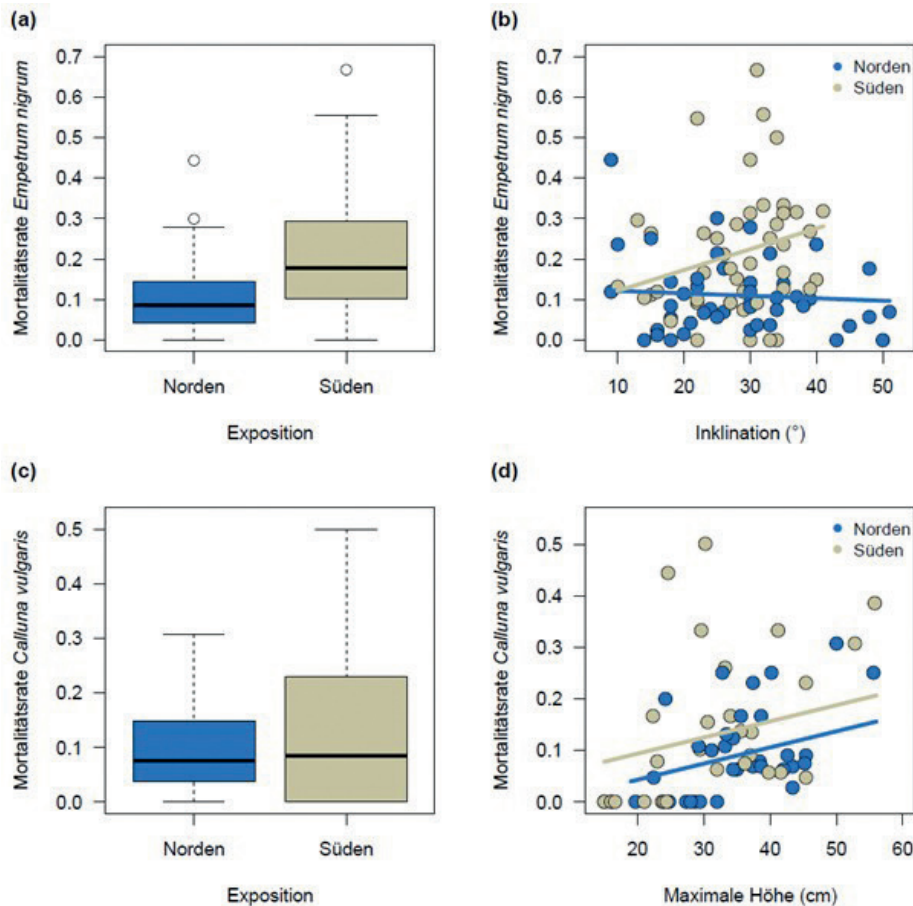


Abbildung 1: Einfluss der Prädiktoren a) Exposition und b) Interaktion der Exposition und Inklination (°) auf die Mortalitätsrate von *E. nigrum* sowie c) Exposition und d) max. Höhe (cm) von *Calluna vulgaris* auf die Mortalitätsrate von *Calluna vulgaris*.
Grafik: Eigene Darstellung

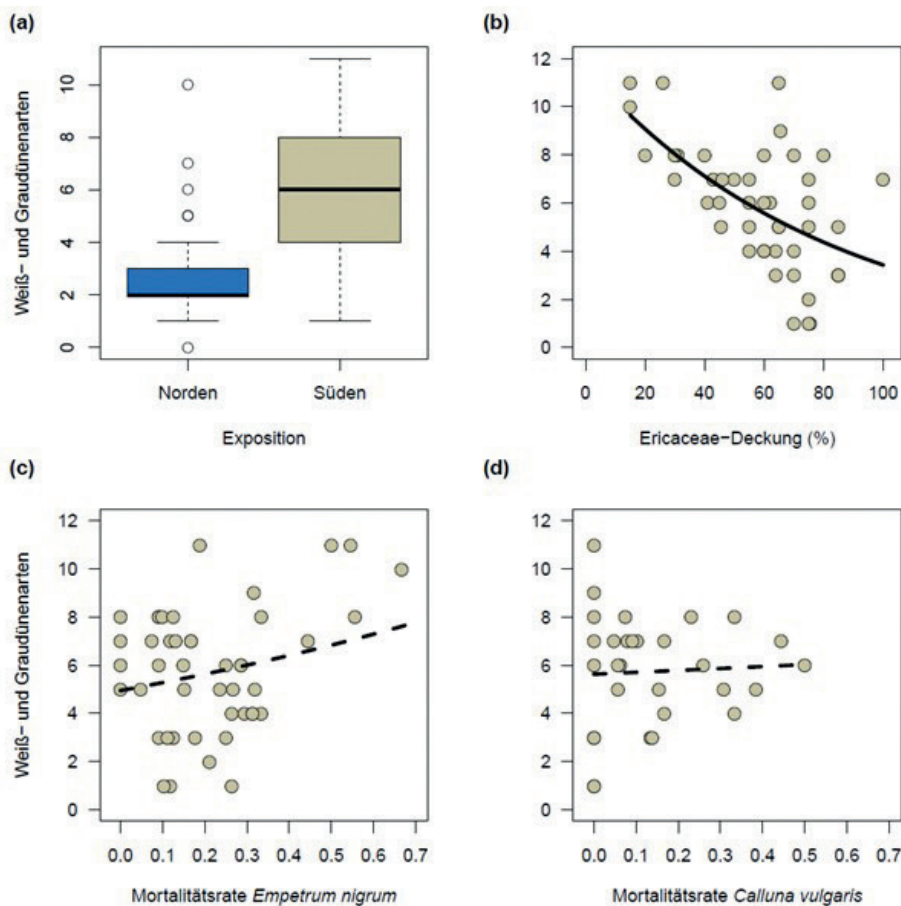


Abbildung 2: Veränderung der Artenzahl von Weiß- und Graudünenpflanzen auf 25 qm großen Flächen in Abhängigkeit von a) der Exposition, b) der Deckung lebender *Empetrum nigrum* und *Calluna vulgaris* Zwergsträucher, c) der Mortalitätsrate von *Empetrum nigrum* und d) *Calluna vulgaris* auf Südhängen. Die durchgezogene Regressionsgerade in b) kennzeichnet einen signifikanten Effekt, während die gestrichelten Linien in c) und d) nicht-signifikante Zusammenhänge kennzeichnen.
Grafik: Eigene Darstellung

Südhängen zeigt (Mittelwert *E. nigrum*: 0,21; Mittelwert *C. vulgaris*: 0,14). Dies ist in Übereinstimmung mit bisherigen Studien, die eine geringere Trockenheitsresistenz von *E. nigrum* gegenüber *C. vulgaris* auf Sylt und den Ostfriesischen Inseln feststellten (Beinker 1998; Mühl 1993).

Auch die Inklination beeinflusst durch den Einfallswinkel die Intensität der Sonneneinstrahlung in Abhängigkeit von der geografischen Breite, der Jahreszeit und Exposition (Stoutjesdijk & Barkman 2014). Die größte Sonneneinstrahlung wird in mittleren Breiten der nördlichen Hemisphäre im Sommer auf südexponierten Flächen mit einer leichten Hanglage von etwa 15-35° erreicht, während die Strahlungsintensität auf Nordhängen mit zunehmender Inklination abnimmt (Stoutjesdijk & Barkman 2014). Somit kann der positive Einfluss der Inklination bei südexponierten Hängen auf die Mortalitätsrate von *E. nigrum* durch die Folgen der höheren Sonneneinstrahlung erklärt werden.

Der signifikant positive Einfluss der max. Höhe von *C. vulgaris* auf die Mortalitätsrate kann in Zusammenhang mit dem Phasenmodell der verschiedenen Altersstadien von *C. vulgaris* gebracht werden, wie es u. a. in Gimingham (1988) beschrieben wird. Nach diesem Modell lassen sich bei *C. vulgaris* vier Altersphasen mit unterschiedlicher Höhe, Struktur und Wachstum abgrenzen, die nach 30-40 Jahren zur durch Seneszenz hervorgerufenen Mortalität führen. Die größte oberirdische Biomasse ist in der Reifephase ausgebildet, in der die Deckung bereits abzunehmen beginnt, was in der folgenden Degenerationsphase noch stärker fortschreitet (Härdtle et al. 2009). Bei einer hohen max. Höhe von *C. vulgaris* kann also davon ausgegangen werden, dass eine fortgeschrittene Altersstruktur vorliegt, die sich möglicherweise schon im Umbruch von der Reife- zur Degenerationsphase befindet und aufgrund von Seneszenz einen signifikant positiven Einfluss auf die Mortalitätsrate hat.

Einfluss der Zwergstrauch-Mortalität auf die Anzahl der Weiß- und Graudünenarten und das Pflanzenartengefüge

Wie in den Ergebnissen beschrieben, ist sowohl die Mortalität von *E. nigrum* und *C. vulgaris* als auch die Artenzahl der Weiß- und Graudünenpflanzen auf den südexponierten Untersuchungsflächen signifikant höher (Abbildung 1 a, c, 2 a). Da die expositionsabhängigen mikroklimatischen Verhältnisse nicht nur die Mortalität beeinflussen, sondern über direkte und indirekte Wirkungsweisen auch die Weiß- und Graudünenarten, kann daraus keine Kausalität abgelesen werden. Denn das wärmere, trockenere Mikroklima auf Südhängen fördert die Ausbildung anderer Pflanzengesellschaften als auf Nordhängen (Ellenberg & Leuschner 2010). Es kann davon ausgegangen werden, dass auch ohne die Mortalität von *E. nigrum* und *C. vulgaris* die Artenzahl der Weiß- und Graudünenpflanzen auf Südhängen höher wäre, weshalb die Einflussfaktoren auf das Artengefüge im Folgenden ausschließlich auf Südhängen betrachtet werden.

Der signifikant negative Effekt der lebend-Deckung von *E. nigrum* und *C. vulgaris* auf die Artenzahl der Weiß- und Graudünenpflanzen auf Südhängen zeigt deutlich, dass in Braundünen die Konkurrenz um Licht und Habitat das Artengefüge wesentlich bestimmt und Pionierarten von einer lückigeren Zwergstrauchvegetation profitieren (Abbildung 2 b); Grunewald & Schubert 2007). Weiß- und Graudünenpflanzen können Standorte mit geringer Nährstoff- und Wasserverfügbarkeit besiedeln, sind jedoch bei zu geringer Licht und Raumverfügbarkeit nicht mehr konkurrenzfähig (Grunewald & Schubert 2007). In den stabilisierten Braundünen sind die dominierenden Ericaceen starke Konkurrenten für die Weiß- und Graudünenarten, weshalb dieses Sukzessionsstadium natürlicherweise eine geringe Artenvielfalt der Gefäßpflanzen aufweist (Peyrat & Fichtner 2011).

Auch wenn bisher kein statistisch nachweisbarer Einfluss der Mortalität auf die Artenzahl der Weiß- und Graudünenpflanzen festgestellt werden kann (Abbildung 2 c, d), wäre es denkbar, dass diese in Zukunft die abiotischen und biotischen Bedingungen auf Braundünen zugunsten der Arten jüngerer Sukzessionsstadien verändert. Denn wenn es zur Mortalität der dominierenden Arten *E. nigrum* und *C. vulgaris* durch Trockenschäden oder Seneszenz kommt, sorgt dies für eine erhöhte Verfügbarkeit von Licht und extremere mikroklimatische Bedingungen als unter lebenden Zwergsträuchern (Wilmanns 1993), was den Aufwuchs von Pionierarten begünstigt. Außerdem wird neuer Raum frei, in dem eine durch die Störung initiierte sekundäre Sukzession stattfinden kann (Grime 2006). Dass von Vegetationslücken durch Trockenschäden produktionschwache und trockenresistente Graudünenarten profitieren, konnte bereits beobachtet werden (Beinker 1998; Ellenberg & Leuschner 2010).

Neben den heimischen Weiß- und Graudünenarten könnte von den mortalitätsbedingten Veränderungen der Umweltbedingungen auch das invasive Moos *Campylopus introflexus* profitieren. Denn der Neophyt ist äußerst lichtbedürftig und trockenheitstolerierend (Ellenberg & Leuschner 2010). *Campylopus introflexus* ist sehr ausbreitungsstark und bildet vorwiegend in offener, konkurrenzarmer Vegetation auf nährstoffarmen, sauren Böden geschlossene 5-7 cm dicke Moosteppiche aus (Beinker, 1998; Ellenberg & Leuschner, 2010). Die Invasion des Neophyten wird durch Störungen begünstigt, da der Konkurrenzdruck anderer Arten reduziert wird und das ausbreitungsstarke Moos diesen Raum schnell einnehmen kann (Carter, 2014; Gradstein & Sipman, 1978). Auch auf der ostfriesischen Insel Spiekeroog wurde die Ausbreitung von *Campylopus introflexus* vor allem auf Südhängen als Sekundärvegetation in Folge einer Störung durch Hangerosion festgestellt (Isermann 2011). Die ökologischen Ansprüche von *Campylopus introflexus* könnten somit seine signifikant höhere Deckung auf den mikroklimatisch warm-trockeneren und weniger dicht bewachsenen Südhängen erklären und sprechen dafür, dass das Moos von der Mortalität der Ericaceen profitieren kann.

Folgerungen für den Naturschutz

Bedingt durch den Klimawandel werden Dürreereignisse und damit auch die trockenheitsbedingte Mortalität von *E. nigrum* und *C. vulgaris* in Zukunft an Häufigkeit und Intensität zunehmen (IPCC 2022). Bereits in dieser Untersuchung waren in mehreren Flächen über 50 % der Ericaceenanteile abgestorben. Vor allem das für Trockenschäden anfällige *E. nigrum* könnte an seiner durch Norddeutschland verlaufenden südlichen Verbreitungsgrenze stark abnehmen und laut Modellprognosen bei einem Temperaturanstieg von 2,5° C bereits 2050 im Bereich des deutschen Wattenmeers ausgestorben sein (Metzing 2011). Dies würde die Gestalt und Funktionalität der Küstenheiden stark verändern, da *E. nigrum* dort aktuell die dominierende Art ist und u. a. mit der Stabilisierung von Sand eine bedeutende Ökosystemfunktion innehat (Hein et al. 2021). Diese Stabilisierung der Dünen wurde in der Vergangenheit jedoch auch durch beabsichtigte Anpflanzungen und die Ausbreitung invasiver Arten stark erhöht, sodass es vor allem den Pionierarten jüngerer Sukzessionsstadien aktuell eher an ausreichender Dynamik fehlt (Osswald et al. 2019). Die vorgefundene Mortalität der Zwergsträucher hat bisher vermutlich aufgrund der bestehenden Raumeinnahme durch abgestorbene Biomasse keinen positiven Einfluss auf die Weiß- und Graudünenarten. Mit der Zeit könnte sich durch die fortschreitende Degeneration die Verfügbarkeit von Licht und Raum aber erhöhen, sowie durch stärkere Erosion mehr Dynamik entstehen, wodurch sich die Bedingungen für eine Vegetationsverjüngung verbessern würden. Um die tatsächlichen Auswirkungen der Mortalität von *E. nigrum* und *C. vulgaris* auf das Artengefüge zu überprüfen, sollte ein kontinuierliches Monitoring von Flächen mit abgestorbener Biomasse mit besonderem Augenmerk auf invasive Arten durchgeführt werden. Vor allem *Campylopus introflexus* könnte durch die Störung profitieren und die heimischen Weiß- und Graudünenpflanzen durch seine Dominanz noch stärker gefährden (Hasse, 2007). Die Moosteppiche tragen zur Reduktion offener Bodenstellen und einer zunehmenden Dünenstabilisierung bei, was die Habitatheterogenität zuungunsten von Pionierarten senkt (Osswald et al. 2019). Als geeignetes Management zur Reduzierung von *Campylopus introflexus* wird eine Reaktivierung der Dünendynamik mit regelmäßigen Übersandungen empfohlen, da das invasive Moos darauf empfindlich reagiert und sich Pionierpflanzen auf weniger vitalen Moosteppichen als sekundäre Vegetation ansiedeln können (Riksen et al. 2006; Skowronek et al. 2017). Zu dieser Entwicklung könnte die Mortalität von *E. nigrum* und *C. vulgaris* einen Beitrag leisten.

Danksagung

Ich möchte mich bei den beiden Betreuern meiner Abschlussarbeit PD Dr. Andreas Fichtner und Prof. Dr. Werner Härdtle für die große Unterstützung bei der Erstellung dieser Arbeit und die vielen hilfreichen Anregungen bedanken. Bei Rainer Borchering möchte ich mich für den Vorschlag des Themas und die weitere Begleitung des Projekts bedanken. Auch Prof. Dr. Karsten Reise möchte ich für die Bereitstellung von eindrucksvollem Fotomaterial aus den Dürrejahren und den inspirierenden Austausch über Dünen danken.

Quellenverzeichnis

- BATHIANY, S., NEY, P., BELLEFLAMME, A., ZOHBI, J. E., GOERGEN, K., & RECHID, D. (2021). 6.8 Entwicklung von Dürren in Deutschland, Europa und weltweit. In: Lozán J. L., S.-W. Breckle, H. Graßl & D. Kasang (Hrsg.) Warnsignal Klima: Boden & Landnutzung. (S. 310–318). Wissenschaftliche Auswertungen in Kooperation mit GEO. www.warnsignal-klima.de.
- BEINKER, O. (1998). Zur Vegetationskunde der Dünen im Listland der Insel Sylt. Kiel. Notiz. Pflanzenkd. Schleswig-Holstein u. Hamb., 25/26, 128–166.
- BENNIE, J., HUNTLEY, B., WILTSHIRE, A., HILL, M. O., & BAXTER, R. (2008). Slope, aspect and climate: Spatially explicit and implicit models of topographic microclimate in chalk grassland. *Ecological Modelling*, 216(1), 47–59. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2008.04.010>
- CARTER, B. E. (2014). Ecology and Distribution of the Introduced Moss *Campylopus Introflexus* (dicranaceae) in Western North America. *Madroño*, 61(1), 82–86.
- ELLENBERG, H., & LEUSCHNER, C. (2010). Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen (6. Aufl.). Ulmer.
- FAN, B., TAO, W., QIN, G., HOPKINS, I., ZHANG, Y., WANG, Q., LIN, H., & GUO, L. (2020). Soil micro-climate variation in relation to slope aspect, position, and curvature in a forested catchment. *Agricultural and Forest Meteorology*, 290, 107999. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2020.107999>
- GERLACH, A., ALBERS, E. A., & BROEDLIN, W. (1994). Development of the nitrogen cycle in the soils of a coastal dune succession. *Acta Botanica Neerlandica*, 43(2), 189–203. <https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.1994.tb00744.x>
- GEROY, I. J., GRIBB, M. M., MARSHALL, H. P., CHANDLER, D. G., BENNER, S. G., & McNAMARA, J. P. (2011). Aspect influences on soil water retention and storage. *Hydrological Processes*, 25(25), 3836–3842. <https://doi.org/10.1002/hyp.8281>
- GIMINGHAM, C. H. (1988). A reappraisal of cyclical processes in *Calluna* heath. *Vegetatio*, 77, 61–64.



- GRADSTEIN, S. R., & SIPMAN, H. J. M. (1978). Taxonomy and World Distribution of *Campylopus introflexus* and *C. pilifer* (= *C. polytrichoides*): A New Synthesis. *The Bryologist*, 81(1), 114. <https://doi.org/10.2307/3242275>
- GRIME, J. P. (2006). *Plant Strategies, Vegetation Processes, and Ecosystem Properties*. John Wiley & Sons.
- GRUNEWALD, R., & SCHUBERT, H. (2007). The definition of a new plant diversity index "H dune" for assessing human damage on coastal dunes—Derived from the Shannon index of entropy H. *Ecological Indicators*, 7(1), 1–21. <https://doi.org/10.1016/j.ecoind.2005.09.003>
- HÄRDTL, W., ASSMANN, T., VAN DIGGELEN, R., & VON OHEIMB, G. (2009). Renaturierung und Management von Heiden. In S. Zerbe & G. Wiegand (Hrsg.), *Renaturierung von Ökosystemen in Mitteleuropa* (S. 317–347). Spektrum Akademischer Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-8274-2161-6_12
- HASSE, T. (2007). *Campylopus introflexus* invasion in a dune grassland: Succession, disturbance and relevance of existing plant invader concepts. *Herzogia*, 20, 305–315.
- HEIN, N., MERKELBACH, J., ZECH, K., & WEIJERS, S. (2021). Drought sensitivity of *Empetrum nigrum* shrub growth at the species' southern lowland distribution range margin. *Plant Ecology*, 222(3), 305–321. <https://doi.org/10.1007/s11258-020-01107-z>
- ISERMANN, M. (2011). Patterns in Species Diversity during Succession of Coastal Dunes. *Journal of Coastal Research*, 27(4), 661–671. <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-09-00040.1>
- IPCC (2022). *Climate Change and Land: IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems* (1. Aufl.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157988>
- KOCH, L. (2018, August 4). Trockenheit macht Dünenheide zu schaffen. Sylt NaturReporter. <https://www.natuerlich-sylt.com/trockenheit-macht-duenenheide-zu-schaffen/>
- LI, L., ZHANG, Y.-J., NOVAK, A., YANG, Y., & WANG, J. (2021). Role of Biochar in Improving Sandy Soil Water Retention and Resilience to Drought. *Water*, 13(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/w13040407>
- MARX, A. (2023). Dürren 1952–2023 (jährlich)—Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung UFZ. <https://www.ufz.de/index.php?de=47252>
- METZING, D. (2011). Global warming changes the terrestrial flora of the Wadden Sea. *Wadden Sea Ecosystem*, 26, 211–215.
- MÜHL, M. (1993). Zur Synsystematik der Krähenbeerheiden auf den Ostfriesischen Inseln. *Drosera*, 93(1/2), 11–32.
- OSSWALD, F., DOLCH, T., & REISE, K. (2019). Remobilizing stabilized island dunes for keeping up with sea level rise? *Journal of Coastal Conservation*, 23(3), 675–687. <https://doi.org/10.1007/s11852-019-00697-9>
- PEYRAT, J., & FICHTNER, A. (2011). Plant species diversity in dry coastal dunes of the southern Baltic coast. *Community Ecology*, 12(2), 220–226. <https://doi.org/10.1556/ComEc.12.2011.2.10>
- RESSEL, R. I. (2024). Untersuchungen zur Vegetation und Mortalität von *E. nigrum* (L.) und *C. vulgaris* (L.) Hull in Küstenheiden auf Sylt [Unveröffentlichte Bachelorarbeit]. Leuphana Universität Lüneburg.
- RIKSEN, M., KETNER-OOSTRA, R., VAN TURNHOUT, C., NIJSSEN, M., GOOSENS, D., JUNGERIUS, P. D., & SPAAN, W. (2006). Will We Lose the Last Active Inland Drift Sands of Western Europe? The Origin and Development of the Inland Drift-sand Ecotype in the Netherlands. *Landscape Ecology*, 21(3), 431–447. <https://doi.org/10.1007/s10980-005-2895-6>
- SALA, O. E., STUART CHAPIN, F., III, ARMESTO, J. J., BERLOW, E., BLOOMFIELD, J., DIRZO, R., HUBER-SANWALD, E., HUENNEKE, L. F., JACKSON, R. B., KINZIG, A., LEEMANS, R., LODGE, D. M., MOONEY, H. A., OESTERHELD, M., POFF, N. L., SYKES, M. T., WALKER, B. H., WALKER, M., & WALL, D. H. (2000). Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100. *Science*, 287(5459), 1770–1774. <https://doi.org/10.1126/science.287.5459.1770>
- SCELLENBERG, J. (2022). Vitality of heather (*Calluna vulgaris*) along gradients of climate, structure and diversity in dry lowland heathland habitats of Northern Germany [Doctor rerum naturalium, Georg-August-University Göttingen]. <https://doi.org/10.53846/goediss-9285>
- SINGH, S. (2018). Understanding the role of slope aspect in shaping the vegetation attributes and soil properties in Montane ecosystems. *Tropical Ecology*, 59(3), 417–430.
- SKOWRONEK, S., EWALD, M., ISERMANN, M., VAN DE KERCHOVE, R., LENOIR, J., AERTS, R., WARRIE, J., HATTAB, T., HONNAY, O., SCHMIDTLEIN, S., ROCCHINI, D., SOMERS, B., & FEILHAUER, H. (2017). Mapping an invasive bryophyte species using hyperspectral remote sensing data. *Biological Invasions*, 19(1), 239–254. <https://doi.org/10.1007/s10530-016-1276-1>
- STOUTJESDIJK, P., & BARKMAN, J. J. (2014). *Microclimate, Vegetation and Fauna*. KNNV Publishing.
- UBA. (2006). Anpassung an Klimaänderungen in Deutschland Regionale Szenarien und nationale Aufgaben. Hintergrundpapier „Anpassung an Klimaänderungen in Deutschland“. Umweltbundesamt (Hrsg.).
- WILMANN, O. (1993). Ericaceen-Zwergsträucher als Schlüsselarten. *Ber. d. Reinh.-Tüxen-Ges.*, 5, 91–112.

Kontakt

Ramona Isabel Ressel, B.Sc.
Leuphana Universität Lüneburg
ressel.ramona@web.de





Sarah Höbel

Artenhilfsmaßnahmen für gefährdete Pflanzenarten des extensiven Grünlandes in der Stadt Oldenburg



Foto: S. Höbel

In einfachen Worten:

Womit beschäftigst du dich in deiner Arbeit?

In meiner Masterarbeit bewerte ich den Erfolg von Maßnahmen zur Wiederansiedlung von vier gefährdeten Pflanzenarten auf extensiv genutzten Grünlandflächen in der Stadt Oldenburg. Dabei vergleiche ich Spender- und Empfängerflächen hinsichtlich ihrer Artenzusammensetzung und ihren Bodeneigenschaften. Die Ergebnisse des langjährigen Monitorings der Populationen fließen ebenfalls in die Auswertung mit ein.

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

An der wissenschaftlichen Forschung insbesondere im Zuge meiner Masterarbeit fasziniert mich die Möglichkeit, wissenschaftliche Erkenntnisse direkt in praktischen Natur- und Artenschutz umsetzen zu können. So konnte ich anhand meiner Ergebnisse konkrete und flächenbezogene Schutz- und Pflegemaßnahmen entwickeln, die sich nachhaltig auf den Erhalt der untersuchten Arten auswirken.

Was hat dich in deiner Arbeit am meisten überrascht?

Überrascht hat mich, wie sehr wir unsere Landschaft und ihre Lebensräume heutzutage zerschnitten haben und wie stark selbst kleine Ausbreitungsbarrieren wirken, sodass insbesondere konkurrenzschwächere Arten in ihrer eigenständigen Ausbreitung eingeschränkt werden. Neben der Frage nach der Verfügbarkeit von

geeigneten Spenderpopulationen und Empfängerflächen spielt zudem eine Vielzahl von Faktoren eine wesentliche Rolle, wenn es um den langfristigen Etablierungserfolg geht. Dabei müssen verschiedene Herausforderungen wie die Anpassung des Blüte- und Reifezeitraums an klimatische Veränderungen mitgedacht werden. Zusätzlich spielen Intensität und Zeitraum der landwirtschaftlichen Nutzung, aber auch die Einstellung der Bewirtschaftung eine wesentliche Rolle.

Welche Denkanstöße und Empfehlungen möchtest du Praktikerinnen und Praktikern oder Politikerinnen und Politikern mit auf dem Weg geben?

Ein wesentlicher Aspekt des Naturschutzes ist neben der Wiederherstellung und Verbesserung von Lebensräumen auch die ökologische Vernetzung. Die Zerschneidung von Lebensräumen ist ein nicht zu unterschätzender Faktor bei der Betrachtung von Klima- und Biodiversitätskrise. Um die eigenständige Ausbreitung und Migration von Arten zu fördern, sollte sich verstärkt auf die Schaffung von grünen Verbindungskorridoren und wertvollen Trittsteinen im Sinne der Biotopvernetzung konzentrieren werden. Veränderungen von Klima und Nutzung können unerwartet negative Auswirkungen auf Populationsdynamiken haben. Es ist wichtig, flexibel zu bleiben sowie Schutz- und Pflegemaßnahmen regelmäßig zu überprüfen und an die gegebenen Verhältnisse anzupassen.

Artenhilfsmaßnahmen für gefährdete Pflanzenarten des extensiven Grünlandes in der Stadt Oldenburg

Reintroduction measures for endangered plant species of extensive grasslands in the city of Oldenburg

Sarah Höbel

Zusammenfassung

Durch Nutzungsänderungen, Intensivierung und Fragmentierung sind artenreiche Grünlandlebensräume stark zurückgegangen. Seit 2015 werden in der Stadt Oldenburg (in zeitlicher Reihenfolge) vier Artenhilfsprojekte für die regional gefährdeten Pflanzenarten *Succisa pratensis*, *Rhinanthus angustifolius*, *Bromus racemosus* und *Bistorta officinalis* durchgeführt. Ziel ist es, bestehende Vorkommen zu sichern und neue Populationen durch Ansaat mit Samen von autochthonen Populationen (Spenderflächen) an weiteren Standorten (Empfängerflächen) anzusiedeln. Die Analyse von Daten zu Vegetation, Bodenchemie und den langjährigen Populationsentwicklungen zeigt, dass viele der ausgewählten Empfängerflächen geeignet sind. Ein anpassungsfähiges Management und ein regelmäßiges Monitoring sind für die langfristige Stabilität der Populationen von hoher Bedeutung.

Artenhilfsmaßnahmen, Wiederansiedlung, Artenschutz, Monitoring, Grünland, Spenderflächen, Empfängerflächen

Abstract

Due to land use changes, intensification of agricultural use, and habitat fragmentation, species-rich grasslands have declined within the last decades. Since 2015, four reintroduction projects for the regionally endangered plant species *Succisa pratensis*, *Rhinanthus angustifolius*, *Bromus racemosus* and *Bistorta officinalis* have been conducted in the city of Oldenburg, Germany, using seeds from autochthonous populations to establish new ones. Monitoring of vegetation, soil, and long-year development data shows that most selected recipient sites are suitable. Adaptive management and regular monitoring are crucial for long-term population stability.

reintroduction, conservation of species, monitoring, grassland, population development, fragmentation of habitats

doi: 10.23766/NiPF.202501.04

Einleitung

Die Wiederherstellung artenreicher Grünlandbiotope durch die direkte Übertragung von einzelnen Pflanzenarten gewinnt im Naturschutz an Bedeutung, um anthropogen geschaffene Ausbreitungsbarrieren zu überwinden (Diekmann et al., 2015; Godefroid et al., 2011; Koch & Kollmann, 2012). Im Jahr 2014 entwickelte der Arbeitskreis „Artenvielfalt und Biotopschutz“ in Zusammenarbeit mit der Stadt Oldenburg und der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg ein Konzept zur Erhöhung der Artenvielfalt (Stadt Oldenburg, 2015). Ziel dabei ist es, die vier regional gefährdeten Pflanzenarten *Succisa pratensis* (Gewöhnlicher Teufelsabbiss), *Rhinanthus angustifolius* (Großer Klappertopf), *Bromus racemosus* (Trauben-Trespe) und *Bistorta officinalis* (Schlangen-Wiesenknöterich) im extensiv genutzten Grünland des Oldenburger Stadtgebiets zu fördern. Dafür wurden Standortparameter und Artengemeinschaften der Wuchsorte sowie Populationsentwicklungen der vier Zielarten untersucht. Die Arbeit geht auf Unterschiede zwischen Spender- und Empfängerflächen ein und bewertet den Erfolg der Wiederansiedlung unter Berücksichtigung der langjährigen Monitoring-Ergebnisse.

Methodik

In der Vegetationsperiode des Jahres 2023 wurden insgesamt 103 Vegetationsaufnahmen durchgeführt. Die Datenerhebung erfolgte mithilfe der Abundanz-Dominanz-Skala nach Braun-Blanquet (1964) mit Erweiterung nach Reichelt & Willmanns (1973). Für die vier Zielarten wurden spezielle Flächengrößen und zusätzliche Dauerbeobachtungsflächen genutzt, die sich an vorangegangenen Bachelorarbeiten orientierten. Die Auswertung erfolgte anhand der Biotoptypen nach von Drachenfels (2021), der Begleitarten und Stetigkeit sowie der Zeigerwerte nach Ellenberg & Leuschner (2010). Zusätzlich wurden Bodenproben von 70 Probeflächen entnommen und hinsichtlich der Parameter pH-Wert, Phosphor-, Kalium-, Magnesiumgehalt sowie Kohlenstoff-Stickstoffverhältnis untersucht. Die statistische Analyse beinhaltete Methoden wie den Jaccard-Index (Jaccard, 1912) und eine Varianzanalyse, um Unterschiede zwischen Spender- und Empfängerflächen zu prüfen. Des Weiteren wurden die Daten des langjährigen Monitorings der Zielarten berücksichtigt. Sie umfassen Zählungen der fertilen und sterilen Individuen und qualitative Beobachtungen wie Vitalitätszustand, Blüteperiode und den Zeitpunkt der Samenreife.





Abbildung 1: *Succisa pratensis* – Empfängerfläche auf dem Fliegerhorst-Gelände (links). Foto: S. Höbel



Abbildung 2: *Rhinanthus angustifolius* – Empfängerfläche am Mittelkamp (rechts). Foto: S. Höbel



Abbildung 3: *Bromus racemosus* – Empfängerfläche am Hohen Weg (links). Foto: S. Höbel



Abbildung 4: *Bistorta officinalis* – Bestand am Hunteich (rechts). Foto: S. Höbel

Erfahrungen aus den Artenhilfsprojekten

Da die Ergebnisse der Masterarbeit im Laufe des Jahres 2025 im Detail veröffentlicht werden sollen, gibt dieser Tagungsbeitrag einen Überblick über die Erfahrungen aus den Artenhilfsprojekten in Oldenburg mit ergänzenden Angaben aus der Literatur. Des Weiteren werden die Ergebnisse des langjährigen Monitorings kurz zusammengefasst.

Bei der Planung und Durchführung von Wiederansiedlungsmaßnahmen für gefährdete Gefäßpflanzen im Grünland müssen mehrere Aspekte Berücksichtigung finden, insbesondere um den Erfolg des Projektes zu gewährleisten. Voraussetzung für die Wiederansiedlung einer heimischen Pflanzenart ist die Verfügbarkeit geeigneter Spenderpopulationen und Empfängerflächen. Zum einen sollte, um einer Florenverfälschung entgegenzuwirken, nur autochthones Samenmaterial aus dem gleichen regionalen Naturraum verwendet werden (Diekmann et al., 2016). Zudem muss der

Bestand der Spenderpopulation trotz der Entnahme von Samenmaterial langfristig stabil bleiben. Zum anderen ist es vorteilhaft, wenn die Empfängerflächen in öffentlicher Hand liegen, um eine langfristige Kontrolle und eine angepasste Bewirtschaftung sicher zu stellen.

Zu Beginn eines Projekts sollte die Vegetation der Spender- und potenziellen Empfängerflächen verglichen werden. Dies basiert auf der Annahme, dass der Erfolg einer Ansiedlung umso wahrscheinlicher ist, je ähnlicher sich Spender- und Empfängerflächen hinsichtlich ihrer Standorteigenschaften und Artenzusammensetzungen sind. Grund dafür ist die genetische Anpassung an denselben oder einen zumindest ähnlichen Lebensraum. Das langjährige Bestehen vitaler Populationen deutet ebenfalls darauf hin, dass die vorgefundenen Standortbedingungen zu den ökologischen Ansprüchen der Zielarten im betrachteten Naturraum passen (Breit et al., 2023; Montalvo & Ellstrand, 2000; Noël et al., 2011; Richter & Grätz, 2018). Weitere Faktoren wie Veränderungen der Pflege und

Nutzung des Grünlands können einen wesentlichen Einfluss auf die (zukünftige) Populationsentwicklung haben. In dieser Arbeit wird die Ansiedlung als erfolgreich gewertet, wenn trotz Einschränkung der genetischen Variation durch die Übertragung der Samen von einem Teil der Spenderpopulation eine Adaptation am neuen Standort erfolgt. Sie kennzeichnet sich durch eine ausreichend hohe Vitalität und Fitness der Individuen der Zielart und der eigenständigen Ausbreitung und Vergrößerung der Population (Abeli et al., 2016; Breit et al., 2023; Menges, 2008).

Vor der Anlage der Empfängerflächen sollte eine gründliche Recherche zur Zielart erfolgen, einschließlich ihrer ökologischen Ansprüche, ihrer Fortpflanzungs- und Keimungsbedingungen sowie ihrer Ausbreitungsbiologie. Eine standardisierte Methode zur Bestimmung der Populationsgröße ist wichtig. Es empfiehlt sich, einheitliche Flächengrößen bei der Ansaat zu wählen und die Lage der Empfängerflächen mit Hilfe von GPS-Koordinaten und Magneten sicher zu bestimmen. Während des Monitorings sollten Parameter wie Mahdzeitpunkt, Nutzungsregime, Störungen und das Datum der Sammlung und Ausbringung der Samen dokumentiert werden (Dullau et al., 2019).

Zusammenfassung der Monitoring-Ergebnisse

Das älteste der vier Artenhilfsprojekte startete im Jahr 2015 für *S. pratensis*. In einem Zeitraum von neun Jahren wurden an neun Standorten im Raum Oldenburg 32 Empfängerflächen neu angelegt, von denen noch 17 Flächen an fünf Standorten intakt sind (Stand Dezember 2023). Die Daten der Populationsentwicklungen zeigen für alle Standorte im Verlauf der Jahre deutlich schwankende Individuenzahlen. Neben unterschiedlichen Hochrechnungsmethoden zur Bestimmung der Individuenzahlen sind dafür vor allem eine unregelmäßige Pflege und ungeeignete Mahdzeitpunkte verantwortlich. An drei Standorten wachsen jedoch mit jeweils über 1.000 Individuen stabile, vitale Populationen, die zum Teil sogar eigenständige Ausbreitungstendenzen aufweisen. Die Empfängerflächen zeichnen sich überwiegend als nährstoffarm, frisch bis feucht und mäßig bis sehr stark sauer aus und stimmen daher mit den Ansprüchen der Zielart überein. Da *S. pratensis* im Untersuchungsraum zwischen Ende Juni und Anfang Oktober blüht, wird eine frühe Mahd in der ersten Junihälfte und eine zweite Mahd Ende Oktober empfohlen. Ebenso führt die Nutzungsaufgabe bei der konkurrenzschwachen Art zu einem erhöhten Risiko des Aussterbens.

Das zweite Artenhilfsprojekt wurde 2017 für *R. angustifolius* initiiert. Innerhalb von sieben Jahren wurden 32 Empfängerflächen an acht Standorten angelegt. Die Zielart war 2023 noch auf 23 Flächen an allen Standorten zu finden. Auch hier unterlagen die Individuenzahlen der Populationen größeren Schwankungen, konnten sich aber seit 2022 zum Teil exponentiell erhöhen. Die Wuchsstandorte kennzeichnen sich als wechselfrisch bis wechselfeucht, mäßig bis stark sauer und überwiegend nährstoffarm. Im Raum Oldenburg blüht *R. angustifolius* von Ende Mai bis Anfang Juli. Niederschlagsreiche Frühsommer verschieben den Samenrei-

fezeitpunkt um bis zu zwei Wochen nach hinten. Da es sich bei *R. angustifolius* um einen fakultativen Hemiparasiten mit annuellem Lebenszyklus handelt, wirken sich Einflussfaktoren wie eine verfrühte Mahd oder eine fehlende Pflege negativ auf die Bestandsentwicklung aus.

Im Jahr 2020 startete das dritte Artenhilfsprojekt für *B. racemosus*. Zu Beginn kam die Zielart nur noch auf einer Grünlandfläche in Oldenburg vor. Mit der Anlage von 21 Empfängerflächen konnte innerhalb von vier Projektjahren zunächst ein erster Erfolg für die Wiederansiedlung von *B. racemosus* erzielt werden. Nach anfänglichen vielversprechenden Keimungserfolgen zeigten sich jedoch teilweise deutliche Abnahmen von Individuendichte und Vitalität im zweiten und dritten Jahr nach Ansaat (Meißner & Post, 2023). Die Empfängerflächen lassen sich überwiegend als feucht bis nass, mäßig bis stark sauer, phosphor- und kaliumarm charakterisieren. Da eine erfolgreiche Etablierung der Empfängerpopulationen bisher ungewiss ist, findet das Monitoring weiterhin statt. Das jüngste der vier Artenhilfsprojekte wurde 2022 für *B. officinalis* initiiert. Die Zielart wächst im Raum Oldenburg vorwiegend an Graben- und Wegrändern angrenzend an zum Teil intensiv landwirtschaftlich genutzte Flächen. Für die Empfängerflächen wurde frisches bis feuchtes Extensivgrünland gewählt, welches eher den in der Literatur bekannten Wuchsorten ähnelt. Im ersten Jahr nach Ansiedlungsversuch konnte kein Keimungserfolg nachgewiesen werden. Daraufhin wurden einige adulte Individuen umgepflanzt, die im Folgejahr vereinzelt blühten. Da die Ursachen für das Ausbleiben der Keimung bisher nicht geklärt werden konnten, ist derzeit unklar, ob und ggf. in welcher Form das Projekt weitergeführt werden soll.

Fazit

Die beiden älteren Projekte für *S. pratensis* und *R. angustifolius* können in der Gesamtbetrachtung der Masterarbeit als überwiegend erfolgreich angesehen werden, erfordern jedoch weiterhin eine angepasste Pflege/Bewirtschaftung und regelmäßige Kontrolle. Für *B. racemosus* und *B. officinalis* sind weitere Untersuchungen zu den Ansiedlungsmethoden erforderlich, um den Ansiedlungserfolg ggf. zu steigern.

Quellenverzeichnis

- ABELI, T., CAUZZI, P., ROSSI, G., ADORNI, M., VAGGE, I., PAROLO, G., & ORSENIGO, S. (2016). Restoring population structure and dynamics in translocated species: learning from wild populations. *Plant Ecol* 217, 183-192. <https://doi.org/10.1007/s11258-015-0529-x>
- BRAUN-BLANQUET, J. (1964). Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. (3. neu bearb. Aufl), Springer, 865S.
- BREIT, F., ALBRECHT, H., & SCHNEIDER, S. (2023). Wiederansiedlung gefährdeter Arten der Pfeifengraswiesen in Luxemburg. *Tuexenia* 43, 229-258. <https://doi.org/10.14471/2023.43.005>
- DIEKMANN, M., DUPRÉ, C., MÜLLER, J., & WITTIG, B. (2016). Handlungsleitfaden zur Wiedereinbürgerung von Pflanzenarten als Naturschutzmaßnahme. Die Wiedereinbürgerung von Pflanzenarten in naturnahen Lebensgemeinschaften - Entwicklung eines Handlungsleitfadens, Deutsche Bundesstiftung Umwelt.
- DIEKMANN, M., MÜLLER, J., HEINKEN, T., & DUPRÉ, C. (2015). Wiederansiedlung von Gefäßpflanzen in Deutschland - eine Übersicht und statistische Auswertung. *Tuexenia* 35, 249-265. <https://doi.org/10.14471/2015.35.004>
- DULLAU, S., RICHTER, F., ADERT, N., MEYER, M. H., HENSEN, H., & TISCHEW, S. (2019). Handlungsempfehlung zur Populationsstärkung und Wiederansiedlung von *Dactylorhiza majalis* am Beispiel des Biosphärenreservat Karstlandschaft Südharz. Hochschule Anhalt, Bernburg.
- ELLENBERG, H., & LEUSCHNER, C. (2010). Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. (6. Aufl.), Verlag Eugen Ulmer, 1334S.
- GODEFROID, S., PIAZZA, C., ROSSI, G., BUORD, S., STEVENS, A.-D., AGUIRAIUA, R., COWELL, C., VOGG, C. W. W. G., IRIANDO, J. M., JOHNSON, I., DIXON, B., GORDON, D., MAGNANON, S., VALENTIN, B., BJUREKE, K., KOOPMAN, R., VICENS, M., VIREVAIRE, M., & VANDERBORGH, T. (2011). How successful are plant species reintroductions? *Biological Conservation* 144, 672-682. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.10.003>
- JACCARD, P. (1912). The Distribution of the Flora in the Alpine Zone. *The New Phytologist* 11 (2), 37-50. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1912.tb05611.x>
- KOCH, C., & KOLLMANN, J. (2012). Wiederansiedlung und Translokation regional ausgestorbener Pflanzenarten. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 44(3), 77-82.
- MEISSNER, S., & POST, H. (2023). Neuansiedlung der Trauben-Trepspe (*Bromus racemosus*) auf ausgewählten Flächen in der Stadt Oldenburg: Tätigkeitsbericht 2023. Stadt Oldenburg Fachdienst Naturschutz und technischer Umweltschutz Oldenburg
- MENGES, E. S. (2008). Restoration demography and genetics of plants: when is a translocation successful? *Australian Journal of Botany* 56(16), 187-196. <https://doi.org/10.1071/BT07173>
- MONTALVO, A. M., & ELLSTRAND, N. C. (2000). Transplantation of the subshrub *Lotus scoparius*: testing the home-site advantage hypothesis. *Conservation Biology* 14, 1034-1045. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2000.99250.x>
- NOËL, F., PRATI, D., VAN KLEUNEN, M., GYGAX, A., MOSER, D., & FISCHER, M. (2011). Establishment success of 25 rare wetland species introduced into restored habitats is best predicted by ecological distance to source habitats. *Biological Conservation* 144(1), 602-609. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.11.001>
- REICHEL, G., & WILMANN, O. (1973). Vegetationsgeographie. Westermann, 210S.
- RICHTER, F., & GRÄTZ, C. (2018). Leitfaden für Wiederansiedlung und Populationsstützung von Pflanzen in Sachsen. L. U. G. S. LANDESAMT FÜR UMWELT, Schriftenreihe1/2018, 62S.
- STADT OLDENBURG (2015). Artenvielfalt und Biotopschutz in Oldenburg. 2. Heft der Schriftenreihe „Natur und Landschaft in der Stadt Oldenburg“. Fachdienst Naturschutz und technischer Umweltschutz.
- VON DRACHENFELS, O. v. (2021). Kartierschlüssel für Biotoptypen in Niedersachsen: unter besonderer Berücksichtigung der gesetzlich geschützten Biotope sowie der Lebensraumtypen von Anhang I der FFH-Richtlinie. Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, 336S.

Kontakt

Sarah Höbel, M.Sc.
Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
Institut für Biologie und Umweltwissenschaften
Ammerländer Heerstraße 114-118
26129 Oldenburg
sarah.hoebel@t-online.de





Jannis Ernst

Besiedlungsdynamik von Fischen in Kleingewässern des Naturschutzgebietes Meerbruchswiesen (NSG HA 190) am Steinhuder Meer nach dem Winterhochwasser 2023/2024



Fotos: J. Ernst

In einfachen Worten:

Womit beschäftigst du dich in deiner Arbeit?

In der Arbeit geht es darum, ob und wie Fische Hochwassersituationen zur Ausbreitung in Kleingewässer nutzen. Während Überschwemmungssituationen können mehrere Gewässer miteinander verbunden werden. Werden dabei von Fischen besiedelte Gewässer mit fischfreien Gewässern verbunden, kann es potenziell zur Ausbreitung der Fische in bislang fischfreie Kleingewässer kommen. Des Weiteren werden mögliche Auswirkungen von Fischpopulationen auf die Amphibienreproduktion in Kleingewässern untersucht.

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

Mich interessiert die enge Verknüpfung und die Wechselwirkungen zwischen Artenvielfalt, natürlichen Landschaftsdynamiken, Landschaftsplanung und praktischem Naturschutz. Am Beispiel der vorgestellten Untersuchung wird deutlich, wie Landschaftsdynamiken, Hochwassersituationen oder das sommerliche Austrocknen von Kleingewässern die Gesamtartenvielfalt sowie die Populationen einzelner Arten beeinflussen können. Daraus lassen sich wichtige Erkenntnisse für die Landschaftsplanung und den praktischen Naturschutz ableiten.

Was hat dich in deiner Arbeit am meisten überrascht?

Bei der Literaturrecherche wurde deutlich, dass es nur wenige Informationen zur Verbreitung und den Ausbreitungswegen von Fischen gibt. In vielen Gebieten fehlt es an umfangreichen Informationen zur Fischfauna, insbesondere von fischereilich irrelevanten Fischarten.

Welche Denkanstöße und Empfehlungen möchtest du Praktikerinnen und Praktikern oder Politikerinnen und Politikern mit auf dem Weg geben?

Besonders im Kontext des weltweiten Artenrückganges müssen weiterhin Informationslücken geschlossen und Schutzbemühungen getroffen werden, bevor Arten still und heimlich aus Lebensräumen verschwinden.

Ich wünsche mir daher, dass auch Arten, mit denen man zunächst weniger Berührungspunkte hat, stärker in den Fokus des Naturschutzes rücken.

Besiedlungsdynamik von Fischen in Kleingewässern des Naturschutzgebietes Meerbruchswiesen (NSG HA 190) am Steinhuder Meer nach dem Winterhochwasser 2023/2024

Colonisation of fish in small water bodies of the nature reserve Meerbruchswiesen at lake Steinhuder Meer, Lower Saxony, after the winter floods of 2023/2024

Jannis Ernst, Thomas Brandt & Torsten Richter

Hinweis

Die Arbeit ist zur Veröffentlichung eingereicht. An dieser Stelle wird daher nur eine deutschsprachige Zusammenfassung der Arbeit veröffentlicht. Die vollständige Arbeit und die englische Zusammenfassung finden sich in: Zeitschrift für Feldherpetologie 32: 18–38

doi: 10.23766/NiPF.202501.05

Zusammenfassung

Kleingewässer sind aufgrund ihrer geringen Größe besonders anfällig für die Lebensraumzerstörung und die Auswirkungen des Klimawandels. Häufig spielen diese Gewässer eine wichtige Rolle für die heimische Biodiversität. Nahezu alle in Deutschland heimischen Amphibienarten sind auf Kleingewässer zur Fortpflanzung angewiesen. Dabei steht ein Fischvorkommen in den Kleingewässern häufig im Konflikt mit der Amphibienreproduktion. Im Naturschutzgebiet Meerbruchswiesen, westlich des Steinhuder Meeres in Niedersachsen, wurden seit 1990 zahlreiche Kleingewässer künstlich angelegt. Im Winter 2023/24 wurden durch ein ungewöhnliches Hochwasserereignis große Flächen der Meerbruchswiesen und damit auch zahlreiche Kleingewässer überschwemmt. Folglich war anzunehmen, dass ein Teil der Amphibienschutzgewässer von Fischen besiedelt wurde, mit entsprechenden Folgen für die Amphibienfauna. Im Sommer 2024 wurden 100 ausgewählte Kleingewässer auf hochwasserbedingte Fischvorkommen und deren Einfluss auf die Amphibienreproduktion untersucht. Dabei wurden Kescher, ein Senknetz, Kleinfischreusen und Eimerreusenfallen zur Befischung der Gewässer eingesetzt. 71 Kleingewässer wurden vom Hochwasser überschwemmt. In 65 Gewässern konnten Fische nachgewiesen werden. Besonders häufig wurde eine Besiedlung der Kleingewässer durch Neunstachlige Stichlinge (*Pungitius pungitius*) festgestellt. Der Dreistachlige Stichling (*Gasterosteus aculeatus*) wurde weniger häufig erfasst. In weniger als zehn Gewässern kamen Moderlieschen (*Leucaspius delineatus*), Blaubandbärblinge (*Pseudorasbora parva*), Schleien (*Tinca tinca*), Karauschen (*Carassius carassius*) sowie Hybriden aus Karauschen und Giebeln (*Carassius gibelio*) vor. 61 der Gewässer wurden im Zuge des Hochwasserereignisses wahrscheinlich neu von Fischen besiedelt, wobei die Besiedlungswege nachträglich nicht genau rekonstruiert werden konnten. Es ist anzunehmen, dass sich Fische während der Überschwemmung aus den fischreichen Gräben und Bächen im Naturschutzgebiet verbreitet haben. In 77 der 100 untersuchten Gewässer konnten Larven von fünf Amphibienarten festgestellt werden: Nördlicher Kammolch (*Triturus cristatus*), Teichmolch (*Lissotriton vulgaris*), Laubfrosch

(*Hyla arborea*), Knoblauchkröte (*Pelobates fuscus*) und Teichfrosch (*Pelophylax esculentus*). In 53 Gewässern mit Fischvorkommen wurden ebenfalls Amphibienlarven nachgewiesen. Der Anteil der Gewässer, die von den Amphibienarten zur Reproduktion genutzt wurden, war nicht signifikant niedriger als der in den fischfreien Gewässern. Beim Teichfrosch war der Anteil sogar höher. Die Zahl der Kammolch- und Laubfroschlarven war in den von Fischen besiedelten Gewässern signifikant niedriger. Dahingegen war die Zahl der gefangenen Larven bei Teichmolch, Knoblauchkröte und Teichfrosch in Gewässern mit Fischvorkommen nicht signifikant niedriger. Die Ergebnisse zeigen, dass ein Fischvorkommen bereits im ersten Jahr nach der Fischeinwanderung einen Einfluss auf die Amphibienfauna hat. Mit steigender Fischdichte wird der Prädationsdruck auf Amphibienlarven voraussichtlich weiter zunehmen. Die Ergebnisse unterstreichen die Notwendigkeit, fischfreie Kleingewässer, insbesondere für Amphibien wie den Kammolch und den Laubfrosch, zu erhalten und Maßnahmen zu ergreifen, um eine Fischbesiedlung zu verhindern. Gleichzeitig sollte der Schutz gefährdeter Fischarten durch geeignete Maßnahmen sichergestellt werden, da etwa die Hybridisierung von Giebeln mit der vom Aussterben bedrohten Karausche eine Bedrohung für letztere darstellt.

Kontakt

Jannis Ernst (korrespondierender Autor)
Sedanstraße 41, D-31134 Hildesheim,
jannis.ernst2000@gmail.com

Thomas Brandt
Ökologische Schutzstation Steinhuder Meer (ÖSSM),
Hagenburger Str. 16, D-31547 Rehburg-Loccum,
brandt@oessm.org

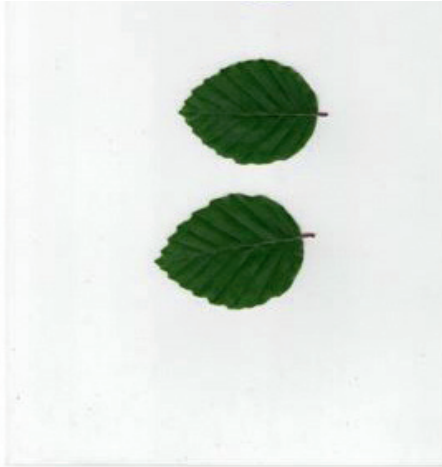
Torsten Richter
Universität Hildesheim, Institut für Biologie & Chemie,
Universitätsplatz 1, D-31141 Hildesheim,
richtert@uni-hildesheim.de





Luzie Glock

Auswirkungen der Erhöhung der Strukturvielfalt auf die funktionelle Zusammensetzung und Vielfalt der Krautschichtgemeinschaften in norddeutschen Buchenwäldern (*Fagus sylvatica* L.)



Zusammenstellung der Bilder von gescannten Blättern einiger beprobter Individuen (*Equisetum sylvaticum*, *Fagus sylvatica*, *Acer pseudoplatanus*). Fotos: L. Glock

In einfachen Worten:

Womit beschäftigst du dich in deiner Arbeit?

Ich beschäftige mich mit dem Einfluss von waldbaulichen Eingriffen auf die Pflanzen der Krautschicht. Funktionelle Diversität ist dabei nicht nur für andere trophische Ebenen wichtig, sondern dient auch als „Versicherungseffekt“ gegenüber äußeren Einflüssen, wie dem Klimawandel.

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

An Fragestellungen zu arbeiten, die dazu beitragen, Waldbau besser an den Klimawandel anpassen zu können, motiviert mich sehr. So kann gemeinsam daran gearbeitet werden, dass Wälder resilienter werden und ihre Biodiversität erhalten wird.

Was hat dich in deiner Arbeit am meisten überrascht?

Die Vielgestaltigkeit der Feinwurzeln. Ich fand es faszinierend zu sehen, wie sich nach ein bisschen Übung die Wurzelbilder den Blättern zuordnen lassen.

Welche Denkanstöße und Empfehlungen möchtest du Praktikerinnen und Praktikern oder Politikerinnen und Politikern mit auf dem Weg geben?

Auch wenn es mühsam und im Alltag kaum möglich ist, lohnt sich ein Blick ins Wurzelreich. Auch wenn wir bisher nur wenig verstehen und noch am Anfang vieler weiterer Jahre Forschung stehen, können wir davon ausgehen, dass gerade im Klimawandel den Wurzeln eine immer wichtigere Bedeutung zukommen wird. Praxis in der Wissenschaft und Wissenschaft in der Praxis brauchen sich, insbesondere angesichts der zunehmenden Herausforderungen im Waldbau.

Auswirkungen der Erhöhung der Strukturvielfalt auf die funktionelle Zusammensetzung und Vielfalt der Krautschichtgemeinschaften in norddeutschen Buchenwäldern (*Fagus sylvatica* L.)

Effect of enhancing the structural beta-complexity in European beech forests (*Fagus sylvatica* L.) on the functional composition and diversity of understorey plant communities – a whole plant perspective

Luzie Glock

Zusammenfassung

Die Krautschicht von Buchenwäldern ist von großer Bedeutung für die Pflanzendiversität und erfüllt zahlreiche Ökosystemfunktionen. Um die Auswirkungen erhöhter struktureller Beta-Komplexität (Enhanced Structural Beta Complexity, ESBC) zu messen, wurde ein Feldexperiment in Buchenwaldbeständen in Norddeutschland durchgeführt. Verglichen wurden die Effekte von Einzel- und Gruppenbaumentnahmen auf die ober- und unterirdischen funktionellen Merkmalszusammensetzung der Krautschicht. Die ESBC-Behandlungen wirkten sich signifikant auf die multivariate Homogenität und die gemeinschaftsgewichteten Mittelwerte (CWM) der unterirdischen Merkmale aus. Die funktionelle Streuung (FDis) und funktionelle Vielfalt (FRic) war im Versuchs- höher als im Kontrollgebiet. Die durch Kronenöffnungen bewirkten Verschiebungen der Zusammensetzung der funktionellen Gruppen sollten jedoch waldbaulich berücksichtigt werden.

Buchenwald-Krautschicht, Funktionelle Diversität, Pflanzenfunktionelle Merkmale, Beta-Komplexität, Kronendachöffnung

Abstract

The understorey of beech forests is of great importance for plant diversity and fulfils numerous ecosystem functions. To investigate the effects of enhanced structural beta complexity (ESBC), a field experiment was conducted in beech forest stands in northern Germany. The effects of individual and grouped tree removals on the above- and belowground functional trait composition of the understorey were compared. ESBC-treatments had a significant effect on multivariate homogeneity and community weighted means (CWM) of belowground traits. Functional dispersion (FDis) and functional richness (FRic) were higher in the experimental area than in the control area. However, shifts in the composition of functional groups caused by crown openings should be taken into account in silviculture.

Beech forest understorey, Functional diversity, Plant functional traits, Beta-complexity, Canopy opening

doi: 10.23766/NiPF.202501.06

Einleitung

Die Krautschicht (< 1m) von Buchenwäldern spielt eine zentrale Rolle für die Pflanzenbiodiversität und erfüllt wesentliche Ökosystemfunktionen (Gilliam, 2007). In bewirtschafteten Wäldern hat der Fokus auf Holzproduktion oft zu gleichaltrigen Beständen mit vereinfachter Struktur geführt, in denen Phasen der späten Sukzession fehlen (Schelhaas et al., 2003). Das Fehlen absterbender Bäume führt zu einem weitgehend geschlossenen Kronendach, was die Lichtverfügbarkeit und Ressourcenvielfalt am Waldboden stark reduziert (Schelhaas et al., 2003). In den letzten Jahrzehnten hat sich der Waldbau jedoch zunehmend von diesen Praktiken entfernt und strebt naturnahe, ungleichaltrige, multifunktionale Waldbestände an, indem natürliche Kronenlücken durch Einzelbaumentnahmen nachgeahmt werden. Dennoch führt auch eine kontinuierliche Bewirtschaftung mit regelmäßiger Einzelbaumentnahme zu einer erhöhten Homogenität auf der Landschaftsebene, da größere Kronenlücken durch alternde Bäume fehlen (Schall et al., 2018). Änderungen der Bewirtschaftung

beeinflussen dabei nicht nur die taxonomische, sondern auch die funktionelle Diversität. Die plötzliche Zunahme der Lichtverfügbarkeit in der Krautschicht, etwa durch Fällungen oder Baumsterben, führt zu schnellen Reaktionen der funktionellen Merkmale der Pflanzen, was die Gemeinschaftszusammensetzung verändert (Blondeel et al., 2020). Pflanzenfunktionelle Merkmale werden als „morpho-physio-phänologische Merkmale“ definiert, die indirekt Wachstum, Fortpflanzung und Überleben eines Individuums beeinflussen (Violle et al., 2007). Studien zur funktionellen Merkmalszusammensetzung von Pflanzengesellschaften zeigen, dass schattentolerante Arten bestimmte Merkmale entwickeln, wie eine erhöhte spezifische Blattfläche zur Steigerung der Photosynthesekapazität oder das Frühblühen vor dem Kronenschluss (Rothstein & Zak, 2001). Merkmalsbasierte Ansätze haben in den letzten Jahrzehnten an Bedeutung gewonnen, jedoch fehlen umfassende Studien zu den zugrundeliegenden Mechanismen, insbesondere der unterirdischen Merkmale in Waldökosystemen (Ma et al., 2018). Nach der Heterogenitäts-Diversitäts-Hypothese entsteht größere Diversität in heterogenen Lebensräumen, da



Nischen komplementär genutzt werden, wodurch Konkurrenz verringert wird (Hutchinson, 1957). In der Krautschicht können sich durch heterogene Lichtverhältnisse Arten mit unterschiedlichen funktionellen Merkmalen an verschiedenen Stellen entlang des Lichtgradienten spezialisieren, was als Nischenpartitionierung bezeichnet wird. Insbesondere Merkmale wie „Blattmasse pro Fläche“ (LMA) und „Spezifische Wurzellänge“ (SRL) sind in Bezug auf Lichtverfügbarkeit und Nährstoffaufnahme relevant (Pérez-Harguindeguy et al., 2013).

Während Effekte von Waldbau auf die lokale Artenvielfalt (alpha-Diversität) gut erforscht sind (von Oheimb & Härdtle, 2009; Govaert et al., 2020; Jaeger et al., 2022), gibt es nur wenige Studien, die taxonomische und funktionale Indizes kombinieren. Zudem wurden meist nur oberirdische Merkmale untersucht (Sabatini et al., 2014; De Pauw et al., 2021). Auch Effekte der Heterogenität der Struktur wurden meist nur auf großräumigen Flächen untersucht (Helbach et al., 2022; Jaeger et al., 2022). Umfassendere Studien sind notwendig, die funktionale Struktur und unterirdische Merkmale einbeziehen, um nachhaltige waldbauliche Empfehlungen zu entwickeln (Ma et al., 2018). Im Rahmen des BETA-FOR-Projekts, das die Mechanismen struktureller Komplexität und Multifunktionalität in Buchenwäldern untersucht (Müller et al., 2021), wurden im Jahr 2016 Maßnahmen zur Erhöhung der

strukturellen Beta-Komplexität in bis dahin bewirtschafteten Buchenwäldern durchgeführt. Die Bewirtschaftung wurde danach eingestellt. In dieser Masterarbeit wurden die Auswirkungen von gruppierten und Einzelbaumentnahmen 7 Jahre nach der Manipulation untersucht. Dazu wurden folgende Hypothesen getestet:

- 1) ESBC-Behandlungen beeinflussen die funktionale Gemeinschaftsstruktur der Krautschicht, mit größeren Unterschieden zwischen behandelten Flächen aufgrund erhöhter räumlicher Heterogenität.
- 2) Oberirdische Merkmale haben einen stärkeren Einfluss auf die funktionale Struktur, da Lichtverfügbarkeit diese stärker beeinflusst als unterirdische (Poorter et al., 2019).
- 3) Erhöhte Lichtverfügbarkeit verstärkt Unterschiede der funktionalen Struktur, sodass die gruppierte Baumentnahme einen stärkeren Effekt zeigt (Helbach et al., 2022).

Methodik

Die Versuchsfläche war eine von elf Waldflächen des BETA-FOR-Feldexperiments (Abbildung 1), die sich nahe Mölln in Schleswig-Holstein, 53°35'59" N, 10°31'21" O befindet (Abbildung 2). Die Baumschicht war dominiert von *Fagus sylvatica*, gemischt mit *Quercus robur*, *Fraxinus excelsior* und *Larix decidua*, mit einem Durchschnittsalter von etwa 120 Jahren auf kalkhaltigem Boden.



Abbildung 1: Parzellen am Studienstandort, 2023. Oben: Kronendächer; unten: jew. Krautschicht.

1: Kontrollparzelle; 2: Dezentrale Baumentnahme (DT-Parzelle); 3+4: Aggregierte Baumentnahme (AT-Parzelle). Fotos: C. Dembowski

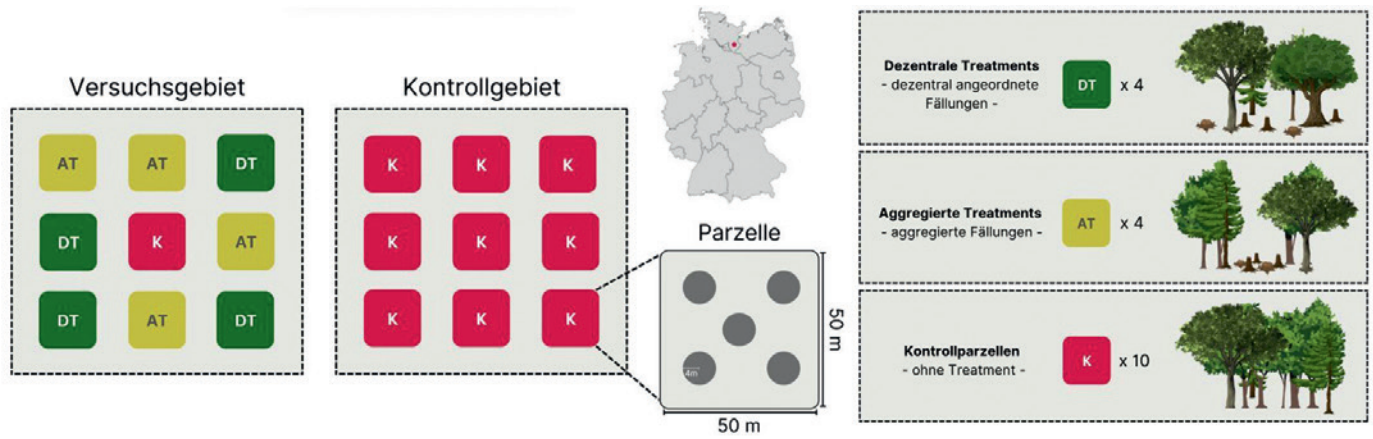


Abbildung 2: Experimenteller Aufbau BETA-FOR-Projekt und Versuchsstandort. Parzellen sind entsprechend der Treatments eingefärbt (AT: Aggregiertes Treatment; DT: Dezentrales Treatment; K: Kontrolle). Bildausschnitt zeigt die Unterparzellen. Grafik: Eigene Darstellung.

Experimenteller Aufbau

Die Krautschicht (< 1 m) von Buchenwäldern spielt eine zentrale Rolle. Es wurden zwei benachbarte Gebiete mit einer Größe von 10-20 ha ausgewählt, in denen je neun 50x50 m große Parzellen mit je fünf kreisförmigen Unterparzellen ausgewiesen wurden (Abbildung 2). Das Versuchsgebiet bestand aus acht Treatment-Parzellen, in denen im Jahr 2016 die ESBC-Behandlungen durchgeführt wurden (Abbildung 2, rechts) und einer unbehandelten Kontrollparzelle (K). Im Versuchsgebiet gab es je vier Parzellen mit aggregierter Baumfällung, bzw. -entnahme (AT) und vier Parzellen mit dezentraler Einzelbaumfällung, bzw. -entnahme (DT). Das Kontrollgebiet bestand aus neun unbehandelten Parzellen, die bis zum Jahr 2016 waldbaulicher Nutzung unterlagen.

In-situ Probenahme

Die funktionellen Merkmale der Pflanzen wurden an allen Gefäßpflanzen in der Krautschicht (inkl. holzige Arten < 1 m) gemessen, da Baumschösslinge für die Verjüngung essenziell sind und die Krautschicht maßgeblich prägen. Die Merkmale wurden an allen Arten gemessen, die insgesamt > 90 % zur standardisierten Krautschichtdeckung pro Parzelle beitrugen, auf Grundlage der Ende Mai 2023 durchgeführten Vegetationsaufnahme. Pro Art und Parzelle wurden 3 gesunde, repräsentative Individuen beprobt und jeweils 3 ober- und 3 unterirdische Merkmale (Abbildung 3) nach den standardisierten Protokollen von Pérez-Harguindeguy et al. (2013) und Freschet et al. (2021) gemessen (n=171).

Laboranalysen

Um die Blattmasse pro Fläche zu bestimmen, wurden die frischen Blätter jedes Individuums mit einem Flachbettscanner gescannt und mit ImageJ analysiert und die getrockneten Blätter anschließend gewogen. Die C/N-Konzentrationen der Blätter wurden mit einem Elementaranalysator (Elementar Vario EL) analysiert. Von den Wurzeln jedes Individuums wurden > 50 cm Feinwurzeln erster und zweiter Ordnung (Abbildung 3) nach dem segmentbasierten Ansatz von Freschet et al. (2021) ausgewählt, gescannt mit RhizoVision Explorer v2.0.3 analysiert, um den mittleren Wurzeldurchmesser und die Wurzellänge zu berech-

nen, sowie nach dem Wiegen der getrockneten Wurzeln, die spezifische Wurzellänge (SRL) und die -gewebedichte (RTD) zu erhalten. Die Lichtverfügbarkeit wurde im August 2023 in der Mitte jeder Unterparzellen in 1 m Höhe mit Hilfe von Hemisphärenfotografie gemessen und mit dem ‚Hemisphären-Tool v1.1‘ der TU Dresden ausgewertet, um den diffusen Standortfaktor zu berechnen, der der Offenheit des Kronendachs entspricht.

Statistische Analyse

Die Messung der ESBC-Effekte auf die sechs Merkmale erfolgte durch die Analyse der Unterschiede im gemeinschaftsgewichteten Mittelwert (CWM), im Variationskoeffizienten (CV), in der funktionellen Vielfalt (FRic), in der funktionellen Streuung (FDis) und in der Homogenität der Varianzen (Betadisper). ANOVAs, bzw. GLMs wurden sowohl auf der Gebietsebene als auch für die beiden Behandlungsstufen (AT und DT) getrennt durchgeführt. Alle statistischen Analysen wurden in R 4.2.1 durchgeführt (The R Core Team, 2022).

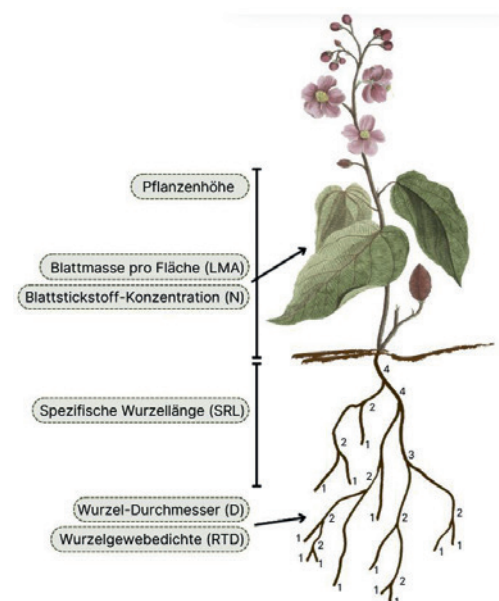


Abbildung 3: Gemessene funktionelle Merkmale. Wurzelsystem mit nummerierter Abzweigungsordnung. Grafik: Eigene Darstellung.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse haben gezeigt, dass die ESBC-Maßnahmen zur Verbesserung der strukturellen Beta-Komplexität die funktionelle Struktur und strukturelle Zusammensetzung der Parzellen des Versuchsgebiets beeinflusst haben.

1. Hypothese

Insofern konnte die erste Hypothese teilweise bestätigt werden, da Unterschiede zwischen den Parzellen im Versuchsgebiet größer waren als zwischen den Kontrollflächen. Die beiden Gebiete unterschieden sich signifikant im gemeinschaftsgewichteten Mittel (CWM) der „spezifischen Wurzellänge“ (SRL) ($p = 0.047$) und im „Wurzeldurchmesser“ (D) ($p = 0.071$) (Abbildung 4). Im Versuchsgebiet kam es zu einer Zunahme von längeren und dünneren Feinwurzeln, welche es Pflanzen ermöglichen, ein größeres Bodenvolumen pro investierten Kohlenstoff zu erreichen. Der Effekt war hauptsächlich in Parzellen mit erhöhter Lichtverfügbarkeit durch Kronenöffnungen (AT) sichtbar (Abbildung 4). Oberirdisch waren die Effekte kleiner und für kein Merkmal signifikant. Wie zu erwarten, war die „Blattmasse pro Fläche“ (LMA) in den AT-Parzellen höher als in den DT-Parzellen ($p = 0,089$).

Dies bestätigt die durch Lichtverfügbarkeit bedingte Verschiebung von dünneren, größeren Blättern zur Ermöglichung ausreichender Photosynthese hin zu dickeren Blättern mit kleineren Flächen, u.a. zur Verringerung der Verdunstungsrate (Poorter et al., 2019). Der ausbleibende Unterschied der LMA-Werte zwischen DT- und Kontroll-Parzellen erklärt den insgesamt begrenzten Effekt zwischen Versuchs- und Kontrollgebiet (Abbildung 4). Gemessen an der „funktionellen Vielfalt“ (FRic) und „funktionellen Streuung“ (FDis) unterschieden sich die Gebiete nicht signifikant ($p=0.237$; $p=0.160$), beide Indizes waren jedoch im Versuchsgebiet höher (Abbildung 5). Bezieht man die intraspezifische Varianz der Merkmale mit ein, ergaben sich jedoch hochsignifikante Unterschiede in der Varianzstreuung der Individuen zwischen den Gebieten ($p < 0,001$) (Abbildung 6). Erwartungsgemäß waren die Unterschiede innerhalb des Versuchsgebiets deutlich höher als im Kontrollgebiet. Erstaunlicherweise waren die Unterschiede fast genauso hoch zwischen den Treatments ($p = 0,012$). Dahingegen waren sich die DT- und Kontroll-Parzellen sehr ähnlich. Die Unterschiede zwischen den Gebieten ergaben sich also durch den vergrößerten funktionalen Merkmalsraum der AT-Parzellen in Kombination mit den komplementären DT-Parzellen (Abbildung 6).

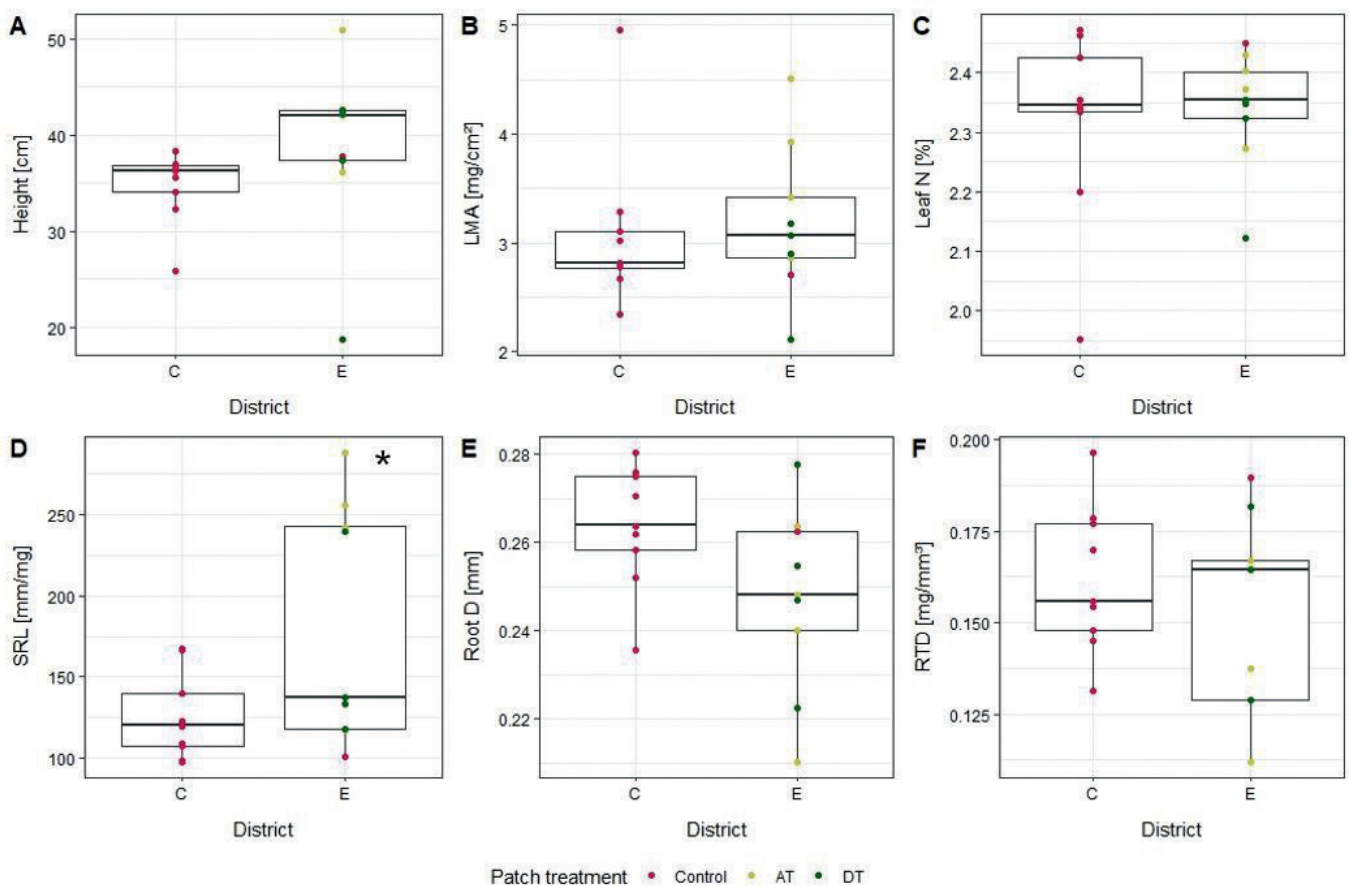


Abbildung 4: Auswirkung des Gebiets (E: Versuch; C: Kontrolle) auf das Gemeinschaftsgewichtete Mittel (CWM) der funktionellen Merkmale A: Pflanzenhöhe; B: LMA; C: Blattstickstoffkonzentration; D: SRL; E: Wurzeldurchmesser; F: RTD. ESBC-Parzellen-Treatments: AT: hellgrün; DT: dunkelgrün; K: rot, (n=18). * indizieren das Signifikanzniveau. Grafik: Eigene Darstellung.

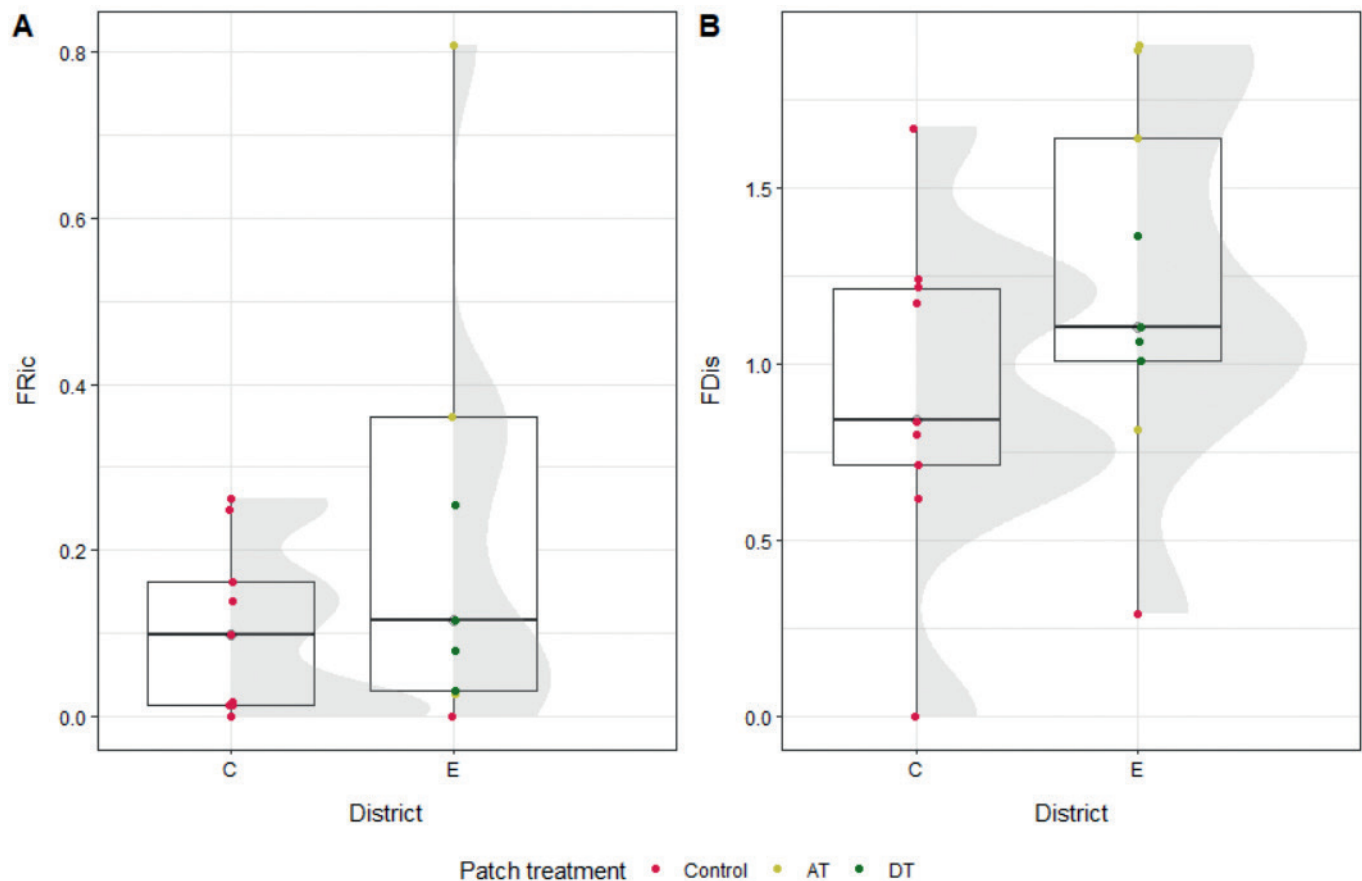


Abbildung 5: Auswirkung des Gebiets (E: Versuch; C: Kontrolle) auf A: Funktionelle Vielfalt (FRic) und B: Funktionale Dispersion (FDis). ESBC-Parzellen-Treatments: AT: hellgrün; DT: dunkelgrün; K: rot, (n=18). Grafik: Eigene Darstellung.

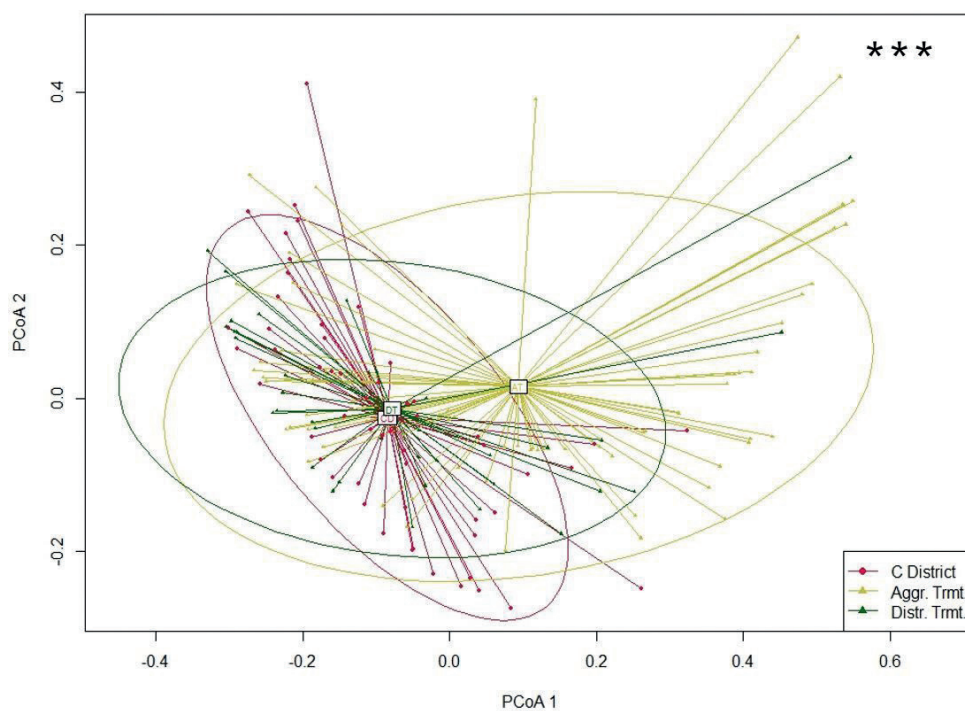


Abbildung 6: PCoA-Diagramm auf der Grundlage von Bray-Curtis-Disähnlichkeiten. Die Quadrate zeigen die Zentren der Treatments an, die Stränge die Abstände von jedem Individuum zum Treatment-Zentrum.

ESBC-Treatments:

AT: hellgrün;

DT: dunkelgrün;

K: rot.

* indizieren das Signifikanzniveau.

Grafik: Eigene Darstellung.

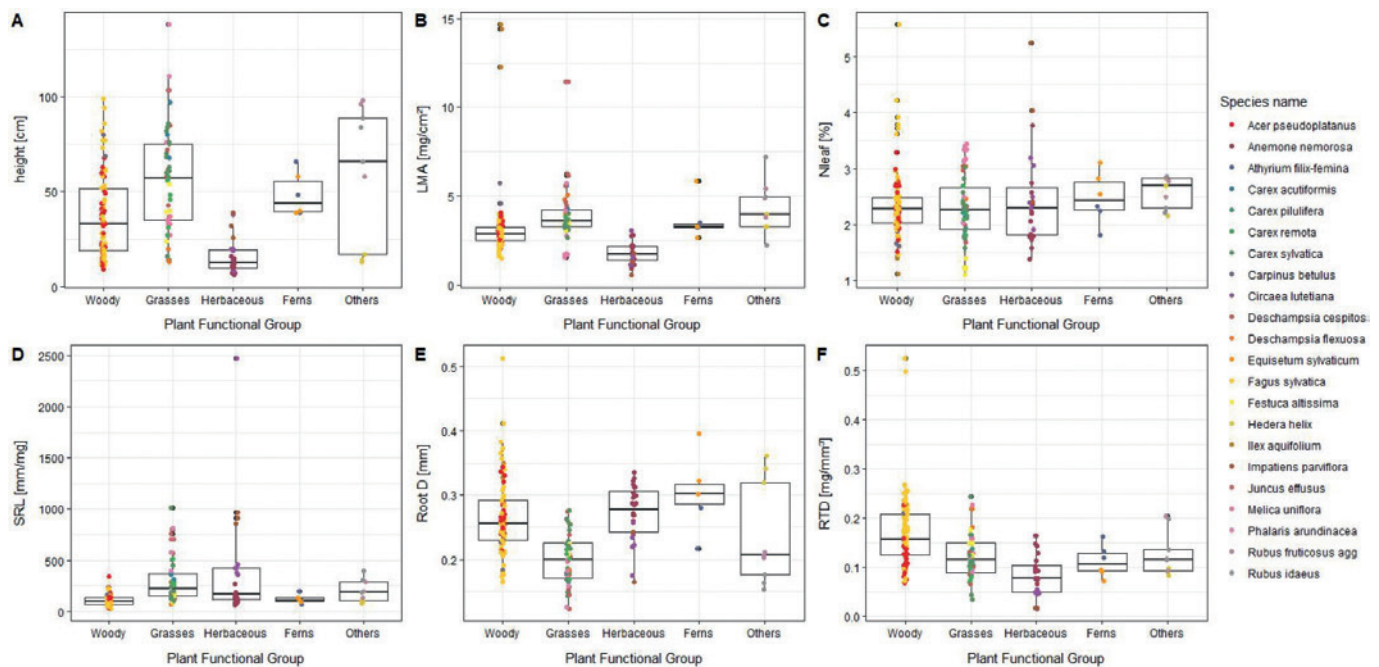


Abbildung 7: Merkmalswerte der Individuen pro funktioneller Pflanzengruppe (Bäume; Gräser; Krautige; Farne; Andere) für A: Pflanzenhöhe; B: LMA; C: Blattstickstoffkonzentration; D: SRL; E: Wurzeldurchmesser; F: RTD. Die Artzugehörigkeit der Individuen wurde farblich gekennzeichnet (n=171). Grafik: Eigene Darstellung.

2. Hypothese

Die zweite Hypothese wurde abgelehnt, da nicht oberirdische, sondern unterirdische Merkmale signifikant zu Unterschieden in der funktionalen Zusammensetzung zwischen den Gebieten beitrugen ($p < 0,001$). Der Effekt erklärt sich durch die Verschiebung der dominanten funktionellen Pflanzengruppe (PFG). Während Baumarten (mit dickeren Feinwurzeln und häufiger Mykorrhizaassoziation) die Parzellen mit geringer Lichtverfügbarkeit dominierten, verschob sich das Verhältnis auf Flächen mit mehr Lichtverfügbarkeit hin zu Gräsern und Waldkräutern mit typischen dünneren und längeren Wurzeln (Ma et al., 2018) (Abbildung 7). Die lichtbedingte Verschiebung von schattenangepassten „Waldspezialisten“ hin zu Gräsern und „Waldgeneralisten“ deckt sich mit früheren Ergebnissen (von Oheimb & Härdtle, 2009; De Pauw et al., 2021; Jaeger et al., 2022). Auch wenn sich Buchenwaldspezialisten gut an zwischenzeitliche Störungen anpassen können (von Oheimb & Härdtle, 2009), profitieren sie nicht in dem Maße wie schnell besiedelnde Arten (viele Grasarten oder *Rubus spp.*), welche plötzlich verfügbare Ressourcen schnell und effizient nutzen können. Die schnelle Ausbreitung von *Rubus fruticosus agg.* bei höherer Lichtverfügbarkeit kann so das Artenreichtum durch kompetitiven Ausschluss verringern und *Fagus sylvatica*-Jungpflanzen unter Trockenstress verdrängen (Fotelli et al., 2001; von Oheimb & Härdtle, 2009; Jaeger et al., 2022). Bisherigen Studien folgend würde jedoch die störungsbedingte anfängliche Dominanz lichtbedürftiger Arten enden, sobald die Regenerationsschicht der Baumschösslinge groß genug ist, um diese zu beschatten (Bartels & Chen, 2013). Allerdings ist dieser fehlende Legacy-Effekt nicht in allen Studien konsistent und die

Zeitskalen sind nicht klar. Ob die Gruppenbaumentnahmen mit ihrer Begünstigung von Generalisten Legacy-Effekte geschaffen hat, wie von Jaeger et al. (2022) gefunden, müsste daher in Zukunft kontrolliert werden, um langfristige Auswirkungen der waldbaulichen Bewirtschaftung vorhersagen zu können.

3. Hypothese

Die dritte Hypothese wurde bestätigt, die Lichtheterogenität hat sich von den DT- zu den AT-Treatments vervielfacht. Dies erklärt die stärkere Beeinflussung der funktionellen Vielfalt durch Lichtheterogenität ($p < 0,05$) als durch Lichtverfügbarkeit allein und unterstützt die Heterogenitäts-Diversitäts-Hypothese (Helbach et al., 2022). Durch Lichtheterogenität innerhalb der AT-Flächen sowie zwischen den Parzellen konnten Nischen und Mikrohabitate geschaffen werden, die die zwischenartliche Konkurrenz verringerten und damit die Vielfalt auf Arten- und Funktionsebene gefördert haben.

Implikationen für den Waldbau

Das angemessene Maß an Störungen bei der Holzernte unter Wahrung der taxonomischen und funktionellen Vielfalt wird heftig diskutiert. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass die Ernte einzelner Bäume nicht ausreicht, um die funktionelle Struktur zu beeinflussen, stattdessen lösen die größeren Störungen durch gruppierte Ernten Unterschiede zwischen den Beständen aus. Angesichts finanzieller und logistischer Vorteile könnte sich auf Gruppenbaumentnahmen konzentriert werden, um die Homogenisierung auf Landschaftsebene zu verringern. Gleichzeitig sollte dies mit der Förderung von Generalisten, sowie negativen Effekten von *Rubus spp.* auf die Buchenverjüngung abgewogen wer-

den. Während die Einzelbaumentnahme schattentolerante Arten erhalten konnte, erzeugt die dadurch bedingte Häufigkeit der Eingriffe eine funktionale Homogenisierung zwischen den Parzellen (beta-Ebene) und folglich auf der Landschaftsebene (Schall et al., 2018). Um die jeweiligen Risiken zu minimieren und eine heterogene funktionale Struktur zu fördern, könnte eine Mischung aus Einzel- und Gruppenentnahmen am besten geeignet sein, da lange Erholungszeiten die langsame Wiederansiedlung der Buchenspezialisten sichern. Die Kronendachöffnungen sollten über verschiedene Jahre verteilt werden, um viele Sukzessionsstadien gleichzeitig zu ermöglichen.

Schlussfolgerungen/Ausblick

Im Rahmen der Masterarbeit wurde gezeigt, dass Kronendachöffnungen durch gruppierte Ernten signifikante Auswirkungen auf die funktionelle Struktur der Buchenwald-Krautschicht hatten. Die unterschiedlichen Auswirkungen auf verschiedene Diversitätsindizes unterstreichen die Notwendigkeit derer komplementärer Verwendung, um ein verzerrtes Bild zu vermeiden. Die unerwartet geringen Auswirkungen auf oberirdische Merkmale unterstreichen die Notwendigkeit der Einbeziehung von unterirdischen Merkmalen in künftige Studien, da sie anders als oft angenommen nicht in gleicher Weise reagieren. Die weitergehenden Studien im BETA-FOR-Projekt werden zeigen, ob sich die Ergebnisse auf größeren räumlichen Maßstäben bestätigen, oder standortspezifische Effekte überwiegen. Insbesondere Wechselwirkungen von Bodeneigenschaften und der Totholzstruktur können dann Berücksichtigung finden. Die zeitliche Weiterverfolgung wird dann auch die Legacy-Effekte waldbaulicher Maßnahmen besser einschätzen können.

Danksagung

Ich möchte allen danken, die an der Planung, Initiierung und Betreuung des BETA-FOR-Projekts beteiligt waren und damit diese Masterarbeit erst ermöglicht haben. Insbesondere danke ich Ben Delory für seine großartige methodische Unterstützung und Leidenschaft für Wurzeln sowie Pia Bradler und Andreas Fichtner für ihre Unterstützung, Betreuung und wertvollen Gedankenanstöße. Großer Dank gilt auch meinem Partner.

Quellenverzeichnis

- BARTELS, S. F., & CHEN, H. Y. H. (2013). Interactions between overstorey and understorey vegetation along an overstorey compositional gradient. *Journal of Vegetation Science*, 24(3), 543–552. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2012.01479.x>
- BLONDEEL, H., PERRING, M. P., DE LOMBAERDE, E., DEPAUW, L., LANDUYT, D., GOVAERT, S., MAES, S. L., VANGANSBEKE, P., DE FRENNE, P., & VERHEYEN, K. (2020). Individualistic responses of forest herb traits to environmental change. *Plant Biology*, 22(4), 601–614. <https://doi.org/10.1111/plb.13103>
- DE PAUW, K., MEEUSSEN, C., GOVAERT, S., SANCZUK, P., VANNESTE, T., BERNHARDT-RÖRMANN, M., BOLLMANN, K., BRUNET, J., CALDERS, K., COUSINS, S. A. O., DIEKMANN, M., HEDWALL, P., IACOPETTI, G., LENOIR, J., LINDMO, S., ORCZEWSKA, A., PONETTE, Q., PLUE, J., SELVI, F., ... DE FRENNE, P. (2021). Taxonomic, phylogenetic and functional diversity of understorey plants respond differently to environmental conditions in European forest edges. *Journal of Ecology*, 109(7), 2629–2648. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13671>
- FOTELLI, M. N., GESSLER, A., PEUKE, A. D., & RENNEBERG, H. (2001). Drought affects the competitive interactions between *Fagus sylvatica* seedlings and an early successional species, *Rubus fruticosus*: Responses of growth, water status and ¹³C composition. *New Phytologist*, 151(2), 427–435. <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2001.00186.x>
- 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., HOBBIIE, 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>
- GEORGE, L. O., & BAZZAZ, F. A. (2014). The Herbaceous Layer as a Filter Determining Spatial Pattern in Forest Tree Regeneration. In F. Gilliam (Ed.), *The Herbaceous Layer in Forests of Eastern North America* (pp. 340–355). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:osobl/9780199837656.003.0014>
- GILLIAM, F. S. (2007). The Ecological Significance of the Herbaceous Layer in Temperate Forest Ecosystems. *BioScience*, 57(10), 845–858. <https://doi.org/10.1641/B571007>
- GOVAERT, S., MEEUSSEN, C., VANNESTE, T., BOLLMANN, K., BRUNET, J., CALDERS, K., COUSINS, S. A. O., DE PAUW, K., DIEKMANN, M., GRAAE, B. J., HEDWALL, P.-O., IACOPETTI, G., LENOIR, J., LINDMO, S., ORCZEWSKA, A., PONETTE, Q., PLUE, J., SANCZUK, P., SELVI, F., ... DE FRENNE, P. (2024). Trait–micro-environment relationships of forest herb communities across Europe. *Global Ecology and Biogeography*, 33(2), 286–302. <https://doi.org/10.1111/geb.13789>
- HELBACH, J., FREY, J., MESSIER, C., MÖRS DORF, M., & SCHERER LORENZEN, M. (2022). Light heterogeneity affects understory plant species richness in temperate forests supporting the heterogeneity–diversity hypothesis. *Ecology and Evolution*, 12(2), e8534. <https://doi.org/10.1002/ece3.8534>



- HUTCHINSON, G. E. (1957). Concluding Remarks. Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology, 22, 415–427. <https://doi.org/10.1101/SQB.1957.022.01.039>
- JAEGER, R., DELAGRANGE, S., AUBIN, I., JOANISSE, G., RAYMOND, P., & RIVEST, D. (2022). Increasing the intensity of regeneration treatments decreased beta diversity of temperate hardwood forest understory 20 years after disturbance. *Annals of Forest Science*, 79(1), 39. <https://doi.org/10.1186/s13595-022-01152-w>
- MA, Z., GUO, D., XU, X., LU, M., BARDGETT, R. D., EISSENSTAT, D. M., MCCORMACK, M. L., & HEDIN, L. O. (2018). Evolutionary history resolves global organization of root functional traits. *Nature*, 555(7694), 94–97. <https://doi.org/10.1038/nature25783>
- MÜLLER, J., SCHERER-LORENZEN, M., AMMER, C., EISENHAEUER, N., SEIDEL, D., SCHULDT, B., BIEDERMANN, P., SCHMITT, T., KÜNZER, C., WEGMANN, M., CESARZ, S., PETERS, M., FELDHAAR, H., STEFFAN-DEWENTER, I., CLAASSEN, A., BÄSSLER, C., VON OHEIMB, G., FICHTNER, A., THORN, S., & WEISSER, W. (2021). BETA-FOR: Enhancing the structural diversity between patches for improving multidiversity and multifunctionality in production forests. Proposal for the first phase (2022–2026) of the DFG Research Unit FOR 5375/1. Fabriksschleichach. <https://doi.org/10.25972/OPUS-29084>
- PÉREZ-HARGUINDEGUY, N., DÍAZ, S., GARNIER, E., LAVOREL, S., POORTER, H., JAUREGUBERRY, P., BRET-HARTE, M. S., CORNWELL, W. K., CRAINE, J. M., GURVICH, D. E., URCELAY, C., VENEKLAAS, E. J., REICH, P. B., POORTER, L., WRIGHT, I. J., RAY, P., ENRICO, L., PAUSAS, J. G., DE VOS, A. C., ... CORNELISSEN, J. H. C. (2013). New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany*, 61(3), 167. <https://doi.org/10.1071/BT12225>
- POORTER, H., NIINEMETS, Ü., NTAGKAS, N., SIEBENKÁS, A., MÄENPÄÄ, M., MATSUBARA, S., & PONS, THIJS L. (2019). A meta-analysis of plant responses to light intensity for 70 traits ranging from molecules to whole plant performance. *New Phytologist*, 223(3), 1073–1105. <https://doi.org/10.1111/nph.15754>
- ROTHSTEIN, D. E., & ZAK, D. R. (2001). Photosynthetic adaptation and acclimation to exploit seasonal periods of direct irradiance in three temperate, deciduous-forest herbs. *Functional Ecology*, 15(6), 722–731. <https://doi.org/10.1046/j.0269-8463.2001.00584.x>
- SABATINI, F. M., BURTON, J. I., SCHELLER, R. M., AMATANGELO, K. L., & MLADENOFF, D. J. (2014). Functional diversity of ground-layer plant communities in old-growth and managed northern hardwood forests. *Applied Vegetation Science*, 17(3), 398–407. <https://doi.org/10.1111/avsc.12083>
- SCHALL, P., GOSSNER, M. M., HEINRICHS, S., FISCHER, M., BOCH, S., PRATI, D., JUNG, K., BAUMGARTNER, V., BLASER, S., BÖHM, S., BUSCOT, F., DANIEL, R., GOLDMANN, K., KAISER, K., KAHL, T., LANGE, M., MÜLLER, J., OVERMANN, J., RENNER, S. C., ... AMMER, C. (2018). The impact of even-aged and uneven-aged forest management on regional biodiversity of multiple taxa in European beech forests. *Journal of Applied Ecology*, 55(1), 267–278. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12950>
- SCHELHAAS, M.-J., NABUURS, G.-J., & SCHUCK, A. (2003). Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. *Global Change Biology*, 9(11), 1620–1633. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2003.00684.x>
- THE R CORE TEAM. (2022). R: A Language and Environment for Statistical Computing, R version 4.2.1 [Computer software]. <https://www.r-project.org/>
- VIOLLE, C., NAVAS, M., VILE, D., KAZAKOU, E., FORTUNEL, C., HUMMEL, I., & GARNIER, E. (2007). Let the concept of trait be functional! *Oikos*, 116(5), 882–892. <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2007.15559.x>
- VON OHEIMB, G., & HÄRDTLE, W. (2009). Selection harvest in temperate deciduous forests: Impact on herb layer richness and composition. *Biodiversity and Conservation*, 18(2), 271–287. <https://doi.org/10.1007/s10531-008-9475-4>

Kontakt

Luzie Glock, M.Sc.
Leuphana Universität Lüneburg
Institut für Ökologie
Universitätsallee 1
21335 Lüneburg
luzie.glock@leuphana.de





Jolina Paulssen

Lokale Pflanzendiversität in Laubwäldern



Laubwald in dem Untersuchungsgebiet in Westdeutschland im Norden von Niedersachsen. Foto: J. Paulssen

In einfachen Worten:

Womit beschäftigst du dich in deiner Arbeit?

In meiner Arbeit geht es um Pflanzenarten in Laubwäldern, die sich in Agrarlandschaften befinden. Wir versuchen herauszufinden, welche Pflanzen wo wachsen – und warum. In dem Projekt geht es um den Einfluss von verschiedenen Umweltvariablen auf die lokale Pflanzenanzahl.

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

Ich bin auf einem ökologischen landwirtschaftlichen Betrieb und mit einem sehr engen Kontakt zu der Natur, Tieren und Pflanzen groß geworden, sodass mir die Erhaltung unserer Umwelt sehr am Herzen liegt. Erkenntnisse, die in der ökologischen Forschung gewonnen werden, können nur einen langfristigen Einfluss haben, wenn diese auch kommuniziert und auch auf den Naturschutz übertragen werden. Ich finde es wichtig, in einer Zeit, die durch die Intensivierung der Land- und Forstwirtschaft, Urbanisierung und den Klimawandel geprägt ist, nicht die Konsequenzen aus den Augen zu verlieren, die dadurch für die Pflanzenwelt entstehen.

Was hat dich in deiner Arbeit am meisten überrascht?

Es hat mich überrascht, dass neben den Waldspezialisten auch die Generalisten-Pflanzenarten negativ von einer geringen Konnektivität der Wälder beeinflusst werden.

Welche Denkanstöße und Empfehlungen möchtest du Praktikerinnen und Praktikern oder Politikerinnen und Politikern mit auf dem Weg geben?

Unsere Ergebnisse zeigen, wie wichtig naturnahe Lebensräume wie Hecken, Büsche und Baumreihen für die Pflanzendiversität in Agrarlandschaften sind. Es ist entscheidend, einen praktischen Kompromiss zwischen vegetationsökologischer Forschung und Arbeitsweisen in der Landwirtschaft zu finden. Um die lokale Pflanzendiversität zu fördern ist es wichtig, verschiedene Perspektiven zu berücksichtigen, um Umweltmaßnahmen zu entwickeln, die ökologisch sinnvoll und gleichzeitig landwirtschaftlich umsetzbar sind.

Lokale Pflanzendiversität in Laubwäldern

Local Plant Diversity in Deciduous Forests

Jolina Paulssen

Hinweis

Diese Arbeit ist bereits in ausführlicher Form im Journal of Vegetation Science auf Englisch veröffentlicht. Die vollständige Arbeit findet sich unter <https://doi.org/10.1111/jvs.13318>

Zusammenfassung

Im Projekt Lokale Pflanzendiversität in Laubwäldern haben wir den Einfluss von lokalen Umweltbedingungen und Landschaftsstrukturen auf die Diversität von Waldpflanzen in Agrarlandschaften untersucht. Wir haben herausgefunden, dass Waldspezialisten bei geringer Lichtverfügbarkeit und mittlerer Bodenfeuchtigkeit begünstigt werden, während Generalisten höhere Lichtverfügbarkeit und mittlere bis hohe Bodenfeuchtigkeit bevorzugen. In gut vernetzten Landschaften ist die Pflanzendiversität höher, sowohl für die Gesamtartenzahl an Pflanzen als auch für Waldspezialisten und Generalisten. Dies betont die Bedeutung naturnaher Lebensräume wie Hecken und Baumreihen, um die Ausbreitung von Waldpflanzen in Agrarlandschaften zu fördern.

Agrarlandschaften, Ellenberg-Indikatorwerte, Waldgeneralisten, Waldspezialisten, Lebensraumfragmentierung, Landschaftsvernetzung, lokale Pflanzenvielfalt, Nischenaufteilung

Abstract

In the project local plant diversity in deciduous forests, we analyzed the effect of local environmental conditions and landscape structure on the diversity of forest plants in agricultural landscapes in several European study regions. We found that forest specialists are favoured by low light availability and medium soil moisture, while generalists prefer higher light availability and medium to high soil moisture. In well-connected landscapes, plant diversity is higher, both for the total number of plant species and for forest specialists and generalists. This emphasizes the importance of semi-natural habitats such as hedges and tree rows to promote the spread of forest plants in agricultural landscapes.

agricultural landscapes, Ellenberg indicator values, forest generalists, forest specialists, habitat fragmentation, landscape connectivity, local plant diversity, niche partitioning

doi: 10.23766/NiPF.202501.07

Hintergrund und Zielsetzung

Viele durch den Menschen bedingte Veränderungen in der Landnutzung stellen eine große Bedrohung für die Artenvielfalt dar (Tscharntke et al., 2005) und große Gebiete der Welt werden heute durch Land- und Forstwirtschaft, Straßenbau und Urbanisierung beeinflusst (Kennedy et al., 2019). Während traditionelle Landnutzungen mit geringer Intensität oft eine hohe biologische Diversität aufweisen, führt eine weitere Intensivierung der Landwirtschaft zu Lebensraumverlust und Fragmentierung (Tscharntke et al., 2005), was zu einem Rückgang der biologischen Vielfalt führt (Wilcox & Murphy, 1985; Wilson et al., 2016).

In der Europäischen Union werden 70 % der Gesamtfläche als „Landschaften mit schlecht verbundenen Wäldern“ eingestuft (Joint Research Centre, 2013). Jedoch wirken sich Landnutzungsänderungen nicht nur auf die räumliche Verteilung von Wäldern aus, sondern auch auf die Landschaftsmatrix, die diese Flächen

umgibt (Deckers et al., 2005; Poschlod & Braun-Reichert, 2017). Diese Matrix, die für viele Waldpflanzenarten eine mehr oder weniger feindliche Umgebung darstellt, besteht in der Regel aus Grünland und Getreidefeldern, kann aber auch kleine und lineare naturnahe Lebensräume wie ungenutzte Feldränder, Baumreihen und Hecken umfassen (Jamoneau et al., 2011; Poschlod & Braun-Reichert, 2017). Aufgrund der landwirtschaftlichen Expansion wurden diese naturnahen Lebensräume jedoch seit dem 19. Jahrhundert erheblich reduziert (Deckers et al., 2005; Poschlod & Braun-Reichert 2017). Die Vergrößerung und Zusammenlegung einzelner Felder hat zu ausgedehnten und homogenen Zonen landwirtschaftlicher Flächen sowie zu weniger natürlichen Lebensräumen dazwischen geführt (Tscharntke et al., 2005).

Im Projekt Lokale Pflanzendiversität in Laubwäldern haben wir den Effekt verschiedener Umweltvariablen auf die lokale Pflanzendiversität in Laubwäldern, die in Agrarlandschaften eingebettet sind, untersucht. Wir haben zwei Gruppen von Pflanzenarten



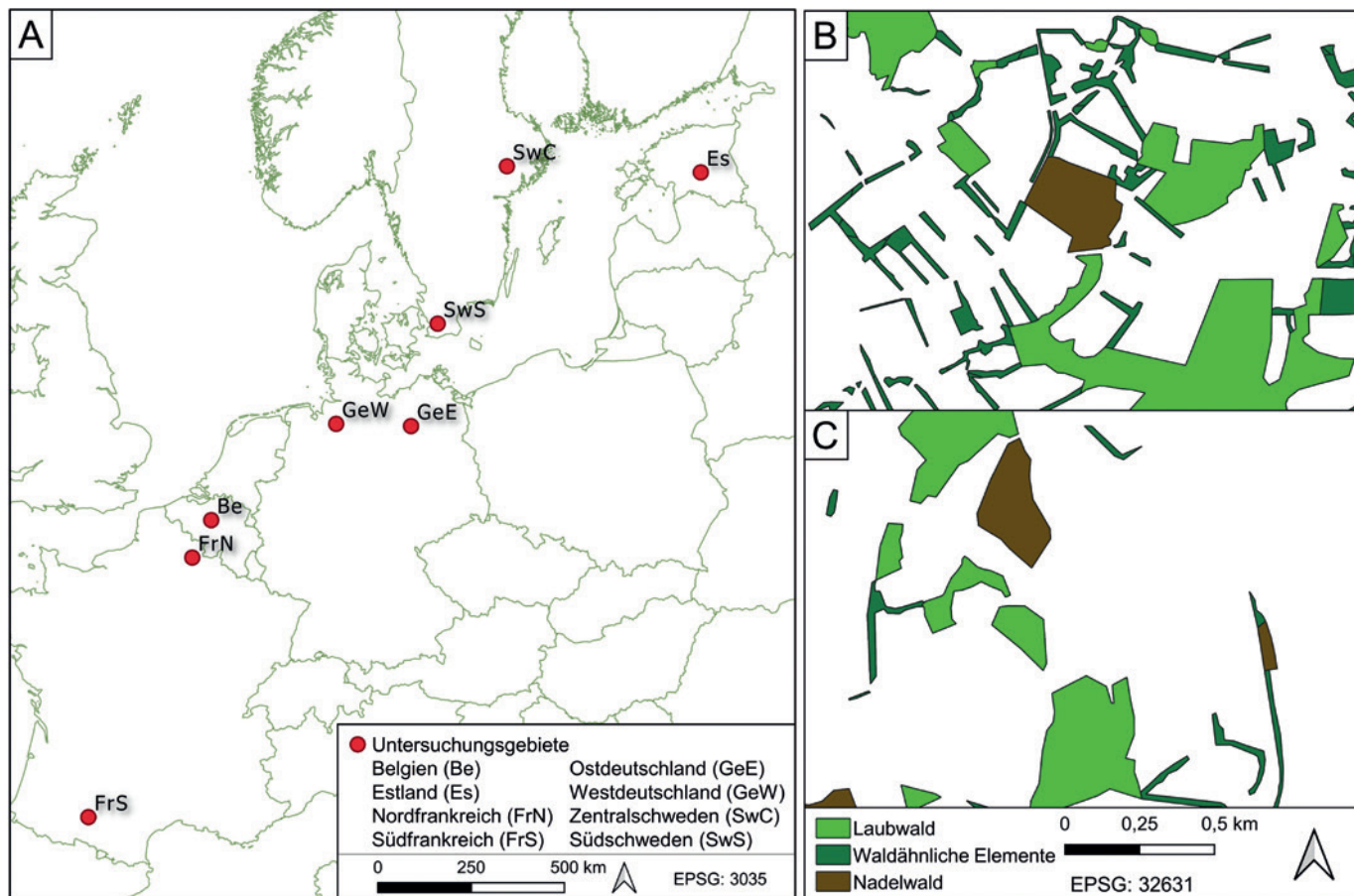


Abbildung 1: Karte der Untersuchungsregionen (A, Shapefile abgerufen von @EuroGeographics). Exemplarischer Ausschnitt einer „Bocage“ (B) und einer „Open“ Landschaft (C) aus Westdeutschland. Die Abbildung wurde aus Paulssen et al. (2024) übernommen und sprachlich angepasst.

betrachtet, um mögliche Unterschiede in ihren Reaktionen auf die Umweltfaktoren heraus zu finden: Waldspezialisten und Generalisten.

Wir haben uns auf folgende Forschungsfragen konzentriert:

- (1) Welchen Einfluss haben BodenvARIABLEN, Lichtverfügbarkeit, Anzahl der Pflanzenarten im Wald, Waldalter, Waldgröße und Landschaftsstruktur auf die lokale Pflanzendiversität?
- (2) Unterscheiden sich diese Muster zwischen Waldspezialisten und Generalisten?

Methodik

Untersuchungsgebiet

Die Studie wurde entlang eines geografischen Gradienten durchgeführt, der acht Untersuchungsregionen in fünf Ländern umfasst (Frankreich, Belgien, Deutschland, Schweden, Estland; Abbildung 1A). Die Region in Westdeutschland befindet sich in Niedersachsen. In jeder Region wurden zwei Landschaftsfenster von 5 km × 5 km ausgewählt, die unterschiedliche Landschaftsstrukturen darstellen. Der „Bocage“ Landschaftstyp zeichnete sich durch eine relativ hohe Dichte an kleinen naturnahen Lebensräumen aus, wie zum Beispiel Hecken, Sträucher und Baumreihen, die die

Waldstücke miteinander verbinden (Abbildung 1B). Im Gegensatz dazu entspricht der „Open“ Landschaftstyp einer Landschaft mit isolierteren Waldfragmenten und weniger naturnahen Lebensräumen zwischen den Wäldern (Abbildung 1C). Die „Open“ Landschaften waren hauptsächlich durch Ackerflächen gekennzeichnet, während in den „Bocage“ Landschaften Grünland dominierte. Die Landschaftsfenster wurden in Gebieten positioniert, die reich an Laubwäldern sind.

Vegetationsaufnahmen

Die Vegetationsaufnahmen wurden 2012 und 2013 im Rahmen des smallFOREST-Projekts (www.biodiversa.eu/2022/10/31/small-forest, Valdés et al., 2020) mit Hilfe des FLEUR-Netzwerks (www.fleur.ugent.be) durchgeführt. Innerhalb eines Landschaftsfensters wurden alle Laubwälder mit einer Größe von mehr als 1 ha untersucht. Die Plots hatten eine runde Form mit einem Radius von 10 m, was einer Fläche von 314 m² entspricht. Sie wurden entlang von Transekten platziert, die parallel zur Längsachse des Waldes verliefen und einen Abstand von 50 m zueinander hatten. Innerhalb dieser Transekte waren die Plots in Abständen von 100 m angeordnet. Die genaue Anzahl der Transekte und der Plots variierte je nach Größe und Form des Waldes. Insgesamt wurden 3538 Plots in 699 Laubwäldern untersucht. In jedem Plot

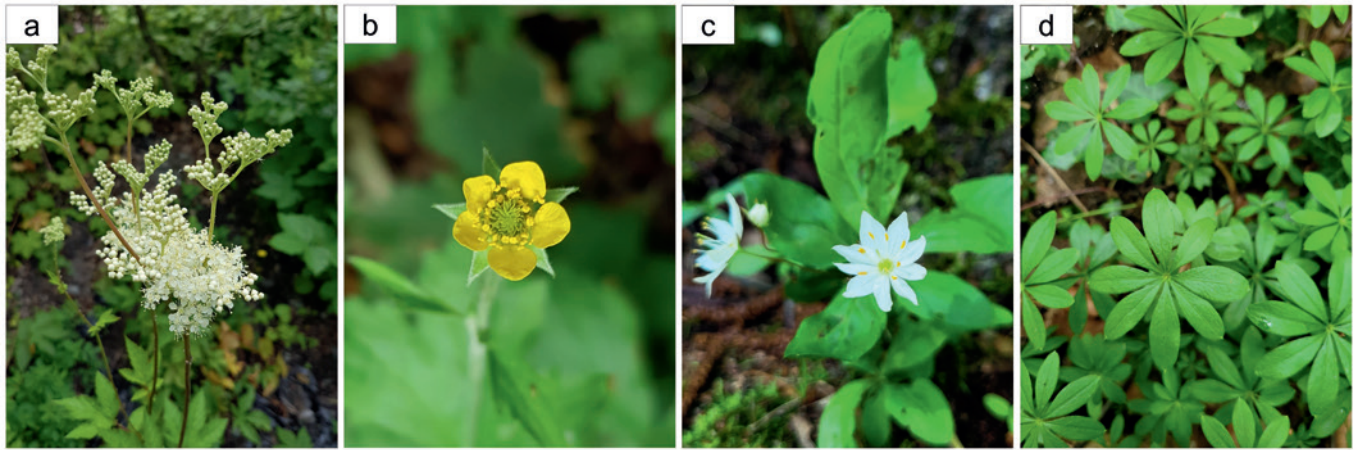


Abbildung 2: Beispiele von Waldspezialisten und Generalisten. *Filipendula ulmaria* – Echtes Mädesüß (a) und *Geum urbanum* – Echte Nelkenwurz (b) gehören zu den Generalisten und *Trientalis europaea* – Europäischer Siebenstern (c) und *Galium odoratum* – Waldmeister (d) zu den Waldspezialisten. Fotos: J. Paulssen

wurden alle Gefäßpflanzenarten der Kraut-, Strauch- und Baumschicht erfasst. Taxonomische Gruppen, wie z. B. *Rubus fruticosus* agg. (Brombeere), wurden als eine Art behandelt. Die Anzahl der Pflanzenarten pro Plot haben wir als lokale Artenanzahl definiert. Beim Wechsel zwischen den Plots entlang eines Transektes wurden zusätzliche Pflanzenarten vermerkt, die in keinem der Plots vorkamen. So entstand für jeden Wald eine nahezu vollständige Liste der Pflanzenarten.

Datenanalyse

Alle Analysen wurden sowohl für die Gesamtzahl der Pflanzenarten als auch für zwei Teilgruppen von Pflanzenarten durchgeführt. Die erste Gruppe umfasste Pflanzenarten, die hauptsächlich in Wäldern mit geschlossenem Kronendach vorkommen (Waldspezialisten) und die zweite Gruppe umfasste Pflanzenarten, die sowohl in Wäldern als auch außerhalb von Wäldern wachsen (Generalisten) (Heinken et al. 2022). Beispiele von Waldspezialisten und Generalisten sind in Abbildung 2 dargestellt. Da keine lokalen Messungen der klimatischen Bedingungen oder der Bodenfaktoren in den Plots vorhanden waren, wurden die Umweltbedingungen anhand von Ellenberg-Indikatorwerten (EIV) ermittelt. Diese Werte geben Aufschluss über verschiedene Umweltfaktoren wie Licht, Bodenfeuchtigkeit, Bodenstickstoff und Boden-pH (Ellenberg et al., 1991). Bei dem mittleren EIV für jeden Plot handelt es sich um den Mittelwert der Indikatorwerte von den Pflanzen, die in dem jeweiligen Plot vorkamen.

Vor der Modellierung haben wir die Multikollinearität der einflussnehmenden Variablen untersucht. Der Ellenberg Indikator Wert für Bodenstickstoff wurde, aufgrund hoher Kollinearität mit dem Indikator Wert für Boden-pH, aus dem Modell ausgeschlossen. Ebenso wurden das Alter und die Größe des Waldes aufgrund hoher Kollinearität mit der Artenanzahl pro Wald nicht ins Modell genommen. Diese Variablen wurden jedoch trotzdem berücksichtigt, da die im Modell verbleibenden Variablen, die hoch mit ihnen korreliert sind, deren Einfluss indirekt repräsentieren.

Wir haben „Generalized linear mixed-effects models“ (GLMM) mit Poisson-Verteilung durchgeführt, um den Einfluss von Licht, Bodenfeuchtigkeit, Boden-pH, Artenanzahl im Wald und Landschaftsstruktur auf die lokale Artenanzahl zu untersuchen.

Ergebnisse

Insgesamt wurden in allen Regionen 749 verschiedene Gefäßpflanzenarten erfasst. Die durchschnittliche lokale Artenanzahl pro Plot reichte von 14,1 (Belgien) bis 28,9 (Nordfrankreich). Im Durchschnitt machte der Anteil der Spezialisten 20 % und der Anteil der Generalisten 65 % der Gesamtartenanzahl aus.

Das finale Modell erklärte 27 % der Variation in der Gesamtartenanzahl, 59 % bei den Waldspezialisten und 37 % bei den Generalisten. Je höher die Artenanzahl in einem Wald, desto höher ist die lokale Anzahl an Pflanzenarten. Dies war der Fall sowohl für die Gesamtartenanzahl, als auch für die Waldspezialisten und Generalisten (Abbildung 3). In Bezug auf den Einfluss der Landschaftsstruktur haben wir festgestellt, dass die lokale Artenanzahl von Waldpflanzen in den „Bocage“ Landschaften höher ist. Dies ist der Fall für die Gesamtartenanzahl an Pflanzen, aber auch für Waldspezialisten und Generalisten einzeln (Abbildung 3).

Bei den lokalen Umweltfaktoren zeigten die Lichtverfügbarkeit, die Bodenfeuchtigkeit und der Boden-pH einen quadratischen Zusammenhang mit der lokalen Pflanzenanzahl (Optimumkurve). Die höchste Pflanzenanzahl zeigte sich bei mittleren Umweltbedingungen (Abbildung 4). Zudem wurde eine Nischenaufteilung zwischen Waldspezialisten und Generalisten beobachtet. Geringe Lichtverfügbarkeit und mittlere Bodenfeuchtigkeit begünstigten Waldspezialisten, während Generalisten bei höherer Lichtverfügbarkeit sowie mittlerer und hoher Bodenfeuchtigkeit am häufigsten vertreten waren. Außerdem war die Artenanzahl bei mittlerem Boden pH-Wert am höchsten.

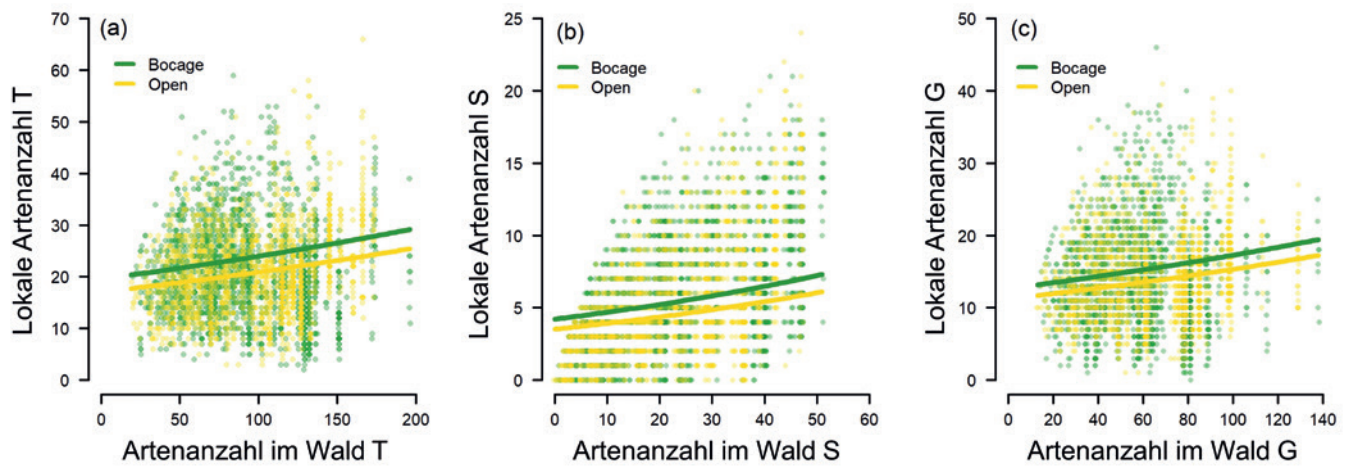


Abbildung 3: Zusammenhang zwischen der lokalen Artenanzahl und der Artenanzahl im Wald für (a) die Gesamtheit der Pflanzenarten, (b) die Waldspezialisten und (c) die Generalisten (abgekürzt mit T, S, G). Plots in der „Bocage“ Landschaft sind grün dargestellt und Plots in der „Open“ Landschaft gelb. Die Datenpunkte sind zur Veranschaulichung mit erhöhter Transparenz dargestellt. Die Abbildung wurde aus Paulssen et al. (2024) übernommen und sprachlich angepasst.

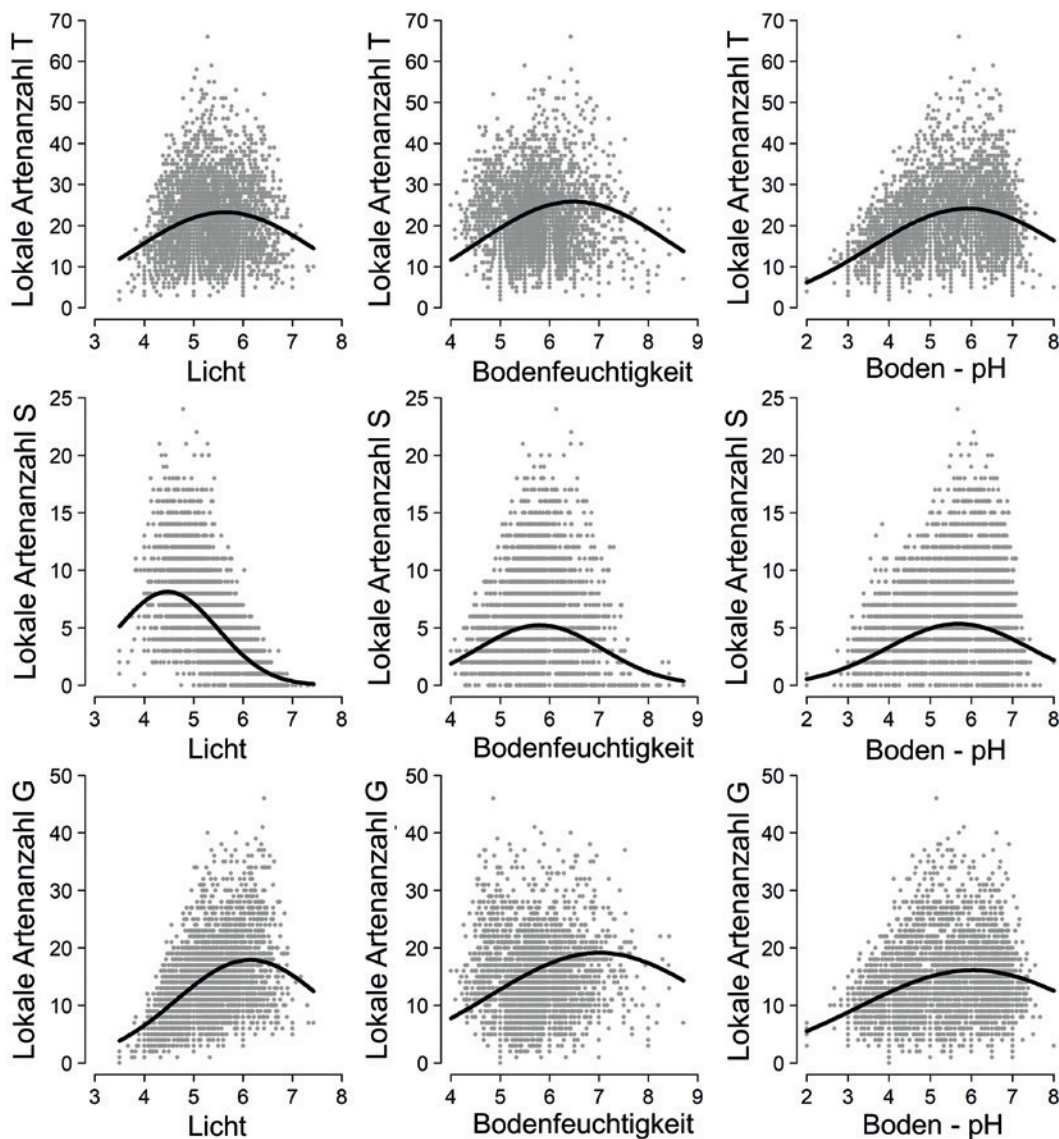


Abbildung 4: Zusammenhang zwischen der lokalen Artenanzahl und der Lichtverfügbarkeit, Bodenfeuchtigkeit und dem pH-Wert des Bodens (basierend auf den Ellenberg-Indikatorwerten). Oben: Gesamtheit der Arten; Mitte: Waldspezialisten; Unten: Generalisten (abgekürzt mit T, S, G). Die Abbildung wurde aus Paulssen et al. (2024) übernommen und sprachlich angepasst.

Diskussion und Fazit

Die Ergebnisse haben gezeigt, dass sich eine Erhöhung der Artenanzahl im Wald positiv auf die lokale Pflanzenanzahl auswirkt. Eine solche positive Beziehung ergibt sich, weil lokale Populationen, z. B. in einem Plot, ihre Arten von einem Artenpool auf einem größeren räumlichen Level, z. B. einem Wald, beziehen (He et al., 2005). Ob eine Art, die einen Wald erreicht hat und sich folglich in diesem Wald-Artenpool befindet, tatsächlich eine Population an einem lokalen Standort ausbildet, hängt von ihrer Ausbreitungsfähigkeit und ihrer Fähigkeit ab, unter den spezifischen lokalen Umweltbedingungen zu wachsen (Pärtel et al., 2013).

Wir haben festgestellt, dass der lokale Artenreichtum von Waldpflanzen in den „Bocage“ Landschaftstypen höher ist als in den „Open“ Landschaftstypen. Dies deutet darauf hin, dass kleine naturnahe Lebensräume wie Hecken, Baumreihen und Sträucher in der umgebenden Landschaftsmatrix die Konnektivität zwischen Wäldern verbessern und die Ausbreitung von Waldpflanzen zwischen Wäldern ermöglichen (Jamoneau et al., 2011; Lenoir et al., 2021). Diese „ökologischen Korridore“ (Jamoneau et al., 2011) erhöhen die Ausbreitungsmöglichkeiten für Pflanzenarten, indem sie die Erreichbarkeit von Lebensräumen verbessern und eine allgemein höhere Durchlässigkeit der Landschaft schaffen. Dies kann dazu führen, dass es mehrere Möglichkeiten gibt, ein Waldstück zu erreichen, und dass Waldpflanzenarten mehr Chancen haben, lokale Populationen in einem Wald zu etablieren. Van Neste et al. (2020) stellten fest, dass lineare Landschaftselemente generell einen geeigneten Lebensraum für viele Waldarten darstellen. Obwohl Generalisten eher ein höheres Ausbreitungsvermögen haben und weniger empfindlich auf die Fragmentierung von Lebensräumen reagieren, als Spezialisten (Verheyen & Hermy, 2001; Brunet et al., 2011), zeigen die Ergebnisse unserer Studie, dass auch Generalisten durch die Fragmentierung von Lebensräumen negativ beeinflusst werden können, wenn die Konnektivität zwischen den Waldstücken gering ist.

Dieser positive Einfluss der „Bocage“ Landschaft auf die lokale Pflanzenvielfalt ist ein wichtiges Ergebnis, denn es zeigt, wie die biologische Vielfalt von Pflanzenarten in Wäldern, die in Agrarlandschaften eingebettet sind, gefördert werden kann. Letzteres unterstreicht, wie wichtig es ist, kleine naturnahe Lebensräume wie Baumreihen, ungenutzte Feldränder und Hecken nicht nur zu erhalten, sondern auch zu erweitern, um die Ausbreitung von Waldspezialisten und Generalisten in Agrarlandschaften zu fördern.

Wir kommen zu dem Schluss, dass Waldspezialisten und Generalisten in ähnlicher Weise von der Landschaftsstruktur, von der Artenanzahl im Wald und vom pH-Wert des Bodens beeinflusst werden, während die Licht- und Bodenfeuchtigkeitsbedingungen unterschiedliche Auswirkungen haben. Die Ergebnisse erweitern unser Verständnis der Faktoren und Prozesse, die die lokale Pflanzenvielfalt prägen, und helfen, die unterschiedlichen Reaktionen von Waldspezialisten und Generalisten zu verstehen.

Danksagung

Ich möchte mich bei dem FLEUR Netzwerk für die Vegetationsdaten und bei Martin Diekmann für die umfassende Unterstützung in diesem Projekt bedanken.

Quellenverzeichnis

- BRUNET, J., VALTINAT, K., MAYR, M. L., FELTON, A., LINDBLADH, M., & BRUUN, H. H. (2011). Understory succession in post-agricultural oak forests: Habitat fragmentation affects forest specialists and generalists differently. *Forest Ecology and Management*, 262(9), 1863–1871. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.08.007>
- DECKERS, B., KERSELAERS, E., GULINCK, H., MUYS, B., & HERMY, M. (2005). Long-term spatio-temporal dynamics of a hedgerow network landscape in Flanders, Belgium. *Environmental Conservation*, 32(1), 20–29. <https://doi.org/10.1017/S0376892905001840>
- ELLENBERG, H., WEBER, H., DÜLL, R., WIRTH, V., WERNER, W., & PAULISSEN, D. (1991). Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scripta Geobotanica*, 18, 1–248.
- GEOPORTAL OF THE EUROPEAN COMMISSION (EUROSTAT) EUROGEOGRAPHICS AND UN-FAO (2020). Co<<<untries, 2020 - Administrative Units - Dataset. Available at <https://ec.europa.eu/eurostat/web/gisco/geodata/reference-data/administrative-units-statistical-units/countries> [Accessed 08 June 2021]
- HE, F., GASTON, K. J., CONNOR, E. F., & SRIVASTAVA, D. S. (2005). The local–regional relationship: immigration, extinction, and scale. *Ecology*, 86(2), 360–365. <https://doi.org/10.1890/04-1449>
- HEINKEN, T., DIEKMANN, M., LIIRA, J., ORCZEWSKA, A., SCHMIDT, M., BRUNET, J., CHYTRÝ, M., CHABRERIE, O., DECOCQ, G., DE FRENNE, P., DŘEVOJAN, P., DZWONKO, Z., EWALD, J., FEILBERG, J., GRAAE, B. J., GRYNES, J.-A., HERMY, M., KRIEBITZSCH, W.-U., LAIVIŅŠ, M., ... VAN NESTE, T. (2022). The European Forest Plant Species List (EuFor-Plant): Concept and applications. *Journal of Vegetation Science*, 33(3), e13132. <https://doi.org/10.1111/jvs.13132>
- JAMONEAU, A., SONNIER, G., CHABRERIE, O., CLOSSET-KOPP, D., SAGUEZ, R., GALLET-MORON, E., & DECOCQ, G. (2011). Drivers of plant species assemblages in forest patches among contrasted dynamic agricultural landscapes: Local species diversity in forest meta-communities. *Journal of Ecology*, 99(5), 1152–1161. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2011.01840.x>
- JOINT RESEARCH CENTRE, INSTITUTE FOR ENVIRONMENT AND SUSTAINABILITY, ESTREGUIL, C., CAUDULLO, G., DE RIGO, D. (2013). Forest landscape in Europe: pattern, fragmentation and connectivity. Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2788/77842>
- KENNEDY, C. M., OAKLEAF, J. R., THEOBALD, D. M., BARUCH-MORDO, S., & KIESECKER, J. (2019). Managing the middle: A shift in conservation priorities based on the global human modification gradient. *Global Change Biology*, 25(3), 811–826. <https://doi.org/10.1111/gcb.14549>

- LENOIR, J., DECOCQ, G., SPICHER, F., GALLET-MORON, E., BURIDANT, J., & CLOSSET-KOPP, D. (2021). Historical continuity and spatial connectivity ensure hedgerows are effective corridors for forest plants: Evidence from the species–time–area relationship. *Journal of Vegetation Science*, 32(1), e12845. <https://doi.org/10.1111/jvs.12845>
- PAULSSEN, J., BRUNET, J., COUSINS, S. A. O., DECOCQ, G., DE FRENNE, P., DE SMEDT, P., HEDWALL, P., LENOIR, J., LIIRA, J., LINDGREN, J., NAAF, T., PAAL, T., VALDÉS, A., VERHEYEN, K., WULF, M., & DIEKMANN, M. (2024). Patterns of local plant diversity and community saturation in deciduous forests in Europe. *Journal of Vegetation Science*, 35(6), e13318. <https://doi.org/10.1111/jvs.13318>
- PÄRTEL, M., SZAVA-KOVATS, R., & ZOBEL, M. (2013). Community completeness: Linking local and dark diversity within the species pool concept. *Folia Geobotanica*, 48(3), 307–317. <https://doi.org/10.1007/s12224-013-9169-x>
- POSCHLOD, P., & BRAUN-REICHERT, R. (2017). Small natural features with large ecological roles in ancient agricultural landscapes of Central Europe - History, value, status, and conservation. *Biological Conservation*, 211, 60–68. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.12.016>
- SMALL FOREST. BIODIVERSA+ EUROPEAN BIODIVERSITY PARTNERSHIP
Available at <https://www.biodiversa.eu/2022/10/31/smallforest>
[Accessed 12 March 2024]
- TSCHARNTKE, T., KLEIN, A. M., KRUESS, A., STEFFAN-DEWENTER, I., & THIES, C. (2005). Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management. *Ecology Letters*, 8(8), 857–874. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00782.x>
- VALDÉS, A., LENOIR, J., DE FRENNE, P., ANDRIEU, E., BRUNET, J., CHABRIER, O., COUSINS, S. A. O., DECONCHAT, M., DE SMEDT, P., DIEKMANN, M., EHRLMANN, S., GALLET-MORON, E., GÄRTNER, S., GIFFARD, B., HANSEN, K., HERMY, M., KOLB, A., LE ROUX, V., LIIRA, J., ... DECOCQ, G. (2020). High ecosystem service delivery potential of small woodlands in agricultural landscapes. *Journal of Applied Ecology*, 57(1), 4–16. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13537>
- VANNESTE, T., GOVAERT, S., DE KESEL, W., VAN DEN BERGE, S., VANGANSBEKE, P., MEEUSSEN, C., BRUNET, J., COUSINS, S. A. O., DECOCQ, G., DIEKMANN, M., GRAAE, B. J., HEDWALL, P.-O., HEINKEN, T., HELSEN, K., KAPÁS, R. E., LENOIR, J., LIIRA, J., LINDMO, S., LITZA, K., ... DE FRENNE, P. (2020). Plant diversity in hedgerows and road verges across Europe. *Journal of Applied Ecology*, 57(7), 1244–1257. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13620>
- VERHEYEN, KRIS., & HERMY, MARTIN (2001). Spatio-temporal colonization patterns of forest plant species in a mixed deciduous forest. *Journal of Vegetation Science*, 12(4), 567–578. <https://doi.org/10.2307/3237008>
- WILCOX, B. A., & MURPHY, D. D. (1985). Conservation strategy: The effects of fragmentation on extinction. *The American Naturalist*, 125(6), 879–887. <https://doi.org/10.1086/284386>
- WILSON, M. C., CHEN, X. Y., CORLETT, R. T., DIDHAM, R. K., DING, P., HOLT, R. D., HOLYOAK, M., HU, G., HUGHES, A. C., JIANG, L., LAURANCE, W. F., LIU, J., PIMM, S. L., ROBINSON, S. K., RUSSO, S. E., SI, X., WILCOVE, D. S., WU, J., & YU, M. (2016). Habitat fragmentation and biodiversity conservation: Key findings and future challenges. *Landscape Ecology*, 31(2), 219–227. <https://doi.org/10.1007/s10980-015-0312-3>

Kontakt

Jolina Paulssen, M.Sc.
Universität Bremen,
AG Vegetationsökologie und Naturschutzbiologie
James-Watt-Straße 1, 28359 Bremen
jolina@uni-bremen.de





Julia Lüdemann

Biodiversitätsentwicklung in Freiflächen-Photovoltaikanlagen – Einflussfaktoren und Wechselwirkungen nutzbar machen?



Foto: L. Schulz

In einfachen Worten:

Womit beschäftigst du dich in deiner Arbeit?

Ich beschäftige mich mit den Auswirkungen von Freiflächen-Solaranlagen auf die lokale Biodiversität. Dabei schaue ich mir vor allem die Zusammenhänge zwischen Ort/Umgebung, Bau- und Betriebszeit, technischer Ausgestaltung und Management der Anlage mit der Entwicklung der lokalen Pflanzen- und Tiervielfalt an. Die verschiedenen Einflussfaktoren und Wechselwirkungen habe ich in einem Framework grafisch dargestellt.

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

Mich fasziniert vor allem die Vielschichtigkeit der Natur und die Tatsache, dass immer wieder Unerwartetes zu finden ist. Jedes noch so kleine Lebewesen hat eine Aufgabe und alles steht miteinander in Verbindung. Das macht die Forschung in diesem Bereich zugleich komplex und wundervoll. In einer globalisierten Welt mit kompliziert-vernetzten Krisen und immer drängender werdenden Herausforderungen dürfen wir nicht vergessen, wie viel wir noch von der Natur lernen können.

Was hat dich in deiner Arbeit am meisten überrascht?

Wie wenig empirische, quantitative Daten tatsächlich zu Biodiversität in Freiflächen Photovoltaikanlagen zu finden sind, obwohl der Bedarf schon länger feststeht und sich inzwischen viele wissenschaftliche und politische Institutionen mit dem Thema befassen. Gleichzeitig finde ich aber auch wöchentlich neue Informationen und es kommen immer wieder Studien von laufenden Projekten hinzu, die genau wie mein Dissertationsprojekt noch nicht abgeschlossen sind.

Welche Denkanstöße und Empfehlungen möchtest du Praktikerinnen und Praktikern oder Politikerinnen und Politikern mit auf dem Weg geben?

Freiflächen-Photovoltaikanlagen haben ein großes Potential zum Baustein einer vielfach genutzten, schönen und gleichzeitig biodiversitätsfördernden Landschaft zu werden. Dafür müssen Naturschutz, Politik und Praxis zusammenarbeiten. Es braucht eine integrative Planung, die mit regionalen Expertinnen und Experten eine angepasste Ausgestaltung und ein Pflegekonzept für die Anlage entwickelt. Damit das real umsetzbar ist, müssen Fördermöglichkeiten oder andere Planungsvorteile geschaffen werden. Außerdem ist ein standardisiertes Monitoring notwendig, um eine bessere Datengrundlage für politische Förderung und Planungssicherheit zu schaffen.

Biodiversitätsentwicklung in Freiflächen-Photovoltaikanlagen – Einflussfaktoren und Wechselwirkungen nutzbar machen?

Biodiversity development in ground mounted photovoltaic systems – harnessing influencing factors and interactions?

Julia Lüdemann

Zusammenfassung

Es gibt zahlreiche Leitfäden und Vorschriften, um den Ausbau an Freiflächen-Photovoltaik naturfreundlich zu gestalten. Diese setzen Wirkzusammenhänge zwischen PV-Anlagen und der lokalen Biodiversitätsentwicklung voraus. Es fehlt allerdings an empirischen Daten, um die tatsächlichen Effekte zu belegen. Im vorliegenden Framework werden die in der Literatur gefundenen Einflussfaktoren (Umgebung, Vornutzung, Bauprozess, technische Ausgestaltung, Management) sowie deren Effekte und Wechselwirkungen in räumliche und zeitliche Dimensionen geordnet. Diese können auf Basis weitergehender Untersuchungen für eine gezielte Steuerung der Biodiversitätsentwicklung (z. B. für Artenschutz) eingesetzt werden.

Solarenergie, Energiewende, Naturschutz, Artenvielfalt, Landnutzungskonflikte

Abstract

There are numerous guidelines and regulations to make the expansion of ground-mounted photovoltaics nature-friendly. These presuppose interdependencies between PV systems and local biodiversity development. However, there is a lack of empirical data to prove the actual effects. In this framework, the influencing factors found in the literature (surroundings, previous use, construction process, technical design, management) and their effects and interactions are organized in spatial and temporal dimensions. Based on further studies, these can be used for the targeted management of biodiversity development (e.g. for species protection).

Solar energy, energy transition, nature conservation, species richness, land use conflicts

doi: 10.23766/NiPF.202501.08

Warum müssen Biodiversitätseffekte von Freiflächen-Photovoltaikanlagen untersucht werden?

Um die deutschen Klimaziele und insbesondere die Energiewende bis 2045 zu erreichen, wurde in den letzten Jahren vermehrt auf eine Beschleunigung im Ausbau erneuerbarer Energien gesetzt. Im Zuge dessen diskutieren Wissenschaft, Praxis und Politik immer wieder über die Wirkungen verschiedener Technologien auf Natur und Umwelt. Beispielsweise ist für die Solarenergieerzeugung ein Ausbau von 99,3 Gigawatt (GW) am Jahresende 2024 auf 215 GW bis 2030 geplant, welcher etwa zur Hälfte in Form von Freiflächen-Photovoltaikanlagen (FF-PV) erfolgen soll (Bundesnetzagentur, 2025). Die Potenziale für eine naturfreundliche Gestaltung von FF-PV-Anlagen, oder sogar eine Mehrfachnutzung der Fläche, z. B. für den naturschutzfachlichen Ausgleich, werden immer wieder hervorgehoben (z. B. Dubina et al., 2022; Feldmeier et al., 2024), sind bisher jedoch nur teilweise mit empirischen Daten belegt. Herausforderungen sind hierbei die geringe Anzahl an quantitativen Untersuchungen sowie die Vergleichbarkeit der vorhandenen Ergebnisse. Viele Felduntersuchungen sind nur in wenigen Anlagen oder in kurzen Zeiträumen erfolgt und nutzen unterschiedliche Methoden und Bewertungsebenen (Schlegel, 2021). Trotzdem gibt es zahlreiche Leitfäden für die naturfreund-

liche Gestaltung von FF-PV-Anlagen, in denen Zusammenhänge zwischen den Anlagen und der lokalen Biodiversitätsentwicklung vorausgesetzt werden (z. B. BSW & NABU, 2021; KNE, 2024).

Auch von Seiten des Gesetzgebers gibt es Vorgaben, um negative Auswirkungen auf Natur und Umwelt zu vermeiden. So ist laut Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) § 37 der Bau von FF-PV-Anlagen in Schutzgebieten nach BNatSchG sowie in FFH und Natura-2000 Gebieten nicht möglich. Der Ausbau soll stattdessen vorrangig auf benachteiligten oder vorbelasteten Flächen erfolgen, z. B. auf Konversionsflächen und entlang von Verkehrswegen. Um zusätzlich einen naturfreundlichen, biodiversitätsfördernden Ausbau voranzutreiben, wurden 2024 durch das „Solarpaket I“ fünf Naturschutzkriterien festgelegt. Davon müssen mindestens drei bei der Planung neuer Anlagen berücksichtigt und durch den Netzbetreiber kontrolliert werden (BMWK, 2024):

- Maximal 60 % der Gesamtfläche ist von PV-Modulen überdeckt
- „Biodiversitätsförderndes Pflegekonzept“ mit entweder an den Flächenertrag angepasster Beweidung oder zweischüriger Mahd mit Entnahme des Mahdgutes
- Maximal 60 % der Gesamtfläche ist von PV-Modulen überdeckt



- „Biodiversitätsförderndes Pflegekonzept“ mit entweder an den Flächenertrag angepasster Beweidung oder zweischüriger Mahd mit Entnahme des Mahdgutes
- Durchgängigkeit für Kleintiere bei der Umzäunung (15 cm Boden-Abstand) und ab 500 m Zaunlänge Wanderkorridore für große Säugetiere
- Biotopelemente auf mindestens 10 % der Fläche, z. B. heimische Gehölze/Hecken, regionales Saatgut, Kleingewässer
- Bodenschonender Betrieb durch Verzicht auf Pflanzenschutz- oder Düngemittel und umweltschädliche Reinigungsmittel

Inwieweit die Umsetzung der Empfehlungen aus den Leitfäden oder der benannten Naturschutzkriterien tatsächlich zu einer Förderung der Biodiversität beiträgt, kann aufgrund der oben beschriebenen Datenlücke zu diesem Zeitpunkt noch nicht gesagt werden. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es daher, zu verstehen, inwiefern sich die verschiedenen Parameter einer Freiflächen-Photovoltaikanlage auf die lokale Biodiversitätsentwicklung auswirken, welche Wechselwirkungen es gibt und wie diese möglicherweise nutzbar gemacht werden können. Hierzu wird ein Framework zum Überblick über die beschriebenen Wirkzusammenhänge entwickelt. Dieses soll im Rahmen der Dissertation der Autorin als Grundlage für weiterführende Literaturuntersuchungen und die Entwicklung eines standardisierten Monitoring-Konzeptes für FF-PV-Anlagen dienen.

Wie wurde das Framework erstellt und welche Parameter wurden einbezogen?

Zunächst wurde ein Überblick über die verfügbare Literatur zu Auswirkungen von FF-PV-Anlagen auf die lokale Biodiversität gewonnen und die oben erwähnten Herausforderungen (v. a. Mangel an quantitativen Daten) sowie die nachfolgend beschriebenen Zusammenhänge und Effekte identifiziert. Durch eine Einordnung in räumliche und zeitliche Dimensionen wurden die Effekte, Variablen und Wechselwirkungen anschließend in Form des Frameworks aufbereitet. Die einzelnen Elemente wurden größtenteils aus Leitfäden und anderer grauer Literatur entnommen und durch qualitative Ergebnisse aus wissenschaftlichen Artikeln und Literatur-Reviews verfeinert.

Um den Untersuchungsgegenstand abzugrenzen, wurde der Fokus zunächst ausschließlich auf FF-PV-Anlagen über Grünland gelegt. Auch wenn ähnliche Effekte beispielsweise bei Anlagen auf Deponien, Gewässern oder ackerbaulich genutzten Flächen wiederzufinden sind, würde die Darstellung der zusätzlichen technischen und ökologischen Faktoren das Framework zu unübersichtlich machen.

Bei der Betrachtung der Biodiversität wird vornehmlich die Entwicklung der Flora und Fauna auf der Fläche der Anlage in den Fokus genommen, also die Vielfalt an Arten und ihre Verteilung (Härdtle, 2024). Die Wirkung auf Mikroorganismen und die Vielfalt an Ökosystemen werden eher als Zwischenschritte mitbe-

dacht. Die genetische und die funktionale Diversität werden in der Diskussion aufgegriffen. In der räumlichen Dimension beinhaltet die PV-Anlage die gesamte Fläche, die Eigentumsrechtlich zur Anlage gehört und meist baulich abgegrenzt ist (Feldmeier et al., 2024). Dies umfasst alle technischen Anlagen und ggf. ausgesparte Flächen innerhalb der Umzäunung. Die Umgebung definiert sich durch ihren potenziellen Einfluss auf die Biodiversitätsentwicklung in der Anlage und umfasst daher direkt angrenzende Flächen, aber auch Biotope, welche sich z. B. im Radius für Pollenflug, Wasseraustausch oder Jagd/Nahrungssuche verschiedener Tierarten befinden (Blaydes et al., 2022; Uldrijan et al., 2021).

Die zeitliche Dimension umfasst die Standortwahl und Planung der Anlage, den Bauprozess und die Betriebszeit. Innerhalb dieser Phasen können verschiedene Einflüsse durch die Ausgestaltung und den Betrieb der PV-Anlage auf ihre Umwelt und damit die Biodiversitätsentwicklung wirken. Einige Einflussfaktoren treten nur einmalig bzw. über einen kurzen Zeitraum auf (z. B. Boden aufbrechen für den Bau). Die anderen Faktoren können über die gesamte Nutzungsdauer der Anlage wirken, dabei aber entweder über die Zeit gleichbleibend (z. B. bauliche Ausgestaltung) oder schwankend (z. B. Management) bzw. stärker oder schwächer werdend (z. B. Umgebung) sein (Hernandez et al., 2014).

Was nach Ablauf der vorgesehenen Betriebszeit mit der Photovoltaikanlage samt etablierter Diversität geschieht (z. B. „Repowering“ oder Rückbau), hängt wiederum von einem weiterführenden Set an sozio-ökonomischen Faktoren ab. Daher wurden die End-of-life-Szenarien für das vorliegende Framework vorerst ausgeklammert. Gleiches gilt für eine Einordnung der Effekte als positiv oder negativ. Eine solche Wertung hängt von der jeweiligen Zielfrage ab und kann meist nur standortspezifisch getroffen werden. Beispielsweise könnte eine höhere Artenvielfalt als Beitrag gegen den Diversitätsverlust positiv angesehen werden, ist aber ggf. weniger „wert“ als der Erhalt dessen, was vorher auf der Fläche war, bzw. die gezielte Förderung einer bedrohten Art oder gewünschten Ökosystemdienstleistung.

Wie stellen sich die Einflussfaktoren, Variablen und Wirkzusammenhänge für die Biodiversitätsentwicklung in Freiflächen-Photovoltaikanlagen im Framework dar?

Das vorliegende Framework stellt die gefundenen Einflussfaktoren, Variablen und Wirkzusammenhänge ausgehend von einer FF-PV-Anlage auf die Entwicklung von Flora und Fauna innerhalb der Fläche dar. Im Folgenden werden einige Beispiele dieser Effekte und Zusammenhänge näher beschrieben. Die Zahlen und Buchstaben in eckigen Klammern beziehen sich jeweils auf einen Pfeil aus der Abbildung 1.

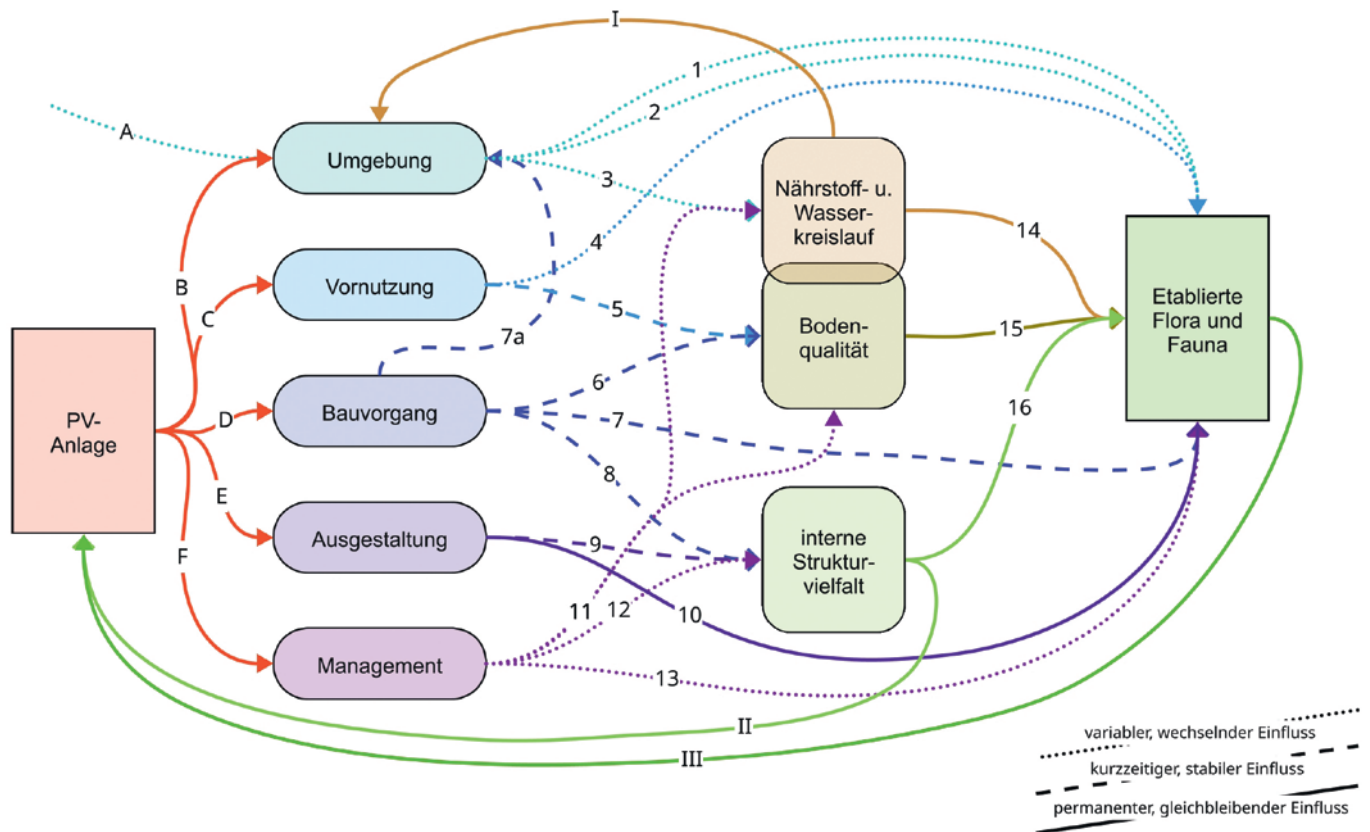


Abbildung 1: Framework – Wirkzusammenhänge für die Biodiversitätsentwicklung in Freiflächen-Photovoltaikanlagen.
Grafik: J. Lüdemann

Aus der Literatur ergeben sich fünf Einflussfaktoren, die teilweise direkt diskutiert oder in Zusammenhang mit anderen Wirkungen genannt werden (z. B. Dubina et al., 2022; Günnewig et al., 2007):

- die Umgebung und darin eingebunden die Standortwahl,
- die Vornutzung der Fläche bzw. der Ausgangszustand der Biodiversität vor Ort,
- der Bauprozess und die damit verbundenen Eingriffe,
- der physische Aufbau der PV-Anlage und ggf. zusätzliche bauliche Maßnahmen
- das Management bzw. die Pflege der Anlagenfläche.

Der Einfluss der Umgebung ist vor allem in der ersten Vegetationsperiode nach Bau der PV-Anlage bemerkbar, da die Wiederbesiedelung der Fläche (ohne Saatgutausbringung) durch natürliche Sukzession, also z. B. auch Sameneintrag aus der Umgebung [1], geschieht (Raab, 2015). Außerdem kann die umgebende Fauna die Fläche der PV-Anlage mitnutzen oder es können sich Tiere in der Anlage ansiedeln, welche auch die umgebenden Biotope nutzen [2] (Lieder & Lumpe, 2011). Es besteht also eine variierende Wechselwirkung über die gesamte Laufzeit.

Die Vornutzung bestimmt maßgeblich den bio-geo-chemischen Ausgangszustand der Anlagenfläche, also welche Pflanzen sich aus Samenbanken wieder ansiedeln können [4] (Lambert et al.,

2022) und wie die Bodenqualität zu Beginn ist [5]. Durch eine gezielte Flächenauswahl [C] kann somit eine potenzielle Aufwertung vorbelasteter Flächen und ein Zuwachs an Biodiversität erfolgen (Thiele, 2024).

Als besonders disruptiver Faktor kann der Bauprozess selbst gesehen werden. Die vorhandene Flora und Fauna (auch in der Umgebung [7a]) werden durch das Aufbrechen des Bodens [6] (Lambert et al., 2022) und den Lärm bzw. die Menschliche Aktivität [7] (Feldmeier et al., 2024) erheblich gestört. Dadurch wird erst die Grundlage für eine neue Entwicklung der Artenzusammensetzung geschaffen. Durch gezielte Aussparung von strukturgebenden Biotopen [8], das Umsiedeln von Tierarten und das Einhalten von Ruhezeiten [D] können hier besonders negative Wirkungen vermieden und positive Effekte gefördert werden (Dubina et al., 2022; KNE 2024).

Die technische und physische Ausgestaltung der PV-Anlage wird ebenfalls durch die Planung [E] bestimmt und bleibt über die gesamte Lebenszeit beständig. Durch Parameter wie z. B. Modulhöhe, Reihenabstände und Zaungestaltung kann beeinflusst werden, welche und wie viele Mikroklimata und Habitate entstehen [9], wie die Lichtverfügbarkeit für Pflanzenwachstum ist und wie sich die Zugänglichkeit/Störwirkung für verschiedene Tierarten gestaltet [10] (KNE, 2024; Peschel, 2010). Außerdem kann die Biodiversität durch das Ausbringen regionaler Blütmischungen und den Aufbau zusätzlicher Strukturelemente/Biotope gefördert werden (BSW & NABU, 2021).

Ebenfalls über die gesamte Lebenszeit der PV-Anlage, aber entsprechend des Managementplans [F] in wechselnder Intensität, ist der Einfluss der Anlagenpflege auf die Biodiversität. Je nach Zielsetzung können z. B. durch Mahd oder Beweidung die Etablierung bestimmter Artengruppen gefördert werden [13] (Dubina et al., 2022) und gleichzeitig ein zusätzlicher Ertrag erzielt werden (Demuth et al., 2019). Außerdem sollte auf den Einsatz von Agrochemikalien und umweltschädlichen Reinigungsmitteln verzichtet [11] und die Pflege gewünschter Strukturelemente einbezogen werden [12] (Peschel, 2010).

Neben den fünf Haupteinflussfaktoren werden im Framework drei Übergangsvariablen dargestellt, in denen sich einige der Effekte bündeln und, die sich wiederum auf die Biodiversitätsentwicklung auswirken oder auf die Anlage zurückwirken. Dazu gehören die Nährstoff- und Wasserkreisläufe, die mit den umgebenden Flächen in Verbindung stehen [3, I], und gemeinsam mit der Bodenqualität (je nach Bearbeitung und Wertzusammensetzung) die Etablierung einer angepassten Pflanzensammensetzung auf der Fläche bestimmen [14, 15] (Demuth et al., 2019; Lambert et al., 2021; Meyer et al., 2023). Die interne Strukturvielfalt wird ebenfalls durch mehrere Einflussfaktoren bedingt. Sie wirkt sich durch die Zusammensetzung an verfügbaren Nischen auf die Biodiversitätsentwicklung aus [16] (Lambert et al., 2021) und kann außerdem zur Aufwertung der optischen Einpassung in die Landschaft [III] und damit einer verbesserten Akzeptanz beitragen (Schlegel 2021).

Als Output ist im Framework die neu etablierte Zusammensetzung von Flora und Fauna dargestellt, welche sich durch die zuvor erklärten Einflüsse über die Lebensdauer der PV-Anlage weiter verändern kann. Als Momentaufnahme hat diese entstandene Biodiversität aber ebenfalls eine Rückwirkung auf die PV-Anlage [III] (Schlegel, 2021), da sie je nach Artenzusammensetzung verschiedene Ökosystemdienstleistungen wie z. B. Bestäubung (Meyer et al., 2023) erbringen und zur Akzeptanz der Anlage beitragen kann (Peschel, 2010).

Wie können die Effekte und Wechselwirkungen von Freiflächen-Photovoltaikanlagen auf die lokale Biodiversitätsentwicklung nutzbar gemacht werden?

Das Framework zeigt, dass in und durch FF-PV-Anlagen auf verschiedenen räumlichen und zeitlichen Ebenen Einflüsse auf die Entwicklung der lokalen Biodiversität bestehen. Diese Einflussfaktoren stehen teilweise miteinander in Wechselwirkung und wirken auch auf die PV-Anlage zurück. Das in der Literatur beschriebene Potenzial für naturfreundliche oder sogar Biodiversität fördernde Anlagen, ebenso wie die potenziellen negativen Einflüsse, hängen maßgeblich von der Planung und dem Betrieb der PV-Anlage und damit den hier identifizierten Wirkzusammenhängen ab. Solange nur wenig quantitative Belege für die tatsächlichen Effekte vorliegen, müssen diese Zusammenhänge weitgehend standortspezifisch untersucht und umgesetzt werden, um sie für

eine gezielte Wirkung nutzbar machen zu können. Um also eine hohe Diversität oder ein bestimmtes Ziel (z. B. Schutz bedrohter Arten) zu erreichen, sollten die vorgelagerten Einflussfaktoren bereits in der Planung der FF-PV-Anlage bedacht und entsprechend gesteuert werden. Dies setzt voraus, dass die beschriebenen Wirkzusammenhänge noch weiter beforscht und bestenfalls mit quantitativen Daten aus standardisierten Felduntersuchungen/Monitorings belegt werden. Für die Zukunft wäre eine weitergehende politische Unterstützung für den biodiversitätsfördernden Ausbau der Photovoltaik wünschenswert, damit der entstehende Mehraufwand gedeckt oder sogar eine Vergütung der Zusatzleistung für Natur und Gesellschaft möglich wird.

Danksagung

Ich danke allen Menschen, die mich auf meiner Promotionsreise begleiten und unterstützen.

Die vorliegenden Forschungsarbeiten sind Teil der vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unterstützten sozial-ökologischen Nachwuchsforschungsgruppe „SteuerBoard Energie“.

Quellenverzeichnis

- BLAYDES, H., GARDNER, E., WHYATT, J. D., POTTS, S. G., & ARMSTRONG, A. (2022). Solar park management and design to boost bumble bee populations. *Environmental Research Letters*, 17(4).
- BMWK, (BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND KLIMASCHUTZ). (2024). Naturschutzfachliche Mindestkriterien bei PV-Freiflächenanlagen.
- BSW, (BUNDESVERBAND SOLARWIRTSCHAFT E.V.), & NABU, (NATURSCHUTZBUND DEUTSCHLAND E. V.). (2021). Kriterien für naturverträgliche Photovoltaik-Freiflächenanlagen—Gemeinsames Papier, Stand April 2021.
- BUNDESNETZAGENTUR. (2025). Ausbau Erneuerbarer Energien 2024. https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2025/20250108_EE.html
- DEMUTH, B., MAACK, A., & SCHUMACHER, J. (2019). Photovoltaik-Freiflächenanlage: Planung und Installation mit Mehrwert für den Naturschutz (Heft 6; S. 30). Bundesamt für Naturschutz.
- DUBINA, L., BONADIO, J., CHEVILLARD, N., ROSSI, R., DI BLASI, M., DUBOIS, A., KRIJGVELD, K., ROSENBERG, W., TAGLIAPIETRA, M., TRIP, S., VANDEST, E., & WANCKEL, M. (2022). Solar, Biodiversity, Land Use: Best Practice Guidelines. SolarPower Europe.
- FELDMEIER, DR. S., FOLZ, S., KONRAD, J., MÜLLER, D., & SEIBERT, M. (2024). Möglichkeiten und Grenzen des artenschutzrechtlichen Ausgleichs in Solarparks. KNE.
- GÜNNIEWIG, D., SIEBEN, A., PÜSCHEL, M., BOHL, J., & MACK, M. (2007). Leitfaden zur Berücksichtigung von Umweltbelangen bei der Planung von PV-Freiflächenanlagen (S. 126). Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.
- HÄRDTLE, W. (2024). Was ist Biodiversität? In W. Härdtle (Hrsg.), Biodiversität, Ökosystemfunktionen und Naturschutz (S. 1–26). Springer.
- 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 & Sustainable Energy Reviews*, 29.
- KNE, (KOMPETENZZENTRUM NATURSCHUTZ UND ENERGIEWENDE). (2024). Naturverträgliche Gestaltung von Solarparks - Maßnahmen und Hinweise zur Gestaltung. https://www.naturschutz-energieewende.de/wp-content/uploads/KNE_Kriterienkatalog-zur-naturvertraeglichen-Anlagengestaltung-PV-Freiflaechenanlagen.pdf
- LAMBERT, Q., BISCHOFF, A., CUEFF, S., CLUCHIER, A., & GROS, R. (2021). Effects of solar park construction and solar panels on soil quality, microclimate, CO₂ effluxes, and vegetation under a Mediterranean climate. *Land Degradation & Development*, 32(18).
- LAMBERT, Q., GROS, R., & BISCHOFF, A. (2022). Ecological restoration of solar park plant communities and the effect of solar panels. *Ecological Engineering*, 182.
- LIEDER, K., & LUMPE, J. (2011). Vögel im Solarpark – eine Chance für den Artenschutz? Auswertung einer Untersuchung im Solarpark Ronneburg „Süd I“ (S. 11 S.). <http://archiv.windenergetage.de/20F3261415.pdf>
- MEYER, M. H., DULLAU, S., SCHOLZ, P., MEYER, M. A., & TISCHEW, S. (2023). Bee-Friendly Native Seed Mixtures for the Greening of Solar Parks. *Land*, 12(6).
- PESCHEL, T. (2010). Solarparks – Chancen für die Biodiversität. Erfahrungsbericht zur biologischen Vielfalt in und um Photovoltaik-Freiflächenanlagen. (Renews Spezial Ausgabe 45; S. 35 S.). Agentur für Erneuerbare Energien e. V.
- RAAB, B. (2015). Erneuerbare Energien und Naturschutz—Solarparks können einen Beitrag zur Stabilisierung der biologischen Vielfalt leisten. *Anliegen Natur*, 1(37).
- SCHLEGEL, J. (2021). Auswirkungen von Freiflächen-Photovoltaikanlagen auf Biodiversität und Umwelt (Literaturstudie; S. 72). EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie BFE.
- THIELE, J. (2024). Kriterien für eine naturverträgliche Standortwahl von Solar-Freiflächenanlagen. KNE.
- ULDRIAN, D., KOVACIKOVA, M., JAKIMIUK, A., VAVERKOVA, M. D., & WINKLER, J. (2021). Ecological effects of preferential vegetation composition developed on sites with photovoltaic power plants. *Ecological Engineering*, 168.

Kontakt

Julia Lüdemann, M.Sc.
ECOLOG-Institut für sozial-ökologische Forschung
und Bildung gGmbH
Wichernstraße 34, Eingang B
21335 Lüneburg
julia.luedemann@ecolog-institut.de





Jana Linnebank

Bruthabitatwahl und Bruterfolg von Vögeln innerhalb verschiedener Varianten von Kurzumtriebsstreifen in einem modernen silvoarablen Agroforstsystem



Agroforstsystem Wendhausen. Foto: J. Linnebank

In einfachen Worten:

Womit beschäftigst du dich in deiner Arbeit?

Ich habe untersucht, welche Brutplätze Vögel innerhalb verschiedener Varianten von Kurzumtriebsstreifen in einem modernen Agroforstsystem bevorzugen. Dabei analysierte ich, welche Varianten für Brutvögel besonders attraktiv sind und welche Auswirkungen Kurzumtriebsstreifen auf Offenlandarten wie die Feldlerche haben.

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

Besonders spannend finde ich die Möglichkeit, wissenschaftliche Erkenntnisse zu gewinnen, die direkt in den praktischen Naturschutz einfließen können. Es fasziniert mich, zu verstehen, wie menschliche Landnutzung mit Biodiversität in Einklang gebracht werden kann und welche Maßnahmen tatsächlich zur Förderung von Artenvielfalt beitragen.

Was hat dich in deiner Arbeit am meisten überrascht?

Ich war überrascht, wie deutlich sich die Wahl der Gehölzarten auf die Brutvogelgemeinschaft auswirkt. Besonders heimische Gehölze machen einen großen Unterschied, weil sie mehr Schutz und Nahrung bieten.

Welche Denkanstöße und Empfehlungen möchtest du Praktikerinnen und Praktikern oder Politikerinnen und Politikern mit auf dem Weg geben?

Agroforstsysteme mit Kurzumtriebsstreifen können Lebensräume für Brutvögel schaffen, wenn sie passend gestaltet werden – insbesondere durch den Einsatz heimischer Gehölze. Gleichzeitig sollte darauf geachtet werden, Offenlandarten wie die Feldlerche nicht durch Anlegen von Kurzumtriebsstreifen in ihren bevorzugten Lebensräumen zu verdrängen. Eine durchdachte Landschaftsplanung kann dabei helfen, landwirtschaftliche Nutzung und Artenschutz besser miteinander in Einklang zu bringen.

Bruthabitatwahl und Bruterfolg von Vögeln innerhalb verschiedener Varianten von Kurzumtriebsstreifen in einem modernen silvoarablen Agroforstsystem

Breeding Habitat Selection and Breeding Success of Birds within Different Variants of Short Rotation Coppice Strips in a Modern Silvoarable Agroforestry System

Jana Linnebank

Zusammenfassung

Die Intensivierung der Landwirtschaft führt zum Verlust von Lebensräumen und einem Rückgang der biologischen Vielfalt. Kurzumtriebsstreifen (KUS) können eine Möglichkeit bieten, Landwirtschaft und Biodiversität besser zu vereinen. Diese Studie untersucht die Auswirkungen von drei KUS-Varianten auf Brutvögel in Niedersachsen: KUS-Ökologisch, KUS-Konventionell und KUS-Aspen. Die Ergebnisse zeigen, dass KUS-Ökologisch mit heimischen Gehölzen die meisten Brutpaare anzieht, während KUS-Aspen eher als Sing- und Sitzwarte genutzt wird. Für die Feldlerche (*Alauda arvensis*), die als Offenlandart höhere Gehölze meidet, besteht eine Gefahr der Verdrängung durch KUS.

Biodiversität, Avifauna, Agroforstsystem, Kurzumtriebsstreifen, Feldlerche

Abstract

The intensification of agriculture is leading to a loss of habitats and a decline in biodiversity. Short-rotation coppice strips (CS) can offer an opportunity to better reconcile agriculture and biodiversity. The study examines the effects of three CS variants on breeding birds in Lower Saxony: CS-Ecological, CS-Conventional and CS-Aspen. The results show that CS-Ecological with native woody plants attracts the most breeding birds regarding number of territories, while CS-Aspen is used more as a perching site. The skylark (*Alauda arvensis*), as an open land species, avoids the higher copses and only occurs at greater distances from CS.

Biodiversity, Avifauna, Agroforestry System, Short Rotation Coppice Strips, Skylark

doi: 10.23766/NiPF.202501.09

Hintergrund und Zielsetzung

Durch die Intensivierung der Landwirtschaft entfallen wichtige Lebensräume und Landschaftsstrukturen wie Hecken, Feldsäume sowie extensiv bewirtschaftete Acker- und Grünlandflächen (Burns et al., 2016; Busch et al., 2020; Donald et al., 2001, 2002; Hertzog et al., 2023; Kamp et al., 2021; Richner et al., 2015). Dies hat einen Rückgang der biologischen Vielfalt zur Folge (vgl. Donald et al., 2001; Strollo et al., 2020). Kurzumtriebsstreifen (KUS) können eine Möglichkeit darstellen, die intensive Nutzung landwirtschaftlicher sowie forstwirtschaftlicher Nutzflächen und die biologische Vielfalt besser in Einklang zu bringen (vgl. Chiatante et al., 2019; Nerlich et al., 2013). KUS stellen auf landwirtschaftlichen Flächen in Streifen angelegte schnellwachsende Gehölze für die stoffliche und energetische Nutzung von Holzbiomasse dar, die in kurzen Umtriebszeiten von drei bis 20 Jahren geerntet werden. In Deutschland liegen zu KUS bisher erst wenige Forschungserkenntnisse hinsichtlich ihres tatsächlichen Nutzens zur Erhöhung der biologischen Vielfalt vor (vgl. Baum et al., 2009; Boinot et al., 2022; Mupepele et al., 2021; Schulz et al., 2009; Tsonkova et al., 2018).

Dieser Beitrag untersucht die Einflüsse dieses Agroforstsystems auf die Brutvogelgemeinschaft. Ein Fokus liegt dabei auf der Attraktivität unterschiedlicher KUS-Varianten für die Bruthabitatwahl den Bruterfolg. Des Weiteren werden Auswirkungen auf Offenlandarten, insbesondere die Feldlerche (*Alauda arvensis*) betrachtet.





Abbildung 1: Untersuchungsfläche mit Darstellung der Anordnung der drei KUS-Varianten Ökologisch, Aspen und Konventionell. KUS 5 (transparent dargestellt) wurde in dieser Untersuchung aufgrund geernteter Aspen nicht berücksichtigt.
Grafik: J. Linnebank

- Legende**
- 1 Nummerierung KUS
 - Untersuchungsfläche
 - KUS-Variante Ökologisch
 - KUS-Variante Aspen
 - KUS-Variante Konventionell

Übersichtskarte Untersuchungsfläche

Methodik

Untersuchungsgebiet

Die Untersuchungsfläche (UF) befindet sich in der Gemeinde Lehre im Landkreis Helmstedt, Niedersachsen, Deutschland (Koordinate: 52°19'54,7"N 10°37'53,5"O). Seit 2008 befinden sich auf der UF neun KUS mit dazwischenliegenden Ackerflächen, sodass ein silvoarables Agroforstsystem (AFS) mit einer Gesamtfläche von 17,7 ha gegeben ist, wovon 2 ha auf die KUS entfallen. In die Untersuchungen wurden nur acht der KUS einbezogen, da ein KUS teilweise abgeerntet war. Jeder der KUS besteht aus drei 75 m langen Segmenten (Gesamtstreifenlänge 225 m), wobei jeweils ein Segment der KUS-Variante Ökologisch (KUS-Ö), Aspen (KUS-A) oder Konventionell (KUS-K) entspricht (Abbildung 1). Die Breite eines KUS beträgt jeweils 10 m. In KUS-Ö wurden vier Pappelklonreihen angelegt sowie zwei Reihen mit heimischen Baum-

und Straucharten auf der Luvseite. Durch diese zwei Reihen heimischer Gehölze sollen zusätzliche ökologische Funktionen wie Habitataufwertung und Windschutz erfüllt werden. In KUS-A wurden vier Pappelklonreihen mit einer Reihe Aspen (*Populus tremula*) in der Mitte gepflanzt, welche der zusätzlichen Wertholzproduktion dienen soll. KUS-K besteht aus sechs Pappelklonreihen (Abbildung 2). Die eingesetzten Pappelklone dienen als Energieholz mit drei- oder sechsjährigem Umtrieb. Zuletzt wurden sie in allen KUS-Varianten im Jahr 2021 geerntet, wie auch die heimischen Gehölze in KUS-Ö. Die Pappelklone und heimischen Gehölze waren somit bei den Erhebungen im Frühjahr und Sommer 2024 als dreijähriger Bestand vorhanden.

KUS-Varianten

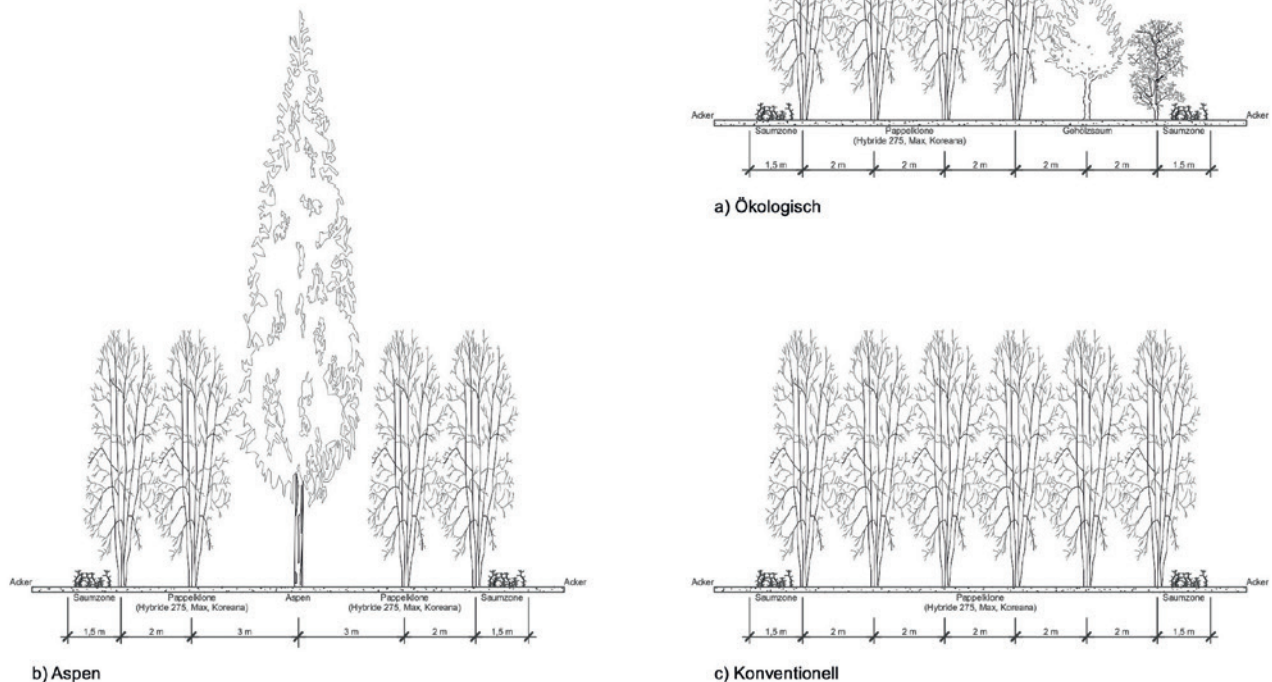


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Bepflanzung der drei KUS-Varianten Ökologisch, Aspen und Konventionell.
Grafik: J. Linnebank

Erfassung Bruthabitatwahl

Die Brutvogelrevierkartierung wurde an insgesamt 13 Kartierterminen zwischen Mitte März und Ende Juni entsprechend des in Deutschland gängigen methodischen Standards (nach Südbeck et al., 2005) durchgeführt. Jeder Kartiertermin begann an einem anderen Ausgangspunkt auf der UF, um bei jedem Termin zur Hauptgesangszeit der Vögel an einer anderen Stelle zu sein (vgl. Südbeck et al., 2005, S. 49). Die Kartierungen fanden in den frühen Morgenstunden oder zum Sonnenaufgang und ausschließlich bei günstiger Witterung, d. h. nicht bei (starkem) Regen oder Wind, statt (vgl. Südbeck et al., 2005, S. 38). Alle visuellen und akustischen Vogelbeobachtungen wurden mit standardisierten Artencodes und Verhaltenssymbolen in eine Tageskarte eingetragen.

Die Ermittlung der Brutreviere basierend auf den Kartierungsergebnissen erfolgte nach dem Ende der Brutsaison. Zur Bestimmung der Anzahl der Reviere einer Art müssen die artspezifischen Kriterien für einen Brutverdacht oder Brutnachweis erfüllt sein (Andretzke et al., 2005, S. 109). Zu diesen artspezifischen Kriterien gehören die Beobachtungszahl, die Verhaltensweisen und der Erfassungszeitraum (Andretzke et al., 2005). Darüber hinaus sind für jede Vogelart die spezifischen Reviergrößen zu berücksichtigen

(vgl. Bauer et al., 2011). Die sodann ermittelten Brutreviere wurden anschließend in einer Revierkarte der UF mit den vorhandenen KUS und den vorhandenen KUS-Varianten dargestellt. Da bei direkt nebeneinander liegenden KUS-Varianten nicht immer eine eindeutige Zuordnung zu einer KUS-Variante möglich war, erfolgte in einem solchen Fall die Zuordnung des Revieres zu derjenigen KUS-Variante, in welcher die meisten Nachweise einer Art erfasst wurden. Bei gleich vielen Artnachweisen in den beiden KUS-Varianten erfolgte die Zuordnung danach, in welcher KUS-Variante das revieranzeigende Verhalten gewichtiger war, z. B. stellt Singen ein gewichtigeres revieranzeigendes Verhalten dar als eine einfache Sichtung (vgl. Gregory et al., 2004, S. 41–44).

Ergebnisse

Es wurden 13 Arten mit insgesamt 31 Revieren auf der UF nachgewiesen. Die Arten Bachstelze (*Motacilla alba*) und Feldlerche hatten Reviere außerhalb der KUS, wobei die Reviere der Feldlerche alle im Abstand von 30 bis 40 m zu einem KUS lagen. In den KUS selbst wurden elf revierbildende Arten mit insgesamt 26

Revieren erfasst. Die Anzahl der erfassten Arten unterschied sich zwischen den drei KUS-Varianten nur gering. So wurden in KUS-Ö und KUS-A jeweils fünf und in KUS-K vier Arten mit Revieren nachgewiesen. Demgegenüber konnte in der Anzahl an Revieren deutlichere Unterschiede zwischen den einzelnen KUS-Varianten dokumentiert werden. Mit zwölf Revieren waren die meisten Reviere in KUS-Ö zu finden. Zehn Reviere wurden in KUS-A erfasst und in KUS-K lediglich vier Reviere registriert (Tabelle 1).

Diskussion

Bevorzugte Wahl der KUS-Variante Ökologisch

Die meisten Brutvogelreviere waren in KUS-Ö und KUS-A zu verzeichnen. Zwar ist die Anzahl der Brutreviere ein gewichtiger Indikator für die Attraktivität der KUS-Varianten, jedoch nicht der alleinige. Eine von Linnebank und Zitzmann durchgeführte Nestersuche und -überwachung konkretisierte das vorliegende Ergebnis und zeigte die überwiegende Attraktivität der KUS-Ö (vgl. Linnebank & Zitzmann, 2025). Die hohe Anzahl der Reviere in KUS-Ö scheint v. a. auf die dort angepflanzten heimischen Gehölze zurückzuführen zu sein. Heimische Gehölze ermöglichen eine Kombination von Schutz, Nahrung und Strukturvielfalt, die für Vögel von besonderer Qualität sind. So finden sich bspw. viele Beeren und Insekten in heimischen Gehölzen. Aber auch verschiedene Nistmöglichkeiten in unterschiedlichen Höhen werden durch die Strukturen der heimischen Gehölze geschaffen, die Deckung und Schutz bieten (vgl. Christian et al., 1997; Kühne et al., 2013).

Die hohe Anzahl der Brutvogelreviere in KUS-A konnte durch die von Linnebank und Zitzmann (2025) durchgeführte Nestersuche und -überwachung nicht bestätigt werden. Dies legt nahe, dass KUS-A vor allem als Sing- und Sitzwarte genutzt wurde, jedoch nicht gleichermaßen als Brutstandort diente.

Lebensraumgefährdung von Offenlandarten

Eine weitere Beobachtung dieser Arbeit ist, dass die als gefährdet eingestufte Feldlerche, deren Bestand stetig weiter zurückgeht (vgl. Krüger & Sandkühler, 2022; Ryslavy et al., 2020; Schmidt et al., 2013; Stumpf, 2009), als Offenlandart ausschließlich mit Abstand zu KUS vorkommt (so auch festgestellt von Archaux & Martin, 2009; Gruss & Schulz, 2011; Zitzmann & Langhof, 2023). In Bezug auf die betrachtete UF lagen die Reviere der Feldlerche in einem Abstand von 30 bis 40 m zu den KUS. Dieses Ergebnis überrascht insofern nicht, da die Feldlerche offene Landschaften bevorzugt und die Nähe zu hohen vertikalen Strukturen wie bspw. Gehölzen meidet (vgl. Bauer et al., 2011; Glesener et al., 2023; Oelke, 1968; Wilson et al., 1997). Die auf der UF vorhandenen Bäume führen somit möglicherweise zu einer Verdrängung der Feldlerche. Aufgrund des Schutzstatus der Feldlerche ist deshalb darauf zu achten, KUS nicht in festgestellten Lebensräumen der Feldlerche zu errichten (ebenso Zitzmann & Langhof, 2023). Die auf der UF angepflanzten Aspen verstärken zudem die Störung der Lebensräume für die Feldlerche. Mit einer Höhe von derzeit etwa 15 m überragen sie die angepflanzten durchschnittlich 7 m hohen Pappelklone und verbleiben aufgrund ihrer größeren Umtriebszeit länger auf der Fläche. Die hohen Aspen schaffen da-

Tabelle 1: Anzahl der Brutvogelarten und Reviere im gesamten Agroforstsystem und je KUS-Variante

Artname	RL D	RL NI	Reviere je Art und KUS-Variante			Reviere sonst. UF	Reviere je Art
			KUS-Ö	KUS-A	KUS-K		
Goldammer <i>Emberiza citrinella</i>	*	V	1	5	1	–	7
Mönchsgrasmücke <i>Sylvia atricapilla</i>	*	*	5	–	1	–	6
Feldlerche <i>Alauda arvensis</i>	3	3	–	–	–	4	4
Amsel <i>Turdus merula</i>	*	*	3	–	–	–	3
Gartengrasmücke <i>Sylvia borin</i>	*	3	2	–	–	–	2
Stieglitz <i>Carduelis carduelis</i>	*	V	–	2	–	–	2
Kohlmeise <i>Parus major</i>	*	*	–	1	–	–	1
Bluthänfling <i>Carduelis cannabina</i>	3	3	1	–	–	–	1
Buchfink <i>Fringilla coelebs</i>	*	*	–	–	1	–	1
Dorngrasmücke <i>Sylvia articapilla</i>	*	*	–	–	1	–	1
Neuntöter <i>Lanius collurio</i>	*	V	–	1	–	–	1
Zilpzalp <i>Phylloscopus collybita</i>	*	*	–	1	–	–	1
Bachstelze <i>Motacilla alba</i>	*	*	–	–	–	1	1
Reviere je KUS-Variante/sonst. UF			12	10	4	5	
Reviere gesamt			31				

RL D = Rote Liste Status Deutschland (Ryslavy et al., 2020), RL NI = Rote Liste Status Niedersachsen (Krüger & Sandkühler, 2022), Rote Liste Kategorien: * ungefährdet, V Vorwarnliste, 3 gefährdet.



mit längerfristige vertikale Strukturen, die zur Verdrängung von Offenlandarten wie der Feldlerche führen (vgl. Gruss & Schulz, 2014). Im Gegensatz dazu werden die Pappelklone regelmäßig geerntet, wodurch die Störung durch sie periodisch unterbrochen wird.

Danksagung

Herzlichen Dank an Felix Zitzmann und Lara Diekmann für die Betreuung, alle Anregungen und die konstruktive Kritik bei der Erstellung der diesem Beitrag zugrunde liegenden Masterarbeit. Ebenfalls möchte ich mich bei Maren Langhof und dem Julius-Kühn-Institut für die Bereitstellung der Forschungsfläche und der diesbezüglichen ausführlichen Informationen bedanken.

Quellenverzeichnis

- ANDRETZKE, H., SCHRÖDER, K., & SCHIKORE, T. (2005). Artbezogene Erfassungshinweise. In P. Südbeck (Hrsg.), *Methodenstandards zur Erfassung der Brutvögel Deutschlands* (S. 104–113). DDA Verlag.
- ARCHAUX, F., & MARTIN, H. (2009). Hybrid Poplar Plantations in a Floodplain Have Balanced Impacts on Farmland and Woodland Birds. *Forest Ecology and Management*, 257(6), 1474–1479. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.12.021>
- BAUER, H.-G., BAUMANN, S., & FIEDLER, W. (2011). *Das Kompendium der Vögel Mitteleuropas: Ein umfassendes Handbuch zu Biologie, Gefährdung und Schutz* (2. Aufl.). AULA-Verlag.
- BAUM, S., WEIH, M., BUSCH, G., KROIHER, F., & BOLTE, A. (2009). The Impact of Short Rotation Coppice Plantations on Phytodiversity. *Landbauforschung – vTI Agriculture and Forestry Research*, 59(3), 163–170.
- BOINOT, S., BARKAOU, K., MÉZIÈRE, D., LAURI, P.-E., SARTHOU, J.-P., & ALIGNIER, A. (2022). Research on Agroforestry Systems and Biodiversity Conservation: What Can We Conclude So Far and What Should We Improve? *BMC Ecology and Evolution*, 22(1), 24. <https://doi.org/10.1186/s12862-022-01977-z>
- BURNS, F., EATON, M. A., BARLOW, K. E., BECKMANN, B. C., BRERETON, T., BROOKS, D. R., BROWN, P. M. J., AL FULAIJ, N., GENT, T., HENDERSON, I., NOBLE, D. G., PARSONS, M., POWNEY, G. D., ROY, H. E., STROH, P., WALKER, K., WILKINSON, J. W., WOTTON, S. R., & GREGORY, R. D. (2016). Agricultural Management and Climatic Change Are the Major Drivers of Biodiversity Change in the UK. *PLOS ONE*, 11(3), e0151595. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0151595>
- BUSCH, M., KATZENBERGER, J., TRAUTMANN, S., GERLACH, B., DRÖSCHMEISTER, R., & SUDFELDT, C. (2020). Drivers of Population Change in Common Farmland Birds in Germany. *Bird Conservation International*, 30(3), 335–354. <https://doi.org/10.1017/S0959270919000480>
- CHIATANTE, G., GIORDANO, M., & ALBERTO, M. (2019). Bird Diversity in Short Rotation Coppice in Northern Italy. *Ardea*, 107(1), 5–17. <https://doi.org/10.5253/arde.v107i1.a10>
- CHRISTIAN, D. P., COLLINS, P. T., HANOWSKI, J. M., & NIEMI, G. J. (1997). Bird and Small Mammal Use of Short-Rotation Hybrid Poplar Plantations. *The Journal of Wildlife Management*, 61(1), 171–182. <https://doi.org/10.2307/3802426>
- DONALD, P. F., GREEN, R. E., & HEATH, M. F. (2001). Agricultural Intensification and the Collapse of Europe's Farmland Bird Populations. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 268, 25–29. <https://doi.org/10.1098/rspb.2000.1325>
- DONALD, P. F., PISANO, G., RAYMENT, M. D., & PAIN, D. J. (2002). The Common Agricultural Policy, EU Enlargement and the Conservation of Europe's Farmland Birds. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 89(3), 167–182. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00244-4](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00244-4)



- GLESENER, L., GRÄSER, P., & SCHNEIDER, S. (2023). Habitatpräferenzen der Feldlerche im Westen und Südwesten Luxemburgs während des ersten Brutzyklus. *Naturschutz und Landschaftsplanung*, 55(5), 12–21.
- GREGORY, R. D., GIBBONS, D. W., & DONALD, P. F. (2004). Bird Census and Survey Techniques. In W. J. Sutherland, I. Newton, & R. Green (Hrsg.), *Bird Ecology and Conservation: A Handbook of Techniques* (S. 17–55). Oxford University Press.
- GRUSS, H., & SCHULZ, U. (2011). Brutvogelfauna auf Kurzumtriebsplantagen. Besiedlung und Habitateignung verschiedener Strukturtypen. *Naturschutz und Landschaftsplanung*, 43(7), 197–204.
- GRUSS, H., & SCHULZ, U. (2014). Diversity and Composition of Breeding Bird Communities in Short Rotation Coppices and Surrounding Agricultural Landscape. *Ornithologische Anzeiger*, 52, 142–156.
- HERTZOG, L. R., KLIMEK, S., RÖDER, N., FRANK, C., BÖHNER, H. G. S., & KAMP, J. (2023). Associations between Farmland Birds and Fallow Area at Large Scales: Consistently Positive over Three Periods of the EU Common Agricultural Policy but Moderated by Landscape Complexity. *Journal of Applied Ecology*, 60(6), 1077–1088. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14400>
- KAMP, J., FRANK, C., TRAUTMANN, S., BUSCH, M., DRÖSCHMEISTER, R., FLADE, M., GERLACH, B., KARTHÄUSER, J., KUNZ, F., MITSCHKE, A., SCHWARZ, J., & SUDFELDT, C. (2021). Population Trends of Common Breeding Birds in Germany 1990–2018. *Journal of Ornithology*, 162(1), 1–15. <https://doi.org/10.1007/s10336-020-01830-4>
- KRÜGER, T., & SANDKÜHLER, K. (2022). Rote Liste der Brutvögel Niedersachsens und Bremens. 9. Fassung, Oktober 2021. Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen, 41(2), 111–174.
- KÜHNE, S., MOHN, M., & HAHNKE, H. (2013). Promotion of Farmland Birds by Recreation of Nesting and Feeding Habitats. In J. Hoffmann (Hrsg.), *Tagungsband: Fachgespräch „Agrarvögel – ökologische Bewertungsgrundlage für Biodiversitätsziele in Ackerbaugebieten“* (S. 79–90). Julius-Kühn-Institut. <https://doi.org/10.5555/20143023962>
- LINNEBANK, J., & ZITZMANN, F. (2025). Mixing-in Native Thorny Shrubs Greatly Improves the Habitat Quality of Short Rotation Coppice Strips Within a Modern Agroforestry System for Breeding Birds. *Global Ecology and Conservation*, 58, e03506. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2025.e03506>
- MUPEPELE, A.-C., KELLER, M., & DORMANN, C. F. (2021). European Agroforestry Has No Unequivocal Effect on Biodiversity: A Time-Cumulative Meta-Analysis. *BMC Ecology and Evolution*, 21(1), 193. <https://doi.org/10.1186/s12862-021-01911-9>
- 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. *Agroforestry Systems*, 87(2), 475–492. <https://doi.org/10.1007/s10457-012-9560-2>
- OELKE, H. (1968). Wo beginnt bzw. Wo endet der Biotop der Feldlerche? *Journal für Ornithologie*, 109(1), 25–29. <https://doi.org/10.1007/BF01678101>
- RICHTNER, N., HOLDEREGGER, R., LINDER, H. P., & WALTER, T. (2015). Reviewing Change in the Arable Flora of Europe: A Meta-Analysis. *Weed Research*, 55(1), 1–13. <https://doi.org/10.1111/wre.12123>
- RYSLAVY, T., BAUER, H.-G., GERLACH, B., HÜPPOP, O., STAHRMER, J., SÜDBECK, P., & SUDFELDT, C. (2020). Rote Liste der Brutvögel Deutschlands, 6. Fassung.
- SCHMIDT, J.-U., DÄMMIG, M., EILERS, A., KRAUSE-HEIBER, J., NACHTIGALL, W., & TIMM, A. (2013). Angewandter Artenschutz für Feldlerche und Kiebitz in Mais und Raps – Ergebnisse des Bodenbrüterprojekts im Freistaat Sachsen. *Vogelwarte*, 51, 332–333.
- SCHULZ, U., BRAUNER, O., & GRUSS, H. (2009). Animal Diversity on Short-Rotation Coppices – A Review. *Landbauforschung – vTI Agriculture and Forestry Research*, 59(3), 171–182.
- STROLLO, A., SMIRAGLIA, D., BRUNO, R., ASSENNATO, F., CONGEDO, L., DE FIORAVANTE, P., GIULIANI, C., MARINOSCI, I., RIITANO, N., & MUNAFÒ, M. (2020). Land Consumption in Italy. *Journal of Maps*, 16(1), 113–123. <https://doi.org/10.1080/17445647.2020.1758808>
- STUMPF, T. (2009). Feldlerche (*Alauda arvensis*) im Rheinisch-Bergischen Kreis vom Aussterben bedroht. *Charadrius*, 45(2), 69–73.
- SÜDBECK, P., ANDRETTZKE, H., FISCHER, S., GEDEON, K., SCHIKORE, T., SCHRÖDER, K., & SUDFELDT, C. (Hrsg.). (2005). *Methodenstandards zur Erfassung der Brutvögel Deutschlands*. DDA Verlag.
- TSONKOVA, P., MIRCK, J., BÖHM, C., & FÜTZ, B. (2018). Addressing Farmer-Perceptions and Legal Constraints to Promote Agroforestry in Germany. *Agroforestry Systems*, 92(4), 1091–1103. <https://doi.org/10.1007/s10457-018-0228-4>
- WILSON, J. D., EVANS, J., BROWNE, S. J., & KING, J. R. (1997). Territory Distribution and Breeding Success of Skylarks *Alauda arvensis* on Organic and Intensive Farmland in Southern England. *Journal of Applied Ecology*, 34(6), 1462–1478. <https://doi.org/10.2307/2405262>
- ZITZMANN, F., & LANGHOF, M. (2023). Development of the Breeding Bird Community of a Silvoarable Agroforestry System with Short Rotation Coppice Strips over a 16-Year Period. *Agroforestry Systems*, 97(8), 1601–1612. <https://doi.org/10.1007/s10457-023-00881-9>

Kontakt

Jana Linnebank, M.Sc.
KUS@linnebank.family





Claudia M. Beyhl

Die naturschutzfachliche Bedeutung der Gipskarstlandschaft im südwestlichen Harzvorland und die drohende Zerstörung seltener Habitate durch industriellen Gipsabbau



Osteröder Kalkberge bei Katzenstein, Foto: C. M. Beyhl

In einfachen Worten:

Womit beschäftigst du dich in deiner Arbeit?

Mit der naturschutzfachlichen Bedeutung der einzigartigen Gipskarstlandschaft im Harzvorland in Niedersachsen. Sie stellt einen außerordentlichen Wert für seltene Lebensgemeinschaften dar. Ihre außerordentliche Bedeutung möchte ich durch meine Arbeit hervorheben und darauf hinweisen, dass diese Landschaft mit ihren seltenen Habitaten durch den industriellen Gipsabbau unwiederbringlich zerstört wird.

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

Die Einzigartigkeit der Natur, die durch wissenschaftliche Forschung immer wieder bestätigt wird. Ich hoffe, dass durch die Forschung zu Naturschutz-, Planungs- und Umweltschutzthemen genau darüber aufgeklärt wird und die Menschen bewusster mit den limitierten Ressourcen umgehen.

Was hat dich in deiner Arbeit am meisten überrascht?

Das Thema an sich. Ich habe selbst die Nutzung des Rohstoffs Gips als Verbraucherin nie hinterfragt. Gipskartonplatten aus Naturgips, brauche ich sie wirklich beim Wohnraumbau? Heute kenne ich die Antwort: Nein! Es gibt umweltfreundliche Alternativen, die zudem dämmen und CO² binden.

Welche Denkanstöße und Empfehlungen möchtest du Praktikerinnen und Praktikern oder Politikerinnen und Politikern mit auf dem Weg geben?

Gerade den Politikerinnen und Politikern möchte bei ihren zukünftigen Entscheidungen zu bedenken geben, dass nicht immer nur von Strategien und Nachhaltigkeit gesprochen, sondern auch dementsprechend gehandelt werden muss. Es kann nicht sein, dass die Industrie mit wirtschaftlichen Argumenten wie bspw. der Arbeitsplatzsicherung die Chance erhält, etwas zu zerstören, das uns allen, aber vor allem auch den nachfolgenden Generationen gehört!



Die naturschutzfachliche Bedeutung der Gipskarstlandschaft im südwestlichen Harzvorland und die drohende Zerstörung seltener Habitats durch industriellen Gipsabbau

The nature conservation significance of the gypsum karst landscape in the south-western Harz foreland and the impending destruction of rare habitats through industrial gypsum mining

Claudia M. Beyhl

Zusammenfassung

Das südwestliche Harzvorland bietet einer Vielzahl spezialisierter Arten durch die in großer Anzahl und auf kleinem Raum vorhandenen karsttypischen Erscheinungen einen Lebensraum. Da diese seltenen Karsterscheinungen jedoch in weiten Teilen nicht geschützt sind und nun entsprechende Vorranggebiete im Rahmen der Novellierung des Landes-Raumordnungsprogramms (LROP) 2022 wegfallen, müssen diese seltenen Habitats vor der drohenden Zerstörung durch den industriellen Gipsabbau geschützt werden. Daher werden in dieser Untersuchung für den Naturschutz wertvolle Flächen außerhalb der europarechtlich gesicherten FFH-Gebiete durch die Auswertung von Biotopkartierungen identifiziert. Ziel der Untersuchung sind Flächenempfehlungen zur Erweiterung/Neuausweisung von FFH-Gebieten im Untersuchungsgebiet.

Gipskarst Niedersachsen, Gipsabbau, Naturgips, Biotopschutz, Biosphärenreservat

Abstract

The south-western Harz foreland provides a habitat for a large number of specialised species due to the large number of karst-typical features in a small area. However, as these rare karst phenomena are largely unprotected and priority areas are now being removed as a result of the amendment to the State Spatial Planning Programme (LROP) 2022, these rare habitats must be protected from the threat of destruction by industrial gypsum mining. For this reason, this study analyses biotope mapping to identify valuable areas for nature conservation outside the Natura 2000 sites. The aim of the study is to recommend areas for the expansion/new designation of Natura 2000 sites in the study area.

Gypsum karst Lower Saxony, Gypsum mining, Natural gypsum, Habitat protection, Biosphere reserve

doi: 10.23766/NiPF.202501.10

Einleitung

Der im südwestlichen Harzvorland liegende Teil der Gipskarstlandschaft Südharz ist geprägt von typischen Karsterscheinungen wie bspw. Höhlen, Bachschwinden, Karstquellen, Dolinen und viele mehr. Zusammen mit den besonderen klimatischen Bedingungen der Harzrandlage führt dies zu einer Vielzahl an verschiedenen Lebensräumen, die zum Teil hoch spezialisierten Arten der Flora und Fauna als Habitat dienen. Diese große Biodiversität ist jedoch durch den Abbau von Naturgips gefährdet. Derzeit wird der hohe Bedarf an Gips durch den sogenannten REA-Gips gedeckt, welcher als Nebenprodukt in den Rauchgas-Entschwefelungs-Anlagen der Stein- und Kohlekraftwerke anfällt. Durch den bis 2038 avisierten Kohleausstieg befürchtet die Gipsindustrie einen Rohstoffengpass und fordert unter anderem im Untersuchungsgebiet den gesteigerten Abbau von Naturgips (VDPM & BV Gips 2023). Diese Forderung ist deshalb kritisch zu betrachten, da in der Novellierung des LROP von 2022 die Ausschlusswirkung zum Gipsabbau gestrichen wurde, während ehemals geplante Erweiterungen mehrerer Vorranggebiete zum Gipsabbau im Landkreis

Göttingen entfallen sind (NI-VORIS, 2022). Auch wenn weiterhin für das Zulassungsverfahren zum Abbau von Gips umfangreiche naturschutzrechtliche Prüfungen, wie die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP), vorgesehen sind (Bundesberggesetz [BBergG], 1980, §§ 57a – 57c i. V. m. UVP-V-Bergbau), gibt es in der BRD derzeit rechtlich keine Tabu-Flächen. Vor dem Hintergrund, dass sich Gipslagerstätten mit seltenen Habitats im Untersuchungsgebiet überschneiden, sind sie aufgrund des genannten Wegfalls der Ausschlusswirkung durch den Gipsabbau akut bedroht. Um den Landkreis Göttingen und die Gewerbeaufsichtsverwaltung bei der Entscheidung über die in naher Zukunft erwarteten neuen Abbauanträge zu unterstützen, werden besonders schützenswerte Flächen außerhalb von Schutzgebieten identifiziert und zur Neuausweisung bzw. als Erweiterung der bestehenden FFH-Gebiete empfohlen. Da sich im Laufe der Untersuchung das gesamte Untersuchungsgebiet sowohl als landschaftlich als auch für den Naturschutz als besonders bedeutend herausstellte, wird empfohlen, dieses durch die Ausweisung als Biosphärenreservat ganzheitlich zu schützen.

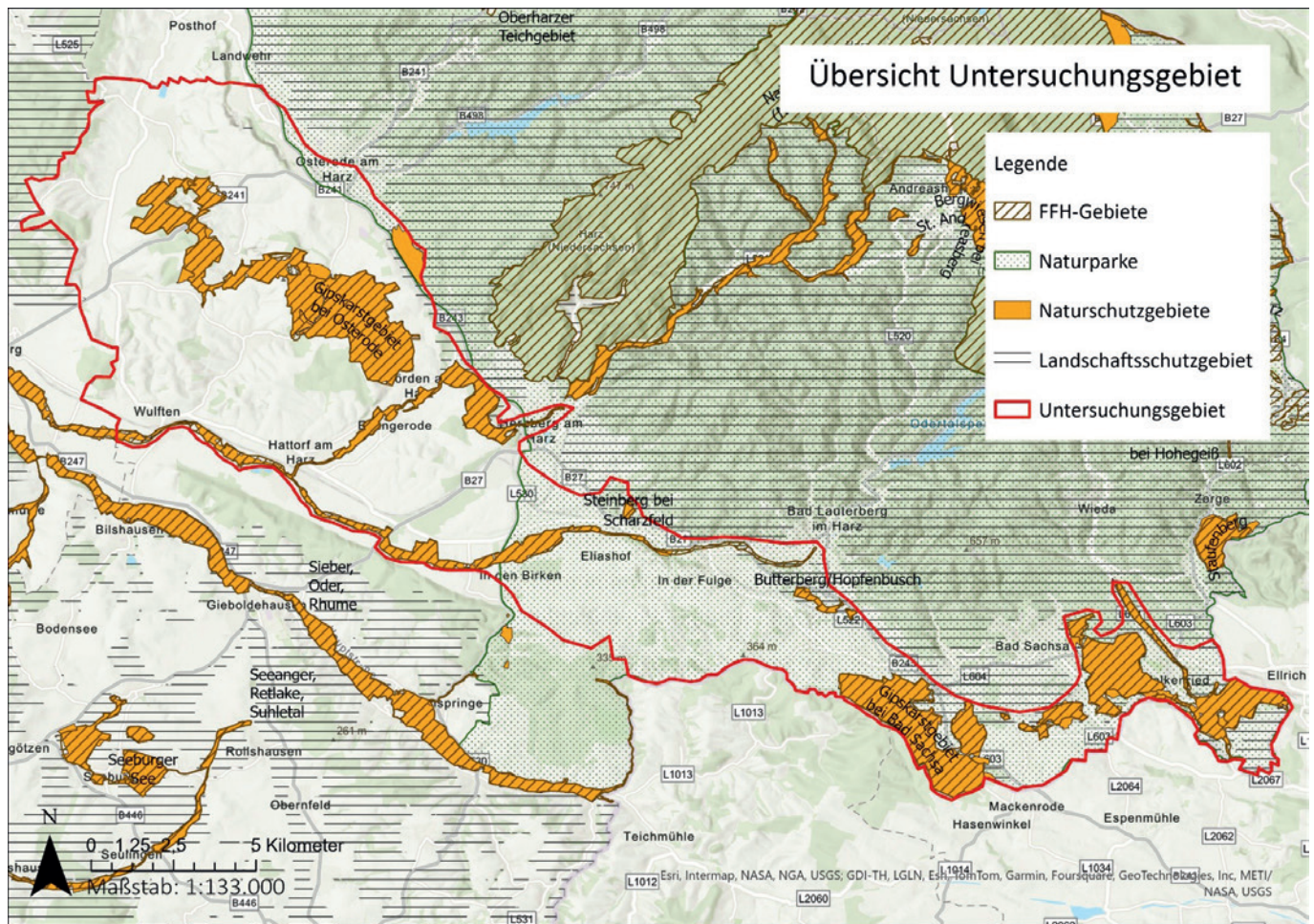


Abbildung 1: Abgrenzung des Untersuchungsgebiets mit Darstellung der Schutzgebiete
(Quellen: Hintergrundkarte: LGLN, Esri, TomTom, Garmin, FAO, NOAA, USGS; Esri, NASA, NGA, USGS; LGLN, Esri, TomTom, Garmin, Foursquare, GeoTechnologies, Inc, METI/NASA, USGS; Esri, USGS, Datengrundlagen: 2023, geodaten@nlwkn.niedersachsen.de, 2020, geodaten@nlwkn-dir.niedersachsen.de, 2019, geodaten@nlwkn-dir.niedersachsen.de)

Theoretischer Hintergrund

Große naturschutzfachliche Bedeutung

Durch verschiedene Einflüsse von unter- und oberirdisch fließendem und sickern dem Wasser bildeten sich im löslichen Karstgestein der Gesteine des Zechsteins im Laufe von Millionen Jahren einzigartige Reliefformen wie Durchbruchstäler, Dolinen, Schlucklöcher (Ponore), Höhlen, Bachschwinden sowie weitere Karstphänomene (Miotke, 1998). Im Zielkonzept Grüne Infrastruktur Niedersachsen des niedersächsischen Landschaftsprogramms 2021 heißt es, dass es sich bei den Gipskarstgebieten des südlichen und südwestlichen Harzvorlandes durch die besonderen geomorphologischen Formen sowie die dazugehörigen Wälder, Felsrasen, Still- und Fließgewässer um hochgradig schutzwürdige naturräumliche Besonderheiten von nationaler Bedeutung handelt, die eines möglichst großräumigen Schutzes bedürfen (MU, 2021). Diese Fülle an geomorphologischen Formen führt zu einem breiten Standortspektrum, welches wiederum zu einer großen Vielfalt an diversen Lebensräumen mit verschiedenen Pflanzengesellschaften führt (Schwochow, 1998). Dabei wechseln die

Standortbedingungen teilweise von Meter zu Meter (Schönfelder, 1978). Die naturschutzfachliche Bedeutung des Gipskarstgebiets im Südharzvorland wächst mit der Tatsache, dass Gips und Anhydrit in weltweiter Betrachtung nur selten an der Oberfläche anstehen (Kempe, 1998). Nicht nur die typischen geologischen Gegebenheiten einer Karstlandschaft, sondern auch die Harzrandlage mit ihren besonderen klimatischen Bedingungen fördern die Herausbildung der vielfältigen und teils sehr spezialisierten Flora und Fauna (Bundesamt für Naturschutz [BfN], 2024). Hierzu zählen bspw. Kammmolch (*Triturus cristatus*), Skabiosen-Schneckenfalter (*Euphydryas aurinia*), Frauenschuh (*Cypripedium calceolus*) sowie die Bechsteinfledermaus (*Myotis bechsteinii*). Diese Arten zählen alle zu den in Niedersachsen vom Aussterben bedrohten bzw. stark gefährdeten Arten (BfN 2020; Grave 2004; Heckenroth 1993; Lobenstein 2004). Außerdem liegen im Weser-Leinebergland die wertvollsten niedersächsischen Halbtrockenrasen subatlantischer Prägung mit Orchideen und Enzianen (MU, 2021). Bereits 1978 wies Peter Schönfelder in seiner Arbeit Vegetationsverhältnisse auf Gips im südwestlichen Harzvorland unter anderem auf die bedeutenden Blaugrasrasen an den Steilhängen der

Osteröder Kalkberge hin, die dort seit der letzten Eiszeit bestandsbildend sind (Schönfelder, 1978). Aufgrund dieser besonderen naturschutzfachlichen Bedeutung gehört die Gipskarstlandschaft Südharz zu einem der nationalen Hotspots der Biologischen Vielfalt, die durch das Bundesamt für Naturschutz (BfN) ausgewiesen wurden (LPV Landkreis Göttingen e. V., 2021).

Landschaftsästhetisch von großer Bedeutung

Bei der Gipskarstlandschaft Südharz handelt es sich um eine Landschaft mit hoher Bedeutung für das natürliche und kulturelle Erbe als Naturlandschaft sowie für das Landschaftserleben und die landschaftsgebundene Erholung (BfN, 2022b). Miotke (1998, S. 2) schreibt hierzu, dass es sich um eine „kleingekammerte, parkartige Landschaft mit weiten Tälern, bewaldeten Höhen und kleinen Siedlungen, die noch den alten dörflichen Charakter bewahrt haben“ handelt. Aus diesem und weiteren Gründen ist die Karstlandschaft im Südharz auch landschaftsästhetisch von Bedeutung. Daher ist sie eine der 78 Landschaften in Niedersachsen, die als bedeutsam ausgewiesen wurden (BfN, 2022b). Sie ist als solche dauerhaft zu erhalten, zu entwickeln und ggf. wiederherzustellen (BfN, 2022a). Einen Beitrag zur Öffentlichkeitsarbeit und Förderung des Tourismus leistet der Karstwanderweg Südharz. Er ist als zertifizierter Wanderweg anerkannt und verläuft auf bereits vorhandenen land- und forstwirtschaftlichen Wanderwegen bzw. -pfaden. Auf einer Länge von 200 km wird durch Erlebbarkeit mit insgesamt 200 Erläuterungstafeln auf den Wert dieser Landschaft hingewiesen und die Bedeutung für Mensch und Natur verdeutlicht (Vladi, 1997).

Wertvolle Biotoptypen außerhalb der FFH-Gebiete

Zur Identifizierung der für den Naturschutz wertvollen Flächen außerhalb der FFH-Gebiete wurden die GIS-Daten der Biotopkar-

tierung des NLWKN Wertvolle Bereiche der selektiven landesweiten Biotopkartierung aus den Jahren 2017 bis 2021 ausgewertet (NLWKN, 2017). Bei den kartierten Bereichen handelt es sich um Einzelgebiete, die flächendeckend kartiert und nach fachlichen Kriterien ausgewählt wurden (Kirch, 2024). Da durch diese Untersuchung neue Flächen zur Ausweisung als FFH-Gebiet vorgeschlagen werden sollten, konzentrierte sich die Untersuchung auf vier Bereiche mit zusammenhängenden Flächen von 40 bis 70 ha. Die erfassten Biotoptypen wurden tabellarisch aufbereitet und um die Wertstufen, die Seltenheit, die Regenerationsfähigkeit und den Rote-Liste-Status gemäß der Einstufung der Biotoptypen in Niedersachsen (Drachenfels 2012) ergänzt. Zum Abgleich des Vorkommens der Lebensraumtypen (LRT) innerhalb und außerhalb der FFH-Gebiete wurden die Biotoptypen der analysierten Flächen den entsprechenden FFH-LRT zugewiesen. Auf diese Weise war es möglich, die Priorität des nationalen Handlungsbedarfs gemäß der Niedersächsischen Strategie zum Arten- und Biotopschutz (NLWKN, 2011a) zu ergänzen.

Insgesamt wurden auf den Flächen außerhalb der FFH-Gebiete 90 Biotoptypen identifiziert. Die höchste Anzahl weist dabei der WB Teufelsbäder mit insgesamt 44 Biotoptypen aus acht verschiedenen Obergruppen auf (s. Tabelle 1). Die am häufigsten kartierten Biotoptypen zählen zu den Obergruppen Grünland und Gebüsch, Wälder und Gehölzbestände. In den vier untersuchten Flächen wurden 21 Biotoptypen der Obergruppe Wälder kartiert. Von diesen Waldbiotoptypen wurden 12 jeweils auf nur einer Fläche erfasst, während kein Biotoptyp auf allen vier Flächen festgestellt werden konnte. Gleichzeitig ist in drei der wertvollen Bereiche (WB) nur der Waldbiotoptyp Bodensaurer Buchenwald des Berg- und Hügellandes (WLB) zu finden. Die erfassten Nebencodes und Altersstrukturen spiegeln die Diversität der Waldbiotopwider.

Tabelle 1: Vergleich der Anzahl der Biotoptypen in den Wertvollen Bereichen sortiert nach Obergruppen

Obergruppe gem. Kartierschlüssel (Drachenfels 2023)	Anzahl der Haupteinheiten in den Wertvollen Bereichen				Summe
	WB Katzenstein (52 ha)	WB Teufelsbäder (71 ha)	WB bei Osterode (41 ha)	WB bei Bad Sachsa (51 ha)	
Wälder	8	9	3	8	28
Gebüsch und Gehölzbestände	6	9	0	0	15
Binnengewässer	1	7	0	3	11
Gehölzfreie Biotope der Sümpfe und Niedermoore	0	5	0	0	5
Fels-, Gesteins- und Offenbodenbiotope	6	1	0	0	7
Heiden und Magerrasen	2	2	0	0	4
Grünland	3	10	1	1	15
Trockene bis feuchte Stauden- und Ruderalfluren	4	1	0	0	5
Biotoptypen insgesamt	30	44	4	12	90



Die auf einer Gesamtfläche von ca. 170 ha kartierten Biotoptypen außerhalb der FFH-Gebiete konnten insgesamt 16 LRT nach Anhang I der FFH-Richtlinie zugeordnet werden.

Dabei befinden sich sieben LRT jeweils nur auf einer der kartierten Flächen. Von den insgesamt 16 LRT sind vier prioritär, das bedeutet, dass es sich um prioritäre, natürliche LRT handelt, die vom Verschwinden bedroht sind und für deren Erhaltung der Europäischen Gemeinschaft eine besondere Verantwortung zukommt und für die besondere Schutzgebiete auszuweisen sind (Art. 1 d) RL 92/43/EWG).

Für Niedersachsen gelten acht der kartierten LRT gemäß der Prioritätenliste zur Niedersächsischen Strategie zum Arten- und Biotopschutz als prioritäre LRT mit dringendem Handlungsbedarf und haben somit eine Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen (NLWKN, 2011b). Auch vier LRT höchster Priorität, für die Niedersachsen eine besondere Verantwortung für den Bestand in der BRD trägt, wurden ermittelt. Dazu zählen die LRT Pfeifengraswiesen auf kalkreichem Boden, torfigen und tonig-schluffigen Böden (*Molinion caeruleae*) (LRT 6410), Übergangs- und Schwingrasenmoore (LRT 7140), Subatlantischer oder mitteleuropäischer Stieleichenwald oder Eichen-Hainbuchenwald (*Carpinion betuli*) (LRT 9160) und der gleichzeitig gemäß der FFH-Richtlinie prioritäre LRT Auen-Wälder mit *Alnus glutinosa* und *Fraxinus excelsior* (*Alno-Padion*, *Alnion in-canæ*, *Salicion albae*) (LRT 91E0*).

Fazit und Ausblick

Nicht nur die durch Quellen- bzw. Literaturrecherche zusammengetragene Darstellung der naturschutzfachlichen und landschaftlichen Bedeutung der Gipskarstlandschaft Südharz weist deutlich auf die Notwendigkeit der Unterschutzstellung der Untersuchungsfläche hin. Auch die Datenanalyse der Flächen außerhalb der ausgewiesenen FFH-Gebiete zeigt nachdrücklich, dass Flächen von gemeinschaftlicher Bedeutung und für Niedersachsen prioritär zu schützende Lebensräume vorhanden sind. Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen die Bedeutung der Gipskarstlandschaft Südharz deutlich auf, so dass die Flächen aufgrund ihres Wertes, ihrer Seltenheit aber vor allem aufgrund der nicht vorhandenen Regenerationsfähigkeit dringend vor der durch den Abbau von Naturgips drohenden vollständigen Zerstörung zu schützen sind.

Darüber hinaus wird in der Untersuchung die Handlungsempfehlung ausgesprochen, das gesamte Untersuchungsgebiet als Biosphärenreservat auszuweisen, da es sämtliche Voraussetzungen des § 25 Abs. 1 BNatSchG erfüllt. Es handelt sich um ein großräumiges Gebiet mit charakteristischen Landschaftstypen und erfüllt bereits jetzt in wesentlichen Teilen die Voraussetzungen eines Naturschutzgebiets, sowie in weiteren Teilen die eines Landschaftsschutzgebiets (§ 25 Abs. 1 Nr. 1 u. 2 BNatSchG). Dabei kann es der Erhaltung, Entwicklung und Wiederherstellung von durch althergebrachte Nutzung geprägter Landschaften mit der darin historisch gewachsenen Arten- und Biotopvielfalt dienen (§ 25 Abs. 1 Nr. 3 BNatSchG) und sollte als Beispielregion

wirken, in welcher Wirtschaftsweisen, die die Naturgüter besonders schonen, entwickelt und erprobt werden (§ 25 Abs. 1 Nr. 4 BNatSchG). Zur Orientierung für die Ausweisung von Kern- und Pflegezonen kann hier das bereits 2009 ausgewiesene Biosphärenreservat Karstlandschaft Südharz in Sachsen-Anhalt dienen, welches sich auf einer Fläche von 30.034 ha erstreckt.

Um die in dieser Untersuchung herausgearbeiteten Argumente weiter zu verhärtigen, könnten die noch zur Verfügung stehenden Daten des NLWKN, Kartierungen zu Fauna - wertvolle Bereiche aus 2015, Gastvögel – wertvolle Bereiche 2018, Brutvögel – wertvolle Bereiche 2010 (ergänzt 2013) und Großvogellebensräume aus 2021 (NLWKN, o. J.) in ähnlicher Weise analysiert werden und somit zur erweiterten Darstellung der naturschutzfachlichen Bedeutung beitragen. Es konnten keine vergleichbaren Studien bzw. veröffentlichten Untersuchungen gefunden werden, die nach der Implementierung der FFH-Richtlinie in nationales Recht (1992) durchgeführt wurden. Zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Untersuchung ist lediglich die 1978 veröffentlichte Untersuchung von Schönfelder bekannt, welche die Vegetationsverhältnisse auf Gips im südwestlichen Harzvorland untersucht und damit ebenfalls einen Beitrag zur Darstellung der naturschutzfachlichen Bedeutung der Gipskarstlandschaft leistet (Schönfelder, 1978).

Quellenverzeichnis

BfN (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ) (2024). Bundesprogramm Biologische Vielfalt. Aufgerufen am 28. Februar 2024, <https://www.bfn.de/thema/bundesprogramm-biologische-vielfalt#block-topic-summary-block>

BfN (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ) (2022A). Bedeutsame Landschaften in Deutschland. Aufgerufen am 24. Januar 2024, <https://www.bfn.de/bedeutsame-landschaften-deutschland>

BfN (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ) (2022B). Gipskarstlandschaft Südharz. Aufgerufen am 24. Januar 2024, <https://www.bfn.de/bedeutsame-landschaft/gipskarstlandschaft-suedharz>

BfN (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ) (HRSG.) (2020). Rote Liste und Gesamtartenliste der Amphibien (Amphibia) Deutschlands. 86 S., 170 (4)

BV GIPS (BUNDESVERBAND DER GIPSINDUSTRIE E.V.) (O. J.). Aktuelles - Rohstoffversorgung mit Gips ist in Gefahr. Aufgerufen am 09.10.2023, <https://www.gips.de/aktuelles/detail/rohstoffversorgung-mit-gips-ist-in-gefahr/>

DRACHENFELS, O. v. (2023). Kartierschlüssel für Biotoptypen in Niedersachsen. Mit Korrekturen und Änderungen, Stand 01.03.2023, 13. korrigierte Aufl., 336 S., Hannover: Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN). <https://www.nlwkn.niedersachsen.de/kartierschlüssel-biotoptypen/kartierschlüssel-fuer-biotoptypen-in-niedersachsen-45164.html>



DRACHENFELS, O. v. (2012). Einstufung der Biotoptypen in Niedersachsen – Liste der Biotoptypen in Niedersachsen mit Angaben zur Regenerationsfähigkeit, Wertstufen, Grundwasserabhängigkeit, Nährstoffempfindlichkeit und Gefährdung (Rote Liste). 2. korrigierte Aufl., 61 S., Hannover: NLWKN (Hrsg.) (Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen 2012 (1)).

GRAVE, E. (2004). Rote Liste und Florenliste der Farn- und Blütenpflanzen in Niedersachsen und Bremen – 5. Fassung, Stand 1.3.2004. Rote Liste und Florenliste der Farn- und Blütenpflanzen in Niedersachsen und Bremen, S. 1-76

HECKENROTH, H. (1993). Rote Liste der in Niedersachsen und Bremen gefährdeten Säugetierarten – Übersicht. Rote Liste der in Niedersachsen und Bremen gefährdeten Säugetierarten, S. 221-226

KEMPE, S. (1998). Gipskarst und Gipshöhlen in Deutschland. Gipskarstlandschaft Südharz – aktuelle Forschungsergebnisse und Perspektiven 11 (2) S. 25-35

KIRCH, CH. (2024) AW: Masterarbeit Gipskarstgebiet Südharzvorland. E-Mail vom 01.02.2024

LOBENSTEIN, U. (2004). Rote Liste der in Niedersachsen und Bremen gefährdeten Großschmetterlinge mit Gesamtartenverzeichnis. 2. Fassung, Niedersächsisches Landesamt für Ökologie (NLÖ)

LPV LANDKREIS GÖTTINGEN E. V. (2021, 01. JUNI). Erhalt und Entwicklung der Gipskarstlandschaft Südharz. <http://www.lpv-goettingen.de/seite/415685/gipskarstlandschaft-s%C3%BCdharz.html>

MIOTKE, F.-D. (1998). Der Südharzrand mit seinen Karstgebieten. In: Alfred Toepfer Akademie für Naturschutz (NNA) (Hrsg.): Gipskarstlandschaft Südharz – aktuelle Forschungsergebnisse und Perspektiven, Duderstadt: Mecke Druck und Verlag (NNA Berichte 11 (2), 2-7)

MU (NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE, BAUEN UND KLIMASCHUTZ) (2021). Niedersächsisches Landschaftsprogramm. 292 S., Hannover.

NI-VORIS (NIEDERSÄCHSISCHES VORSCHRIFTENINFORMATIONSSYSTEM) (2022). Anlage 1 LROP-VO – Landes-Raumordnungsprogramm Niedersachsen (LROP), beschreibende Darstellung. Aufgerufen am 24. November 2023, <https://voris.wolterskluwer-online.de/browse/document/59c1b282-77c0-30e7-89f9-de515f831160>

NLWKN (NIEDERSÄCHSISCHER LANDESBETRIEB FÜR WASSERWIRTSCHAFT, KÜSTEN- UND NATURSCHUTZ) (2017). Selektive Biotop- und Lebensraumtypenkartierung Niedersachsen - Auszug (NLWKN 2017 – 2021)

NLWKN (NIEDERSÄCHSISCHER LANDESBETRIEB FÜR WASSERWIRTSCHAFT, KÜSTEN- UND NATURSCHUTZ) (2011A). Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz – Vollzugshinweise für Arten und Lebensraumtypen. Aufgerufen am 28. Februar 2024, <https://www.nlwkn.niedersachsen.de/vollzugshinweise-arten-lebensraumtypen/vollzugshinweise-fuer-arten-und-lebensraumtypen-46103.html#Saeugetiere>

NLWKN (NIEDERSÄCHSISCHER LANDESBETRIEB FÜR WASSERWIRTSCHAFT, KÜSTEN- UND NATURSCHUTZ) (2011B, SEPTEMBER) Prioritätenlisten der Arten und Lebensraum-/Biototypen mit besonderem Handlungsbedarf. Stand Januar 2011 (ergänzt September 2011). <https://www.nlwkn.niedersachsen.de/vollzugshinweise-arten-lebensraumtypen/vollzugshinweise-fuer-arten-und-lebensraumtypen-46103.html#Saeugetiere>

NLWKN (NIEDERSÄCHSISCHER LANDESBETRIEB FÜR WASSERWIRTSCHAFT, KÜSTEN- UND NATURSCHUTZ) (o. J.). Erfassung der für den Naturschutz wertvollen Bereiche in Niedersachsen 1984-2004. Aufgerufen am 12. Februar 2024, https://www.nlwkn.niedersachsen.de/naturschutz/biotopschutz/biotopkartierung/erfassung_der_fur_den_naturschutz_wertvollen_bereiche_1984_2004/erfassung-der-fuer-den-naturschutz-wertvollen-bereich-in-niedersachsen-1984-2004-45108.html

SCHÖNFELDER, P. (1978). Vegetationsverhältnisse auf Gips im südlichen Harzvorland – Eine vergleichende Untersuchung unter besonderer Berücksichtigung der Naturschutzprobleme. 101 S., Hannover (Naturschutz und Landschaftspflege in Niedersachsen 8).

SCHWOCHOW, H. (1998). Die Pflanzengesellschaften in NSG Ittelteich und deren Bedeutung für ein Biosphärenreservat Südharz. In: Alfred Toepfer Akademie für Naturschutz (NNA) (Hrsg.): Gipskarstlandschaft Südharz – aktuelle Forschungsergebnisse und Perspektiven, Duderstadt: Mecke Druck und Verlag (NNA Berichte 11 (2), 111-120)

VDPM (VERBAND FÜR DÄMMSYSTEME, PUTZ UND MÖRTEL E.V. & BUNDESVERBAND DER GIPSINDUSTRIE E.V.) & BV GIPS (BUNDESVERBAND DER GIPSINDUSTRIE E.V.) (2023). Medieninformation vom 28.08.2023 Trotz ausreichender Gips-Vorkommen: Rohstoffversorgung mit Gips ist in Gefahr!, 5 S., Berlin.

VLADI, F. (1997, 27. MAI). Karstwanderweg Südharz. karstwanderweg.de. https://www.karstwanderweg.de/publika/nna_beri/3_98/21-30/index.htm

Gesetze und Verordnungen

BUNDESBERGGESETZ (BBERGG) VOM 13. AUGUST 1980 (BGBl. I S. 1310), zuletzt durch Artikel 4 des Gesetzes vom 22. März 2023, BGBl. 2023 I Nr. 88, geändert, veröffentlicht durch das Bundesministerium der Justiz sowie des Bundesamts für Justiz, <https://www.gesetze-im-internet.de/bbergg/index.html>

RICHTLINIE DES RATES DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFT 92/43/EWG VOM 21. MAI 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen (Fauna-Flora-Habitatrichtlinie). Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L (206): 7.

VERORDNUNG ÜBER DIE UMWELTVERTRÄGLICHKEITSPRÜFUNG BERGBAULICHER VORHABEN (UVP-V BERGBAU) VOM 13.07.1990, die zuletzt durch Artikel 2 der Verordnung vom 8. November 2019 (BGBl. I S. 1581) geändert worden ist (BGBl. I S. 1420), veröffentlicht durch das Bundesministerium der Justiz sowie des Bundesamts für Justiz <https://www.gesetze-im-internet.de/uvpbergbv/index.html>

Kontakt

Claudia M. Beyhl, M.Sc.
Gipskarst_Niedersachsen@gmx-topmail.de





Nele Zellmann

Nutzung des Heus von geschützten Halbtrockenrasen? Futterqualität ändert sich mit Nährstoffverfügbarkeit und Kräuter-Gräser-Verhältnis in einem Naturschutzgebiet in Norddeutschland



Foto: N. Zellmann

In einfachen Worten:

Womit beschäftigst du dich in deiner Arbeit?

Ich habe die Futterqualität eines Halbtrockenrasens in Bezug auf Heu für Pferde untersucht. Damit lässt sich möglicherweise die langfristige Erhaltung von Halbtrockenrasen mit der Bereitstellung von geeignetem Heu für Pferde vereinen.

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

Mich fasziniert, dass der Mensch selbst der eigentliche Grund für die Notwendigkeit der Forschung im Naturschutz ist. Das menschliche Eingreifen in die Natur hat sie verändert. Teilweise entstanden durch jahrhundertlanges schonende Nutzung wertvolle Kulturlandschaften, teilweise werden Ökosysteme besonders durch die heutige Übernutzung gefährdet. Daher sind wir in der Pflicht die Gesetzmäßigkeiten und Prozesse der Natur zu erforschen, um sie bestmöglich schützen zu können.

Was hat dich in deiner Arbeit am meisten überrascht?

Am meisten haben mich die teilweise sehr niedrigen Zuckergehalte im untersuchten Heu überrascht, das hätte ich so nicht erwartet. Das ist sehr positiv zu sehen, denn dadurch eignet sich das Heu sehr gut für die Fütterung von Pferden.

Welche Denkanstöße und Empfehlungen möchtest du Praktikerinnen und Praktikern oder Politikerinnen und Politikern mit auf dem Weg geben?

Meine Arbeit zeigt, dass sich das Heu eines Halbtrockenrasens durchaus als Heu für Pferde eignet. Für die Pferdehaltung, besonders von Freizeitpferden, eröffnet sich die Möglichkeit Heu von Halbtrockenrasen zu nutzen, um eine Überversorgung der Pferde zu vermeiden. Für Halbtrockenrasenflächen ergibt sich daher möglicherweise ein neues Nutzungsinteresse, was zur Erhaltung der Flächen beitragen kann.



Nutzung des Heus von geschützten Halbtrockenrasen?

Futterqualität ändert sich mit Nährstoffverfügbarkeit und Kräuter-Gräser-Verhältnis in einem Naturschutzgebiet in Norddeutschland

Using hay from protected semi-dry grasslands? Forage quality changed with nutrient availability and herb-grass ratio in a nature reserve in Northern Germany

Nele Zellmann

Zusammenfassung

Der Anteil an Intensivgrünland überwiegt gegenüber dem artenreichen Grünland, welches heute selten in Norddeutschland ist. Gleichzeitig wird der Großteil der Pferde in Deutschland zu Freizeitzwecken gehalten, so dass ihr Energieanspruch an Heu eher gering ist. Um zu untersuchen, wie sich die Heuqualität mit unterschiedlichen Ellenberg Nährstoffzahlen und Kräuter-Gräser-Verhältnissen ändert, wurde das Heu eines geschützten Halbtrockenrasen analysiert. Die Nährstoffzahl hatte einen signifikanten Effekt auf den Gehalt an Zucker, Fruktan und umsetzbarer Energie (ME). Das Kräuter-Gräser-Verhältnis hatte einen signifikanten Effekt auf den Gehalt an Fruktan, Rohprotein (CP) und ME. Bezüglich der Zucker- und CP-Gehalte erfüllte das untersuchte Heu die Ansprüche von Pferden vollständig, die Gehalte an Fruktan und ME eignen sich dagegen nur teilweise.

Futterqualität, Halbtrockenrasen, Heu, Pferde, Nährstoffzahl, Kräuter-Gräser-Verhältnis

Abstract

The proportion of intensive grasslands prevails species rich grasslands, which became rare and endangered in Northern Germany. Today, the majority of horses in Germany are kept for recreational reasons, so that their energy demand on hay is rather low. To investigate how hay quality changes with diverging Ellenberg nutrient value and herb-grass ratio, the hay of a protected semi-dry grassland was analyzed. The nutrient value had a significant effect on the content of sugar, fructan and metabolizable energy (ME). The herb-grass ratio had a significant effect on the content of fructan, crude protein (CP) and ME. Regarding sugar and CP contents, the hay from the study area fully meets the demands of horses, contents of fructan and ME are partially suitable.

Forage quality, Semi-dry grasslands, Hay, Horses, Nutrient value, Herb-grass ratio

doi: 10.23766/NiPF.202501.11

Einleitung

Halbtrockenrasen entstanden durch eine jahrhundertlange extensive Nutzung in Form von Beweidung oder Mahd auf nährstoffarmen und meist kalkreichen Böden (Zerbe, 2019). Sie bieten durch die besonderen Standortbedingungen Lebensraum für viele seltene Pflanzenarten und gehören zu den artenreichsten Ökosystemen in Mitteleuropa (Kiehl, 2019). Aufgrund umfangreicher Landnutzungsänderungen sind Halbtrockenrasen jedoch seit Mitte des 20. Jahrhunderts stark degradiert (Ellenberg & Leuschner, 2010; Zerbe, 2019). Viele Flächen wurden infolge der Erfindung des Kunstdüngers zu produktiveren Graslandtypen aufgedüngt (Ellenberg & Leuschner, 2010). Halbtrockenrasen und andere extensive Grünlandformen sind daher selten geworden (Tischew & Hölzel, 2019). Gleichzeitig ist Heu das Grundfuttermittel für Pferde (Steinhöfel et al., 2020). Dabei sind Pferde aufgrund ihrer Stammesentwicklung zu Zeiten vorherrschender Steppen an rohfaserreiches und energiearmes Futter angewiesen (Coenen &

Meyer, 2020c; Fritz & Maleh, 2016). Da der Großteil der Pferde in Deutschland zu Freizeitzwecken gehalten wird, bestehen, anders als häufig angenommen, aufgrund der geringen Beanspruchung wenig bis keine erhöhten Nährstoff- und Energieanforderungen (GfE, 2014). Daher liegt in den Futterrationen von Pferden oftmals eine Überversorgung einzelner Futterqualitätsparameter, insbesondere Zucker, vor (GfE, 2014; Vervuert & Meyer, 2020a), was in der Regel langfristig zu Krankheiten führt (Vervuert & Meyer, 2020b). So ist Laminitis (Hufrehe), die unter anderem durch Fütterungsfehler ausgelöst werden kann, die zweithäufigste Todesursache für Pferde (Fritz & Maleh, 2016).

Der Anstieg der Biomasseproduktion mit zunehmender Mineraldüngung wurde oftmals nachgewiesen (Dullau et al., 2023; Korevaar & Geerts, 2015). Dagegen ist die Ausprägung der Futterqualität unter ansteigenden Nährstoffverhältnissen bisher wenig untersucht. In den vorangegangenen Studien wurde der Einfluss der Nährstoffbedingungen auf die Futterqualität im Rah-

Tabelle 1: Ergebnisse der linearen Modelle der Effekte von Nährstoffzahl und Kräuter-Gräser-Verhältnis auf Zucker-, Fruktan-, Rohprotein- und ME-Gehalt mit Angabe der Freiheitsgrade, Sum of Squares, F-Wert und p-Wert (***p ≤ 0,001, ** p ≤ 0,01, *p ≤ 0,05).

	Nährstoffzahl (df = 1)				Kräuter-Gräser-Verhältnis (df = 1)			Nährstoffzahl x Kräuter-Gräser-Verhältnis (df = 1)		
	Error df	Sum Sq	F	p	Sum Sq	F	p	Sum Sq	F	p
Zucker R²= 0,2	48	29,1	15,02	0,0003***	1,59	0,82	0,37	0,97	0,5	0,48
Fruktan R²= 0,31	48	16,25	16,48	0,0002***	5,16	5,23	0,03*	0,16	0,16	0,69
CP R²= 0,08	48	0,18	0,15	0,7	7,46	6,39	0,01*	0,54	0,47	0,5
ME R²= 0,27	48	2,74	7,51	0,009**	6,13	16,81	0,0002***	0,32	0,89	0,35

Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) (Phoenix 5000 spectrometer BlueSun Scientific Inc.) analysiert. Der Parameter NFE wurde nach Coenen & Meyer (2020a) und die ME-Konzentration nach Wichert (2011) und GfE (2014) errechnet. Die Datenanalysen wurden mit R durchgeführt (Version 4.2.2 R Core Team, 2022). Dazu wurden lineare Modelle mit den Futterparametern Zucker, Fruktan, Rohprotein und ME als abhängige Variablen und Nährstoffzahl sowie Kräuter-Gräser-Verhältnis als unabhängige Variablen erstellt.

Ergebnisse

Die Nährstoffzahl hat den Gehalt an Zucker (p < 0,001), Fruktan (p < 0,001) und ME (p < 0,01) signifikant beeinflusst (Tabelle 1). Der Zucker- und Fruktangehalt stieg mit zunehmender Nährstoffzahl an (Abbildung 2 & 4), die ME-Konzentration nahm dagegen

mit zunehmender Nährstoffzahl ab (Abbildung 8). Auf den Rohproteingehalt hatte die Nährstoffzahl keinen signifikanten Einfluss (p > 0,5 Tabelle 1). Das Kräuter-Gräser-Verhältnis hatte einen signifikanten Effekt auf den Gehalt an Fruktan (p < 0,5), Rohprotein (p < 0,5) und die ME-Konzentration (p < 0,001) (Tabelle 1). Dabei stiegen die Gehalte der Futterparameter mit zunehmendem Kräuter-Gräser-Verhältnis an (Abbildung 5,7,9). Beim Zuckergehalt lag kein signifikanter Einfluss durch das Kräuter-Gräser-Verhältnisses vor (p > 0,5) (Tabelle 1).

Die Zucker- und Fruktangehalte bewegten sich zwischen 2,74 und 9,14 % der DM sowie 1,28 und 7,36 % der DM (Abbildung 2-5). Der Rohproteingehalt betrug 5,67 bis 11,17 % der DM und die ME-Konzentration 8,05 bis 5,15 MJ/kg DM (Abbildung 6-9).

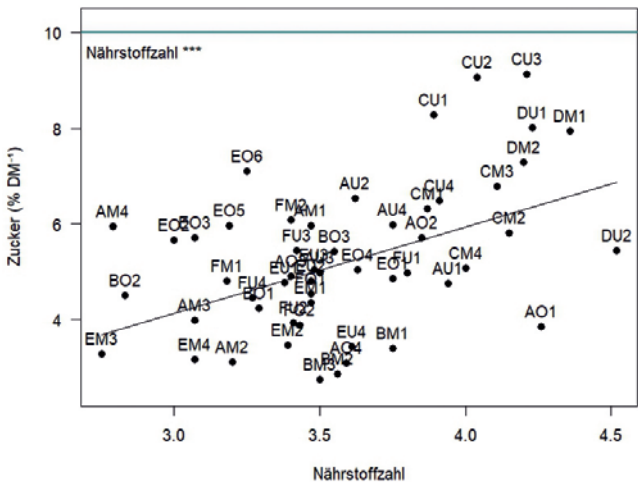


Abbildung 2: Zuckergehalt in Abhängigkeit zur Nährstoffzahl mit Kennzeichnung des empfohlenen Maximalgehaltes von 10 % nach LUFA Nord-West (2023) (***p ≤ 0,001). Grafik: N. Zellmann

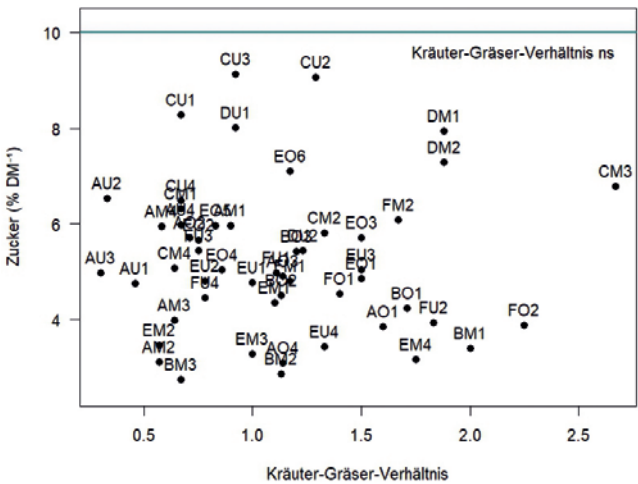


Abbildung 3: Zuckergehalt in Abhängigkeit zum Kräuter-Gräser-Verhältnis mit Kennzeichnung des empfohlenen Maximalgehaltes von 10 % nach LUFA Nord-West (2023) (ns: nicht signifikant). Grafik: N. Zellmann



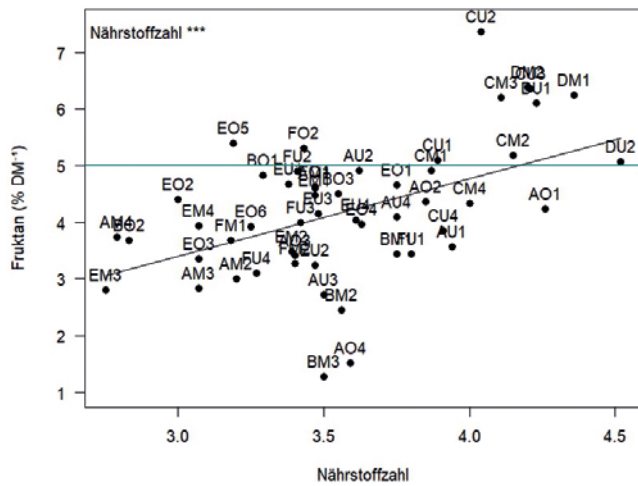


Abbildung 4: Fruktangehalt in Abhängigkeit zur Nährstoffzahl mit Kennzeichnung des empfohlenen Maximalgehaltes von 5 % nach LUFA Nord-West (2023) (** $p \leq 0,001$).

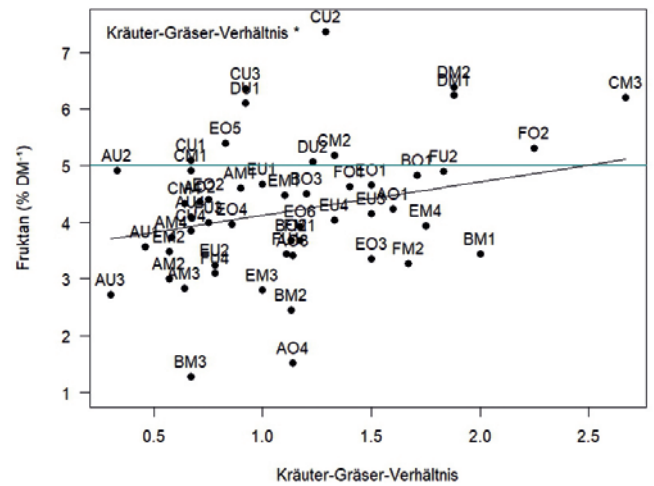


Abbildung 5: Fruktangehalt in Abhängigkeit zum Kräuter-Gräser-Verhältnis mit Kennzeichnung des empfohlenen Maximalgehaltes von 5 % nach LUFA Nord-West (2023) (* $p \leq 0.05$).

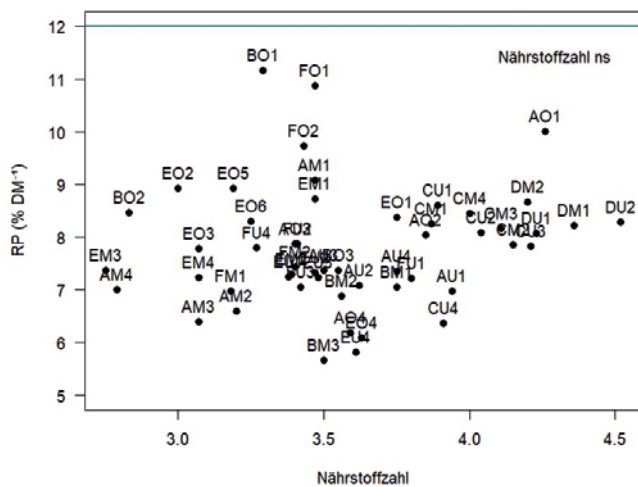


Abbildung 6: Rohproteingehalt in Abhängigkeit zur Nährstoffzahl mit Kennzeichnung des empfohlenen Maximalgehaltes von 12 % nach LUFA Nord-West (2023) (ns: nicht signifikant).

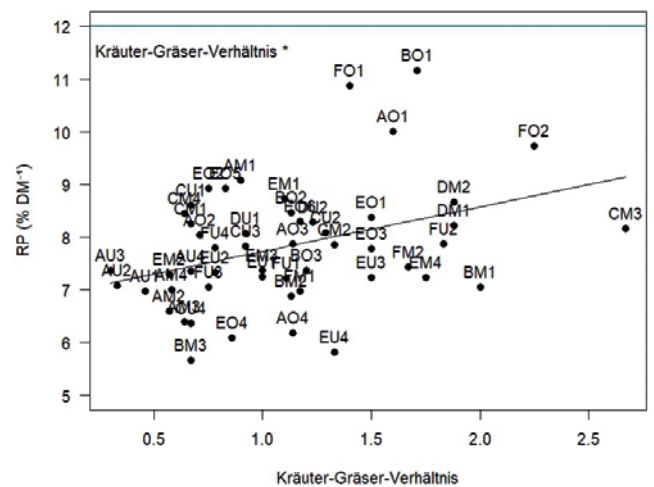


Abbildung 7: Rohproteingehalt in Abhängigkeit zum Kräuter-Gräser-Verhältnis mit Kennzeichnung des empfohlenen Maximalgehaltes von 12 % nach LUFA Nord-West (2023) (* $p \leq 0.05$).

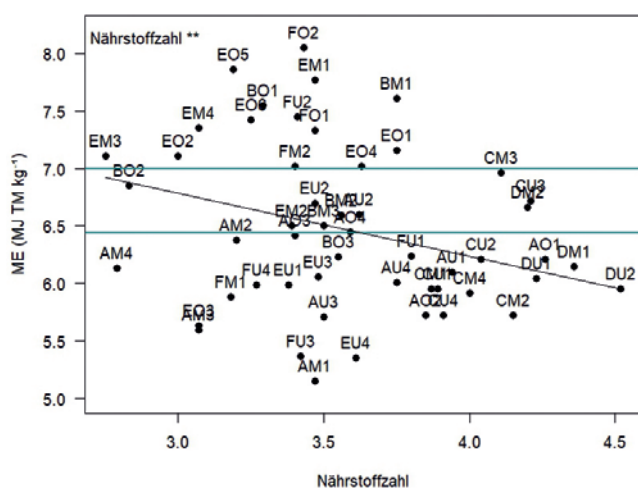


Abbildung 8: ME-Konzentration in Abhängigkeit zur Nährstoffzahl mit Kennzeichnung der empfohlenen täglichen ME-Aufnahme von 6,44 MJ DM kg⁻¹ für ein 300 kg Pony und 7 MJ DM kg⁻¹ für ein 600 kg Warmblut bei Fütterung von 1,5 kg Heu pro 100 kg LM nach GfE (2014) (** $p \leq 0.01$).

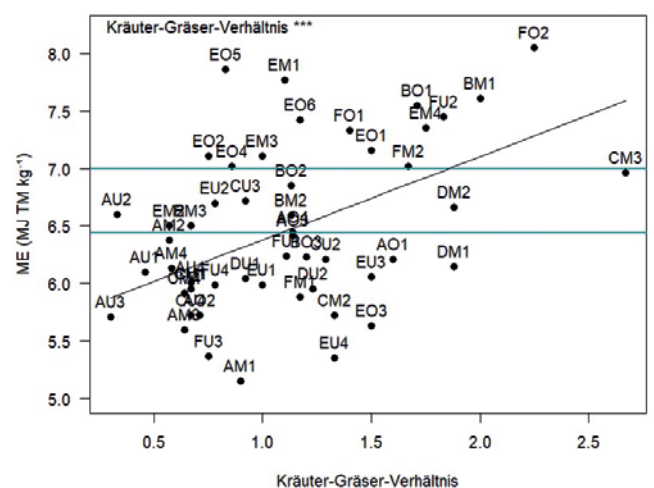


Abbildung 9: ME-Konzentration in Abhängigkeit zum Kräuter-Gräser-Verhältnis mit Kennzeichnung der empfohlenen täglichen ME-Aufnahme von 6,44 MJ DM kg⁻¹ für ein 300 kg Pony und 7 MJ DM kg⁻¹ für ein 600 kg Warmblut bei Fütterung von 1,5 kg Heu pro 100 kg LM nach GfE (2014) (** $p \leq 0.001$).

Alle Grafiken auf dieser Seite: N. Zellmann

Diskussion

Zucker

Die Zunahme des Zuckergehaltes mit zunehmender Nährstoffzahl kann mit der Änderung der Artenzusammensetzung erklärt werden. Zunehmende Nährstoffverfügbarkeiten bringen andere Arten und Deckungsverhältnisse hervor. Zu einzelnen produktiveren Gräserarten liegen Untersuchungen zu Zuckergehalten vor. So ermittelten Ojima und Isawa (1968) einen WSC-Gehalt (wasserlösliche Kohlenhydrate) für den Gewöhnlichen Glatthafer (*Arrhenatherum elatius*) von 7,7 % der DM und für das Gewöhnliche Knäuelgras (*Dactylis glomerata*) von 11,8 % der DM. Watts (2012) machten einen WSC-Gehalt von 14,4 % der DM für *Dactylis glomerata* aus. Die Untersuchungen fußen jedoch auf künstlichen Habitatbedingungen und unterscheiden sich somit von den natürlichen Habitatbedingungen dieser Studie, sodass sich die Erkenntnisse zum Zuckergehalt einzelner Arten nur eingeschränkt auf die Individuen dieser Studie übertragen lassen. Dazu sind weitere Untersuchungen in natürlichen Systemen notwendig.

Außerdem können die geringeren Zuckergehalte des Heus mit niedriger Nährstoffzahl durch plastische Reaktionen der Pflanzen erklärt werden. Niedrige Nährstoffverhältnisse reduzieren vermutlich die Photosyntheserate, sodass weniger Zucker vorliegt. Dabei limitieren die geringen Nährstoffverhältnisse nicht direkt die Photosynthese, sondern die Senkenaktivität, also das Wachstum und die Kohlenhydratspeicherung (Körner, 2014). Durch niedrige Nährstoffzahlen ist das Wachstum der Pflanzen des Halbtrockenrasens begrenzt (Ellenberg und Leuschner 2010). Eine geringe Senkenaktivität bedeutet, dass der Kohlenhydratbedarf für Wachstum und Respiration der Pflanze reduziert ist (Gessler und Zweifel 2024). Die Photosyntheserate ist daher begrenzt, denn die Pflanze kann nur so viel Photosynthese betreiben wie die produzierten Assimilate irgendwo in der Pflanze investiert werden können (Körner, 2014).

Bezüglich der empfohlenen Zuckergehalte im Heu für Pferde bleiben alle Heuproben unter dem Maximalwert von 10 % pro DM (Abbildung 2 & 3) (LUFA Nord-West, 2023). Viele Plots zeigten sehr niedrige Zuckergehalte weit unter 10 % pro DM, wodurch sich das Heu insbesondere für die Fütterung von stoffwechselgestörten Pferden eignet (Watts, 2004; Zeyner & Zentek, 2020).

Fruktan

Die höheren Fruktanwerte in Plots mit höherer Nährstoffzahl können wie beim Zucker durch die höhere Photosyntheserate, also der höheren Senkenaktivität erklärt werden, da Fruktan etwa 70 % des Zuckers ausmacht. Auch Schubiger et al. (1998) stellten eine Zunahme des Fruktangehaltes mit zunehmender Stickstoffdüngung fest. Vermutlich bestehen jedoch Unterschiede zwischen natürlichem und gedüngtem Grünland.

Die Zunahme des Fruktangehaltes mit steigendem Kräuter-Gräser-Verhältnis ist auf die generelle Zunahme der Arten zurückzuführen, die Fruktan zur Kohlenhydratspeicherung nutzen. Dazu gehören die Pflanzenfamilien *Asteraceae*, *Boraginaceae*, *Campanulaceae* und *Poaceae*, die im Untersuchungsgebiet vorkommen

(Hendry, 1987). In Plots mit höherem Kräuter-Gräser-Verhältnis kommen also neben den *Poaceae*-Arten, Kräuter der anderen fruktanspeichernden Pflanzenfamilien hinzu.

Bezüglich des Grenzwerts für Fruktan im Heu für Pferde, überschritten einige Plots den Maximalwert von 5 % (Abbildung 4 & 5) (LUFA Nord-West, 2023). Die geeignetsten Plots zur Erzeugung von Pferde-Heu haben eine Nährstoffzahl unter 4 und ein Kräuter-Gräser-Verhältnis von unter 0,9. Um das Heu des untersuchten Halbtrockenrasens für Pferde zu nutzen, müssen bei der Mahd die Bereiche der C- und D-Plots ausgelassen werden, da hier die Fruktangehalte zu hoch sind (Abbildung 1, 4 & 5).

Rohprotein

Die angenommene Zunahme des Rohproteingehalts mit steigender Nährstoffzahl konnte nicht nachgewiesen werden (Abbildung 6). Plots mit hohen Nährstoffzahlen wurden vermutlich durch die zunehmende Gräserdeckung mit steigender Nährstoffzahl beeinflusst, sodass die Rohproteingehalte niedriger ausfielen.

Der zunehmende Rohproteingehalt mit steigendem Kräuter-Gräser-Verhältnis deutet auf den höheren Proteingehalt von Kräutern hin. Ineichen et al. (2019) und Komainda et al. (2022) wiesen einen höheren Rohproteingehalt in kräuterreichem Heu als in gräserreichem Heu nach. Erklärt werden kann dies mit der Zunahme des Blatt-Stängel-Verhältnisses von Kräutern, da Blätter aufgrund ihrer höheren metabolischen Aktivität proteinreicher sind (Körner, 2014). Zudem waren zur Zeit der Probennahme viele Gräser bereits bei der Samenreife und hatten trockene Stängel, wohingegen die meisten Kräuter noch nicht vollständig in der Blüte standen. Mit zunehmender Pflanzenreife werden Proteine zu Gerüstsubstanzen umgebaut (Steinhöfel et al., 2020), sodass der Rohproteingehalt sinkt.

Hinsichtlich der empfohlenen Rohproteingehalte im Heu für Pferde verbleiben alle Plots unter dem empfohlenen Maximalwert von 12 % Rohprotein der DM (LUFA Nord-West, 2023), sodass sich das Heu sehr gut für Pferde eignet. Allerdings wäre für eine korrekte Bewertung des Proteingehaltes die Bestimmung des pcd CP-Gehaltes (präcaecal verdauliches Rohprotein) notwendig. Denn nur das nicht fasergebundene Protein ist für die Deckung des Aminosäurenbedarfes für Pferde relevant, das ausschließlich vom Dünndarm resorbiert wird (Coenen & Meyer, 2020b).

ME

Entgegen der Hypothese ist die ME-Konzentration nicht mit zunehmender Nährstoffzahl angestiegen, sondern abgesunken (Abbildung 8). Dies ist auf die Abnahme des Futterqualitätsparameters der stickstofffreien Extraktstoffe (NFE), also Zucker, Stärke und Hemizellulose, zurückzuführen, die Bestandteil der Ermittlung der ME sind (GfE, 2014; Wichert, 2011). Denn innerhalb dieser Gruppe nimmt der Anteil der Hemizellulose mit zunehmender Nährstoffzahl ab. Zurückzuführen ist dies auf den hohen Kräutergehalt (75 – 80 %) in Plots mit hoher Nährstoffzahl (AO1, CM3, DM1, DM2, DU2), denn dikotyle Pflanzen enthalten natürlicherweise weniger Hemizellulose (Schopfer et al., 2010). Auch Ineichen et al. (2019) stellten niedrigere Hemizellulosegehalte im kräuterrei-

chen als im gräserreichen Heu fest. Hinzu kommt, dass die anderen Parameter, aus denen sich die NFE und ME zusammensetzt, diesem negativen Trend nicht entgegenwirken können. So ist der Zucker- und Fruktangehalt geringer als der Hemizellulosegehalt, und bei der Stärke sowie dem Rohprotein- und Rohfasergehalt liegt kein Zusammenhang mit der Nährstoffzahl vor.

Die Zunahme der ME-Konzentration mit steigendem Kräuter-Gräser-Verhältnis weist darauf hin, dass Kräuter generell energiereich sind. Thielecke (2023) wies ME-Konzentrationen von 12.43 bis 15.73 MJ DM kg⁻¹ bei 21 verschiedenen Kräuterarten nach. Zwar nimmt der Hemizellulosegehalt mit zunehmenden Kräuter-Gräser-Verhältnis aufgrund der hohen Kräutervorkommen ebenfalls ab, jedoch wird dieser Effekt von den anderen Parametern ausgeglichen. Zum einen ist Stärke das Speicherkohlenhydrat der meisten Kräuterfamilien im Untersuchungsgebiet, sodass bei Zunahme des Kräutervorkommens der Stärkegehalt ansteigt. Somit wird der Zusammenhang der NFE mit dem Kräuter-Gräser-Verhältnis insgesamt positiv. Zum anderen steigt der Rohproteingehalt signifikant mit zunehmendem Kräuter-Gräser-Verhältnis an (Abbildung 9).

Hinsichtlich des täglichen Energiebedarfes von Pferden kann das untersuchte Heu die empfohlenen Energiegehalte erreichen. Dabei unterscheidet sich der Energieanspruch je nach Rasse, Gewichtsklasse und Fütterungsmenge (GfE, 2014). Die Fütterungsmenge gibt hierbei den entscheidenden Aufschluss, pro Tag sollten etwa 1 – 2 kg Heu pro 100 kg Körpergewicht gefüttert werden (GfE, 2014; LfL, 2022). So ist bei der Fütterung von 1 kg Heu pro 100 kg Körpergewicht für ein 300 kg schweres Pony ein ME-Gehalt des Heus von 9,6 MJ DM kg⁻¹ und für ein 600 kg schweres Warmblut ein ME-Gehalt von 10.5 MJ DM kg⁻¹ notwendig (GfE, 2014). Diese ME-Konzentrationen kann das untersuchte Heu nicht vorweisen (Abbildung 8 & 9). Bereits ab einer Fütterung von 1,5 kg Heu pro 100 kg Körpergewicht kann das Heu die empfohlenen ME-Gehalte von 6.44 MJ DM kg⁻¹ für ein 300 kg schweres Pony und 7 MJ DM kg⁻¹ für ein 600 kg schweres Warmblut jedoch erreichen (Abbildung 8 & 9).

Ausblick

Mit der Erkenntnis, dass sich das Heu des Halbtrockenrasens „Steinberg bei Wesseln“ insgesamt gut für Pferde eignet, könnten der Erhalt und Schutz von Halbtrockenrasen durch das neue Nutzungsinteresse gefördert werden. Voraussichtlich besteht eine Vereinbarkeit zwischen der Bereitstellung von geeignetem Heu für Pferde mit der langfristigen Erhaltung von Halbtrockenrasen. Für eine gesicherte Aussage sind weitere Untersuchungen in Bezug auf die Futterqualität einzelner Arten sowie die Änderung der Futterqualität zu verschiedenen Schnitzeitpunkten des Heus auf verschiedenen Halbtrockenrasenflächen nötig.

Danksagung

Ich möchte mich herzlich bei meinen beiden Betreuenden Prof. Dr. Johannes Metz (Universität Hildesheim) und Dr. Friederike Riesch (Universität Göttingen) für die Unterstützung meiner Forschungs-idee, die wertvollen Anregungen, die fachlichen Diskussionen und die gute Zusammenarbeit bedanken.

Quellenverzeichnis

- COENEN, M., & MEYER, H. (2020A). Futtermittel. In M. Coenen & I. Vervuert (Hrsg.), *Pferdefütterung* (6.). Georg Thieme Verlag.
- COENEN, M., & MEYER, H. (2020B). Grundlagen der Ernährung. In M. Coenen & I. Vervuert (Hrsg.), *Pferdefütterung* (6.). Georg Thieme Verlag.
- COENEN, M., & MEYER, H. (2020c). Vom Laubfresser zum „Hafermotor“. In M. Coenen & I. Vervuert (Hrsg.), *Pferdefütterung* (6.). Georg Thieme Verlag.
- DULLAU, S., KIRMER, A., TISCHEW, S., HOLZ, F., MEYER, M. H., & SCHMIDT, A. (2023). Effects of fertilizer levels and drought conditions on species assembly and biomass production in the restoration of a mesic temperate grassland on ex-arable land. *Global Ecology and Conservation*, 48, e02730. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2023.e02730>
- ELLENBERG, H., & LEUSCHNER, C. (2010). Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen: In ökologischer, dynamischer und historischer Sicht; 203 Tabellen (6., vollst. neu bearb. und stark erw. Aufl). Ulmer.
- FRITZ, C., & MALEH, S. (2016). Zivilisationskrankheiten des Pferdes – Ganzheitliche Behandlung chronischer Krankheiten (2.). Georg Thieme Verlag.
- GESSLER, A., & ZWEIFEL, R. (2024). Beyond source and sink control – toward an integrated approach to understand the carbon balance in plants. *New Phytologist*, nph.19611. <https://doi.org/10.1111/nph.19611>
- GfE, (GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNGSPHYSIOLOGIE). (2014). Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Pferden (Vollst. überarb. Neuausg). DLG-Verl.
- HENDRY, G. (1987). THE ECOLOGICAL SIGNIFICANCE OF FRUCTAN IN A CONTEMPORARY FLORA. *New Phytologist*, 106(s1), 201–216. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1987.tb04690.x>
- INEICHEN, S., KUENZLER, A. D., KREUZER, M., MARQUARDT, S., & REIDY, B. (2019). Digestibility, nitrogen utilization and milk fatty acid profile of dairy cows fed hay from species rich mountainous grasslands with elevated herbal and phenolic contents. *Animal Feed Science and Technology*, 247, 210–221. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.11.011>
- KIEHL, K. (2019). Kalkmagerrasen. In J. Kollmann, A. Kirmer, S. Tischew, N. Hölzel, & K. Kiehl, *Renaturierungsökologie* (S. 329–347). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-54913-1_19



- KOMAINDA, M., MUTO, P., & ISSELSTEIN, J. (2022). Interaction of multispecies sward composition and harvesting management on herbage yield and quality from establishment phase to the subsequent crop. *Grass and Forage Science*, 77(1), 89–99. <https://doi.org/10.1111/gfs.12554>
- KOREVAAR, H., & GEERTS, R. (2015). Long-term effects of nutrients on productivity and species-richness of grasslands: The Ossenkampen Grassland Experiment. *Aspects of Applied Biology*, 128, 253–256.
- KÖRNER, C. (2014). Pflanzen im Lebensraum. In J. W. Kadereit, C. Körner, B. Kost, & U. Sonnewald, *Strasburger – Lehrbuch der Pflanzenwissenschaften* (S. 759–810). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-54435-4_27
- LfL, (BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT). (2022). Gruber Tabelle zur Pferdefütterung (8.).
- LUFA NORD-WEST. (2023). Orientierungshilfen zur Beurteilung von Heu-Untersuchungen für die Pferdefütterung. Unpublished document. Institut für Futtermittel.
- NLWKN, (NIEDERSÄCHSISCHER LANDESBETRIEB FÜR WASSERWIRTSCHAFT, KÜSTEN-UND NATURSCHUTZ). (2007). Verordnung über das Naturschutzgebiet „Steinberg bei Wesseln“ in der Stadt Bad Salzdetfurth, Landkreis Hildesheim.
- OJIMA, K., & ISAWA, T. (1968). The variation of carbohydrates in various species of grasses and legumes. *Canadian Journal of Botany*, 46(12), 1507–1511. <https://doi.org/10.1139/b68-208>
- R CORE TEAM. (2022). R: A language and environment for statistical computing [Software]. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- SCHOPFER, P., BRENNICKE, A., & MOHR, H. (2010). *Pflanzenphysiologie* (7. Aufl.). Spektrum, Akad. Verl.
- SCHUBIGER, F. X., BOSSHARD, H.-R., & LEHMANN, J. (1998). Nicht-strukturbildende Kohlenhydrate im Wiesenfutter. *Agrar Forschung*, 5(2), 65–68.
- STEINHÖFEL, O., GIERUS, M., & JEROCH, H. (2020). Grünfutter. In H. Jeroch, W. Drochner, M. Rodehutsord, A. Simon, O. Simon, & J. Zentek (Hrsg.), *Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere: Ernährungsphysiologie, Futtermittelkunde, Fütterung* (3., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage). Verlag Eugen Ulmer.
- THIELECKE, D. (2023). Potential new grassland species and its suitability for equestrian nutrition. Master's thesis in the scientific programme Equine Science at the Georg-August-Universität Göttingen, Faculty of Agricultural Sciences.
- TISCHEW, S., & HÖLZEL, N. (2019). Wirtschaftsgrünland. In J. Kollmann, A. Kirmer, S. Tischew, N. Hölzel, & K. Kiehl, *Renaturierungsökologie* (S. 349–368). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-54913-1_20
- VERVUERT, I., & MEYER, H. (2020a). Diagnostik zur Überprüfung einer adäquaten Energie- und Nährstoffversorgung. In M. Coenen & I. Vervuert (Hrsg.), *Pferdefütterung* (6.). Georg Thieme Verlag.
- VERVUERT, I., & MEYER, H. (2020b). Fütterungsempfehlungen bei Krankheiten und Störungen. In M. Coenen & I. Vervuert (Hrsg.), *Pferdefütterung* (6.). Georg Thieme Verlag.
- WATTS, K. A. (2004). Forage and pasture management for laminitic horses. *Clinical Techniques in Equine Practice*, 3(1), 88–95. <https://doi.org/10.1053/j.ctep.2004.07.009>
- WATTS, K. A. (2012). Carbohydrates in Forage: What is a Safe Grass? In J. D. Pagan (Hrsg.), *Advances in Equine Nutrition IV* (S. 29–42). Nottingham University Press. <https://doi.org/10.7313/UPO9781908062130.005>
- WICHERT, B. (2011). Energiebewertung beim Pferd. <https://doi.org/10.5167/UZH-58464>
- ZERBE, S. (2019). Renaturierung von Ökosystemen im Spannungsfeld von Mensch und Umwelt: Ein interdisziplinäres Fachbuch. Springer Spektrum.
- ZEYNER, A., & ZENTEK, J. (2020). Fütterung der Pferde. In H. Jeroch, W. Drochner, M. Rodehutsord, A. Simon, O. Simon, & J. Zentek (Hrsg.), *Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere: Ernährungsphysiologie, Futtermittelkunde, Fütterung* (3., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage). Verlag Eugen Ulmer.

Kontakt

Nele Zellmann, M.Sc.
Stiftung Universität Hildesheim
nele.zellmann@htp-tel.de





Jane Telkmann

Anwendung einer ethnografischen Untersuchung zur Analyse von potenziellen Nutzungskonflikten in sozial-ökologischen Systemen am Beispiel des Naturschutzgebiets Lüneburger Heide



Grafik: J. Telkmann

In einfachen Worten:

Womit beschäftigst du dich in deiner Arbeit?

In meiner Arbeit beschäftige ich mich mit der Interaktion zwischen Besucherinnen und Besuchern des Naturschutzgebiet Lüneburger Heide und der Naturschutzfläche als Lebensraum der seltenen Birkhühner. Ich schaue wie die Menschen auf ihre Umwelt einwirken, welche Intentionen sie verfolgen und wie sich dieses Verhalten auf die Lebensraumansprüche der Birkhühner auswirken kann. Denn ein Naturschutzgebiet erfüllt viele Funktionen: Lebensraum für bedrohte Arten, Naherholungsgebiet und Tourismushotspot. Da kommt die Frage auf, ob diese Funktionen sich untereinander beeinträchtigen.

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

Es gibt stets etwas Neues zu entdecken. Bei der näheren Beschäftigung mit der Birkhuhnpopulation in der Lüneburger Heide habe ich herausgefunden, dass viele Verhaltensweisen der Population sowie die konkreten Ursachen des Populationsrückgangs noch unerforscht sind. Das macht den Schutz der Birkhühner nicht einfacher. Die Komplexität ökologischer Systeme lässt mich ebenfalls jedes Mal aufs Neue staunen.

Was hat dich in deiner Arbeit am meisten überrascht?

Dass die Frage nach dem Nutzungskonflikt innerhalb des Naturschutzgebiets Lüneburger Heide eigentlich eine Frage nach dem Nutzungskonflikt außerhalb des Naturschutzgebiets ist, denn unsere Kulturlandschaft wird immer unattraktiver für Menschen und Tiere und bietet weder ausreichend Lebensräume noch Erholungswert. All das muss ein Naturschutzgebiet heute leisten.

Welche Denkanstöße und Empfehlungen möchtest du Praktikerinnen und Praktikern oder Politikerinnen und Politikern mit auf dem Weg geben?

Ich habe in meiner Arbeit ein Naturschutzthema mit Hilfe einer qualitativen Methode behandelt, da ich der Auffassung bin, dass sich ein sozial-ökologisches System nicht ohne die Erfassung und Beobachtungen der Wechselwirkungen zwischen sozialen und ökologischen Faktoren erfassen lässt. Deshalb empfehle ich Naturschutzarbeit nicht nur mit Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftlern zu gestalten, sondern auch Soziologinnen und Soziologen sowie Pädagoginnen und Pädagogen an Bord zu holen, denn ohne Akzeptanz und Engagement der Menschen wird Naturschutz nicht gelingen.

Wie viel Tourismus verträgt das Birkhuhn? Eine ethnografische Untersuchung zur Analyse von potenziellen Nutzungskonflikten in sozial-ökologischen Systemen am Beispiel des Naturschutzgebiets Lüneburger Heide

How much tourism can the black grouse tolerate? An ethnographic study to analyse potential conflicts of use in socio-ecological systems using the example of the Lüneburger Heide nature reserve

Jane Telkmann

Zusammenfassung

Das Naturschutzgebiet Lüneburger Heide ist unter anderem der Erhaltung und Wiederherstellung eines guten Zustands der Art Birkhuhn (*Tetrao tetrix*) verpflichtet. Gleichzeitig dient das Gebiet tausenden Besuchenden jährlich als Ort der Erholung und Freizeitgestaltung. Die Ansprüche von Birkhuhn und Besuchenden stimmen jedoch nicht immer überein, was zu Nutzungskonflikten führt. Die ethnografische Untersuchung deutet darauf hin, dass die meisten Besuchenden sich an die vorgegebenen Regeln halten, jedoch das dichte Wegenetz und die menschlichen Eingriffe den Lebensraum des Birkhuhns beeinträchtigen könnten. Es wird empfohlen, ein angepasstes Besuchendenmanagement einzuführen und Bildungsmaßnahmen zu ergreifen, um das naturschutzkonforme Verhalten der Besuchenden zu fördern und ihre Identifikation mit dem Gebiet zu stärken.

Sozial-ökologische-Systeme, Birkhuhn, Ethnografie, Qualitative Forschung, Artenschutz, Nutzungskonflikte, Naturschutzgebiete

Abstract

The Lüneburger Heide nature reserve is committed to the conservation and propagation of the black grouse species (*Tetrao tetrix*). At the same time, the area serves as a place of recreation and leisure for thousands of visitors every year. However, the requirements of black grouse and visitors do not always coincide, which leads to conflicts of use. The ethnographic study indicates that most visitors adhere to the prescribed rules, but that the dense network of paths and human interventions could affect the black grouse's habitat. It is recommended that an adapted visitor management system be introduced and educational measures be taken to encourage visitors to behave in accordance with nature conservation regulations and to strengthen their identification with the area.

Social-ecological systems, black grouse, ethnography, qualitative research, species conservation, conflicts of use, nature reserves

doi: 10.23766/NiPF.202501.12

Einleitung

Die Lüneburger Heide in Niedersachsen ist nicht nur ein beliebtes Ausflugsziel und Anlaufpunkt zahlreicher Besuchender während der Heideblüte, sie ist auch die letzte Heimat der Birkhühner in der norddeutschen Tiefebene. Der Bestand der Art, die früher charakteristisch für das Land Niedersachsen war, brach in den 1970er Jahren aufgrund von Landnutzungsänderung drastisch ein und die Birkhühner verschwanden seit 1995 fast vollständig aus der Landschaft (Prüter & Wübbenhorst 2007). Nur eine zusammenhängende Population von ca. 200 Individuen hat sich seither in der Lüneburger Heide halten können, doch auch diese Population unterliegt einem negativen Trend (Prüter & Wübbenhorst 2007). Denn trotz einer Schutzgebietsgröße von 23.480 ha und zahlreichen potenziellen Habitaten bleibt die Population klein, ohne dass die Faktoren für den Rückgang eindeutig zu benennen sind (Abbildung 1). Ist es möglich, eine Birkhuhnpopulation in einem stark von Besuchenden frequentierten Gebiet wie der Lüneburger Heide zu erhalten, oder steht das Besuchendenverhalten im Widerspruch

zu den Bedürfnissen dieser Art? Und wie können solche Konflikte identifiziert werden? Die enge Verflechtung von Mensch und Umwelt erfordert neue Methoden, um Einflüsse und Auswirkungen aufeinander zu erfassen. Um sich dieser Komplexität ganzheitlich anzunähern, wird eine Kurzethnografie durchgeführt, die Nutzungskonflikte ganzheitlich zu erfassen sucht.

Methodik

Um die Wechselwirkungen zwischen Mensch und Natur zu verstehen, wird das Konzept der sozial-ökologischen Systeme (SES) verwendet, das soziale und ökologische Systeme als miteinander verbundene Einheiten betrachtet. Dieses Framework, entwickelt von Forschern wie Elinor Ostrom, betont die Notwendigkeit, menschliche Einflüsse in Naturschutzgebieten zu berücksichtigen, insbesondere in stark frequentierten Gebieten wie der Lüneburger

Birkhuhn - Bestandsentwicklung NSG Lüneburger Heide 2012 - 2022

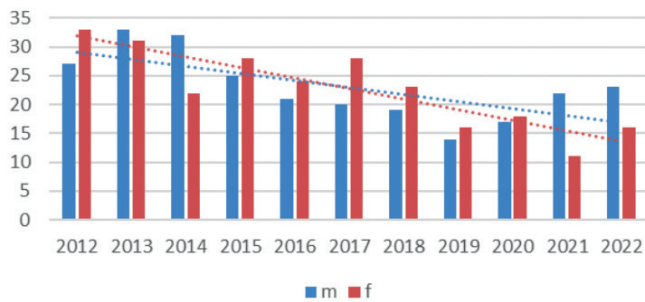


Abbildung 1: Bestandsentwicklung Birkhuhn im Naturschutzgebiet Lüneburger Heide zwischen 2012 - 2022. Bestandszahlen und Abbildungen vom NLWKN (Quelle: Sandkühler et al. 2023)

ger Heide. Die Ethnografie ist eine Dokumentationsmethode, die darauf abzielt, Menschen in ihren situativen Kontext beim Ausüben von Alltagshandlungen zu beobachten (Breidenstein et al. 2015). Sie vereint unterschiedliche methodische Ansätze und eröffnet den Raum für die Integration qualitativer Methoden in die naturwissenschaftliche Forschung und die umfassendere Analyse von komplexen Systemen. Die Untersuchungen fanden in zwei stark frequentierten Gebietsteilen um den Wilseder Berg des Naturschutzgebiets Lüneburger Heide statt, in denen zur Balzzeit regelmäßig Birkhühner zu beobachten sind. Die Felddaten wurden an sechs Tagen an fünf verschiedenen Wochenenden zwischen dem 12.05.2024 und dem 16.06.24 erhoben. Für die Erhebung wurde das Gebiet vorzugsweise zu Fuß und in Teilen mit dem Fahrrad erkundet. Erhoben wurden den Untersuchungsgegenstand bezogene Beobachtungen, die in Notizen und Fotos mit Standortmarkierungen festgehalten wurden. Zudem wurden am 09.06.24 und am 16.06.24 Gespräche mit Besuchenden auf dem Wilseder Berg geführt, die ebenfalls schriftlich festgehalten wurden. Es wurden 24 Gruppen, Paare und Einzelpersonen befragt. Die erhobenen Daten wurden transkribiert und in MAXQDA24 mit Codes versehen und analysiert. Im Anschluss fand eine Verdichtung der einzelnen Felddaten statt, sodass ein Bericht entstand, welcher alle Beobachtungen auf eine lebendige, erzählerische Weise wiedergibt und den Lesenden mit zurück ins Feld nimmt, um die Beobachtungen mitzerleben. Teile dieses Berichts sind im folgenden Abschnitt zu lesen.

Ergebnisse

Es fällt auf, dass diese Kulturlandschaft nach wie vor in hohem Maße durch den Menschen geprägt ist. Obwohl die Beschilderung zurückhaltend gestaltet ist, auf Mülleimer verzichtet wird, Bänke und zahlreiche Wegweiser aus Naturmaterialien bestehen und sich somit gut in die Landschaft einfügen, entsteht nicht der Eindruck, dass Besuchende sich aufgrund der Weite verlaufen könnten. Das Wegenetz ist dicht und Informationstafeln, Aussichtstürme oder

Bänke sind in großer Zahl im Gebiet verteilt (Abbildung 2). Die Geräusche von Wanderern, Fahrradfahrern, Kutschen und Flugzeugen begleiten den Besuchenden selbst in der kühlen Nebensaison durch die Heide. Hinweise zu Cafés und Einkehrmöglichkeiten sind häufig zu finden. Es macht eher den Eindruck, als wenn das Gebiet eine Art natürlich gestaltetes Freizeitgebiet für Menschen ist, welches für eine große Zahl Besuchender ausgelegt ist. Die Wege sind breit, die Bänke zahlreich und Parkmöglichkeiten umfangreich. Auf halber Strecke liegt Wilsede, sodass Besuchende gastronomisch versorgt werden können. Das Naturschutzgebiet dient der lokalen Bevölkerung sowohl als Einnahmequelle durch Tourismus, als auch zur Naherholung. Vor allem die Heideflächen, ein Hauptlebensraum der Birkhühner, sind durch ein dichtes Wegenetz häufig zerschnitten.

Aus den Beobachtungen lässt sich schließen, dass den meisten Besuchenden des Naturschutzgebiets Lüneburger Heide nicht bewusst ist, dass im Gebiet eine störungsempfindliche und geschützte Art lebt. Die Besuchenden verhalten sich größtenteils entsprechend der Vorgaben und nutzen die Infrastruktur, die ihnen geboten wird. Bänke, Wege, Aussichtstürme, Informationstafeln, Stationen und Hügel, die betreten werden dürfen, werden gut angenommen. Manche Besuchende betreten Flächen, die sie nicht betreten sollten. Jedoch entstand nicht der Eindruck, als sei die Absicht oder das Wissen, dass dieses Verhalten Tiere stören könnte, vorhanden. Fehlt eine Absperrung, wird auch gerne ein Schritt in die Fläche gemacht, um ein noch besseres Foto zu schießen. Fehlt die Toilette, wird sich im Gebüsch erleichtert und das Taschentuch aufgrund fehlender Mülleimer vor Ort hinterlassen.

Handlungsempfehlung

Ein Gebietsmanagement sollte anstreben, den möglichen negativen Einfluss von Besuchenden auf das System durch Geräusche und Bewegungen gering zu halten. Durch das Ausdünnen des Wegenetzes oder die Erweiterung des Naturschutzgebietes und



Abbildung 2: Lehrpfad-Station 2 in Gebietsteil A. Die Platzierung einer Lehrpfad-Station sollte gut überlegt sein: Hier führen Trampelpfade aus allen Richtungen zur Station, da die erhöht stehende Holztafel eher sichtbar ist, als die Wegführung. Interaktive Elemente erzeugen darüber hinaus Geräusche. Foto: J. Telkmann

das gleichzeitige Einrichten von Kernzonen könnten Ruhezonen geschaffen werden, die den wildlebenden Tieren in den Heideflächen mehr Raum und Rückzugsmöglichkeiten geben.

Herkömmliche Lehrpfade und Informationstafeln sind wichtig, sollten jedoch dort platziert werden, wo die Besuchendenfrequenz und die Störung generell höher sind, um die Aktivitäten der Besuchenden auf weniger Punkte zu konzentrieren. Insgesamt könnte eine gute Besuchendenführung in Form von klarer Beschilderung der Hauptattraktionen einen Großteil der Besuchenden über ausgewählte Strecken sicher zum Ziel leiten. Somit könnten weitere Nebenwege entlastet und eventuell rückgebaut werden, um das dichte Streckennetz aufzulockern. Zu beachten sind die Einflüsse der sozialen und ökologischen Faktoren auf die Zufriedenheit der Besuchenden, um Anpassungsstrategien der Besuchenden, wie zum Beispiel das Verlassen der Wege für einen ruhigen Ort oder ein besseres Foto, zu vorzuziehen. Deshalb sollte sichergestellt werden, dass die Wege in der Hauptsaison nicht überlaufen sind und dass die Besuchenden den erwarteten Blick auf weite Heidelandschaften erhalten. Oder aber, die Unzufriedenheit der Besuchenden wird in Kauf genommen, sodass sich auf lange Sicht die Zahl der Besuchenden reduziert.

Um Besuchende, die die Fläche häufiger besuchen oder die gerne außerhalb der direkten Pfade gehen, abzuholen, könnten anspruchsvollere Wege ausgewiesen werden. Ein Vorschlag könnte die Einrichtung von Flüsterwegen sein. Wenig besuchte Nebenstrecken werden explizit als Flüsterweg ausgewiesen, auf denen Fahrradfahren untersagt ist und Besuchende Unterhaltungen einstellen sollen. Ein sogenannter Flüsterweg hätte zwei Effekte: Zum Einen würde er die Störungen durch Besuchende reduzieren, da diese sich leiser durch die Fläche bewegen. Zum Anderen würde er Besuchende zur Achtsamkeit aufrufen und die Wahrnehmung der Natur um sie herum steigern.

Die Befragungen im Rahmen der Untersuchung zeigen, dass nur wenige Besuchende das scheue Birkhuhn kennen. Aufklärung über den aktuellen Zustand der Population könnte zum Schutz des Birkhuhns beitragen. So könnte die (temporäre) Einrichtung von Ruhezonen durch Wegsperrungen auf höhere Akzeptanz treffen, wenn Besuchende über den Grund der Sperrung informiert werden. Vor allem die lokale Bevölkerung könnte durch eine Förderung der Identifikation mit dem Charaktervogel stärker in den Artenschutz eingebunden werden. Durch gezielte Aufklärungsarbeit könnten hier Multiplikatoren gewonnen werden, die in der Fläche soziale Kontrolle auf andere Besuchende ausüben würden.

Betrachten wir das Naturschutzgebiet als SES, welches durch Verbindungen und Rückkoppelungen innerhalb und zwischen den sozialen und ökologischen Komponenten gekennzeichnet ist, so sind die Auswirkungen der Besuchenden auf die Fläche tendenziell eher negativ. Der Einfluss der Besuchenden auf das System hängt maßgeblich von ihrem Verhalten und ihrer Nutzung des Gebiets ab. Derzeit ist die Nutzung einseitig, das heißt, die Besuchenden genießen die Vorteile des Naturschutzgebiets. Doch können sie auch etwas zurückgeben? Es wäre wünschenswert, wenn die Besuchenden auch direkte positive Auswirkungen auf

das System hätten. Dies könnte sich beispielsweise in Form von Engagement für den Erhalt und die Erweiterung des Lebensraums der Birkhühner sowie in rücksichtsvollem Verhalten und der Akzeptanz von Ruhezonen und Schutzgebieten zeigen. Um ein solches Verhalten zu fördern, ist es jedoch zunächst erforderlich, dass die Besuchenden über die Existenz des Birkhuhns in der Lüneburger Heide informiert sind.

Fazit

Das Naturschutzgebiet fungiert als wirtschaftlicher Motor für die Region. Es ist von zentraler Bedeutung, dass der Bevölkerung intakte Naturräume, die frei zugänglich sind, zur Verfügung stehen und eine touristische Nutzung ist nicht zu beanstanden. Doch sollte die Balance zwischen menschlicher Nutzung und Raum für Natur in einem Naturschutzgebiet nicht aus den Augen verloren werden. Es ist interessant zu beobachten, dass sich beide zentralen Charaktere dieser Untersuchung, Birkhuhn und Mensch, in die letzten Freiflächen frei von Bebauung, Landwirtschaft, Gewerbe und Autoverkehr zurückziehen. Das Naturschutzgebiet Lüneburger Heide muss viel leisten. Es hat gar den Anschein, als wenn es all die Fehler, die in den letzten Jahren begangen wurden, wieder ausbügeln muss. Unsere Kulturlandschaft wird immer unattraktiver für Menschen und Tiere und bietet weder ausreichend Lebensräume noch Erholungswert. Damit steht die Frage im Raum: Handelt es sich beim diagnostizierten Nutzungskonflikt innerhalb des Naturschutzgebiets Lüneburger Heide nicht eigentlich um einen Nutzungskonflikt außerhalb des Naturschutzgebiets?

Quellenverzeichnis

- BREIDENSTEIN, G., HIRSCHAUER, S., KALTHOFF, H., & NIESWAND, B. (2015). Ethnografie: Die Praxis der Feldforschung. UTB.
- SANDKÜHLER, K., DÜTTMANN, H., & HEIN, F. (2023, APRIL 13). Birkhuhnschutz in Niedersachsen unter besonderer Berücksichtigung der Vorgaben der EU Vogelschutzrichtlinie (RL 2009/147/EG). Birkhuhn-Symposium 2023, Schneverdingen.
- WÜBBENHORST, J., & PRÜTER, J. (2007). Grundlagen für ein Artenhilfsprogramm „Birkhuhn in Niedersachsen“ (Bd. 42). Niedersächsisches Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz.

Kontakt

Jane Telkmann, M.Sc.
Leuphana Universität Lüneburg
jane.telkmann@posteo.de





Milan Büscher

Vom Erleben der biologischen Vielfalt zum Handeln: Wie signifikante Lebenserfahrungen Werte formen und Aktivismus inspirieren



Grafik: M. Büscher

In einfachen Worten:

Womit beschäftigst du dich in deiner Arbeit?

Ich untersuche mit meiner Doktorarbeit menschliches Verhalten im Kontext des Natur- und Biodiversitätsschutzes. Dabei analysiere ich, welche Verhaltensweisen effektiv sind, wie wir sie fördern können und wie sie am besten erforscht werden können. Im Projekt des Tagungsbands ging es um Aktivismus, der sich gut untersuchen lässt, da er beispielsweise an die Mitgliedschaft in Naturschutzorganisationen oder Tätigkeiten in Forschung und Verwaltung gekoppelt ist. Um künftig mehr Menschen für aktives Engagement zu gewinnen, haben wir Aktivist*innen mit Nicht-Aktivist*innen verglichen, wobei wir uns auf Naturerfahrungen und psychologische Werte konzentriert und ihre Wechselwirkungen untersucht haben.

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

Menschliches Verhalten ist der Schlüssel zu fast allen Natur- und Umweltproblemen, weshalb es auch im Fokus stehen muss. Während im Klimaschutz Natur- und Sozialwissenschaften gut zusammenarbeiten, fehlt diese Verzahnung oft im Naturschutz. Mein Ziel ist es, genau an dieser Schnittstelle zu forschen, beide Disziplinen näher zusammenzubringen und gleichzeitig beiden Seiten – Natur- und Sozialwissenschaften – die Bedeutung dieser Zusammenarbeit zu vermitteln.

Was hat dich in deiner Arbeit am meisten überrascht?

Fast alle Ergebnisse der Studie entsprachen unseren Hypothesen, aber die Deutlichkeit der Zahlen hat uns überrascht. Naturschutzaktivisten und -aktivistinnen erleben selbst alltägliche Naturerfahrungen signifikant häufiger und haben stark unterschiedliche Werte im Vergleich zur deutschen Durchschnittsbevölkerung. Diese Unterschiede sprechen eine deutliche Sprache und beeinflussen wahrscheinlich auch viele weitere Handlungen über das Engagement hinaus.

Welche Denkanstöße und Empfehlungen möchtest du Praktikerinnen und Praktikern oder Politikerinnen und Politikern mit auf dem Weg geben?

Die Unterschiede zwischen Aktivist*innen und Aktivistinnen sowie der breiten Bevölkerung zeigen, dass auf vielen Ebenen gehandelt werden kann. Bildungsangebote sollten jungen Menschen vielfältige Naturinteraktionen ermöglichen, auch durch digitale Ansätze oder den Umgang mit negativen Phänomenen. Politiker und Politikerinnen sollten Rahmenbedingungen schaffen, die solche Zugänge fördern, auch in urbanen Räumen durch entsprechende Stadtplanung.

Ich möchte Engagierte im Naturschutz ermutigen, den Menschen als Akteur und Akteurin mitzudenken – auf wissenschaftlicher Basis können Verhaltensänderungen erreicht werden. Zudem sollten sich sozialwissenschaftliche Disziplinen wie die Umweltpsychologie stärker in den Natur- und Biodiversitätsschutz einbinden.

Vom Erleben der biologischen Vielfalt zum Handeln: Wie signifikante Lebenserfahrungen Werte formen und Aktivismus inspirieren

**From experiencing biodiversity to taking action:
How significant life experiences shape values and inspire activism**

Milan Büscher, Laura Wallbaum, Leonie Schmechtig, Florian Fiebelkorn

Zusammenfassung

Naturschutzaktivismus spielt eine entscheidende Rolle bei der Bewältigung von Problemen wie dem Verlust der biologischen Vielfalt zum Beispiel von Vögeln. Um die Motivation hinter Aktivismus zu verstehen, wurden in dieser Studie die Unterschiede zwischen Aktivisten und Aktivistinnen sowie Nicht-Aktivisten und Nicht-Aktivistinnen in Bezug auf signifikante Lebenserfahrungen (SLEs) und Werte untersucht. Durch Interviews identifizierten wir relevante SLEs und untersuchten diese dann weiter durch Umfragen mit Aktivisten und Aktivistinnen sowie Nicht-Aktivisten und Nicht-Aktivistinnen. Die Ergebnisse zeigten, dass Aktivisten und Aktivistinnen stärkere SLEs, biosphärische Werte und schwächere hedonistische und egoistische Werte hatten, wobei es keine signifikanten Unterschiede bei altruistischen Werten gab. Die Regressionsanalyse zeigte, dass die meisten SLEs zwar einen signifikanten Einfluss auf die biosphärischen Werte hatten, aber weniger Auswirkungen auf die anderen Wertetypen. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Förderung biosphärischer Werte durch gezielte SLEs, wie z. B. Bildungsprogramme und direkte Naturerlebnisse, sehr wichtig ist, um zukünftige (Vogel-)Naturschutzaktivisten und -aktivistinnen zu inspirieren.

Aktivismus, Vogelschutz, signifikante Lebenserfahrungen, Werte, Naturkontakt

Abstract

Conservation activism plays a critical role in addressing issues such as bird biodiversity loss. To understand what motivates activism, this study explored the differences between activists and non-activists in terms of significant life experiences (SLEs) and values. Through interviews, we identified relevant SLEs and then further explored these through surveys with activists and non-activists. The results showed that activists had stronger SLEs, biospheric values and weaker hedonistic and selfish values, with no significant differences in altruistic values. Regression analysis showed that while most SLEs had a significant impact on biospheric values, they had less impact on the other value types. These results suggest that the promotion of biospheric values through targeted SLEs, such as educational programs and direct nature experiences, is very important to inspire future (bird) conservation activists.

activism, bird conservation, significant life experiences, values, nature contact

doi: 10.23766/NiPF.202501.13

Einleitung

Naturschutzaktivismus spielt entscheidende Rolle für den Erhalt der biologischen Vielfalt, insbesondere angesichts des anhaltenden Artenrückgangs (Dono et al., 2010). Aktivisten und Aktivistinnen nutzen soziale und institutionelle Strukturen, um politischen Wandel zu bewirken und Umweltverhalten zu beeinflussen (Rooses, 2003; Büscher & Fiebelkorn, 2023). Der Vogelschutz steht dabei oft im Fokus, da Vögel sowohl ökologische als auch gesellschaftliche Relevanz haben und dadurch Aufmerksamkeit sowie Engagement fördern (Eylering et al., 2022). Trotz des verbreiteten Bewusstseins für die Bedrohung der Vogelwelt engagiert sich jedoch nur ein kleiner Teil der Bevölkerung aktiv (Eylering et al., 2022).

Um die Faktoren zu verstehen, die zum Engagement im Vogelschutz führen, untersuchen wir zwei zentrale Einflussgrößen: signifikante Lebenserfahrungen (SLEs) und Werte. SLEs umfassen prägende Naturerfahrungen wie Zeit in der Natur oder Umweltbildung, die langfristige Auswirkungen auf Umwelteinstellungen und -verhalten haben (Gaston & Soga, 2020). Werte, als tief verankerte Prinzipien, leiten Entscheidungen und Verhaltensweisen (Schwartz, 1992; Schultz et al., 2005). Besonders relevant für den Vogelschutz sind biosphärische Werte (Sorge um die Natur), altruistische Werte (Sorge um andere), egoistische Werte (Eigeninteresse) und hedonistische Werte (Streben nach Vergnügen).



Theoretischer Hintergrund

Signifikante Lebenserfahrungen

SLEs in der Kindheit und Jugend (bis 25 Jahre) stehen in direktem Zusammenhang mit späterem Umweltengagement (Wells & Lekies, 2006). Dazu gehören Naturerlebnisse, Abenteuer mit Gleichaltrigen, Vorbilder (Familie, Lehrende), Umweltbildung und Umweltkatastrophen (Furihata et al., 2007). Naturschutzaktivisten und -aktivistinnen berichten von mehr SLEs als Nicht-Aktivisten und Nicht-Aktivistinnen, was auf eine frühe Prägung durch Naturerfahrungen hinweist (Furihata et al., 2007). Dennoch gibt es bisher nur wenige systematische Vergleiche zwischen diesen Gruppen (Bögeholz, 2006). Diese Studie identifiziert SLEs, die für den Vogelschutz relevant sind, und untersucht Unterschiede zwischen Aktivisten und Aktivistinnen sowie Nicht-Aktivisten und Nicht-Aktivistinnen.

Forschungsfrage 1: Welche Unterschiede bestehen in den erlebten SLEs zwischen Vogelschutzaktivisten und -aktivistinnen sowie Nicht-Aktivisten und Nicht-Aktivistinnen?

Psychologische Werte

Werte gelten als zentrale Prädiktoren für Naturschutzverhalten (Steg & Nordlund, 2012). Naturschutzbemühungen sind effektiver, wenn sie mit den zugrundeliegenden Werten der beteiligten Personen oder Gemeinschaften übereinstimmen (Luque-Lora et al., 2022). Insbesondere biosphärische und altruistische Werte fördern Umweltengagement, während hedonistische und egoistische Werte mit geringerem Engagement assoziiert sind (Schultz et al., 2005; Steg & de Groot, 2012). Untersuchungen zeigen, dass Aktivisten und Aktivistinnen häufig höhere biosphärische Werte aufweisen als Nicht-Aktivisten und Nicht-Aktivistinnen (Thomas & Walker, 2016; Prendergast et al., 2021). Jedoch gibt es bislang kaum Studien, die Werteprofile spezifischer Aktivismusformen, wie den Vogelschutz, systematisch vergleichen (Howell & Allen, 2017).

Forschungsfrage 2: Gibt es Unterschiede in biosphärischen, altruistischen, egoistischen oder hedonistischen Werten zwischen Vogelschutzaktivisten und -aktivistinnen sowie Nicht-Aktivisten und Nicht-Aktivistinnen?

Der Einfluss signifikanter Lebenserfahrungen auf die Werte

Werte entstehen durch genetische Prädispositionen und soziale Einflüsse (Schwartz, 2012). Besonders frühe Erfahrungen, darunter SLEs, beeinflussen die Werteentwicklung nachhaltig (Bardi & Goodwin, 2011). Studien zeigen, dass Umweltaktivisten und -aktivistinnen durch Naturerfahrungen geprägt werden (Chawla, 1999), sowohl durch direkte Erlebnisse als auch durch mediale Vermittlung (Luque-Lora et al., 2022). Insbesondere scheinen SLEs die Wahrnehmung biologischer Vielfalt zu formen und so die Gewichtung biosphärischer Werte zu beeinflussen (Bögeholz, 2006). Allerdings wurde der Einfluss von SLEs auf andere Werte wie hedonistische, altruistische oder egoistische Werte bislang kaum untersucht. Diese Studie analysiert daher, wie SLEs die Werteentwicklung beeinflussen.

Forschungsfrage 3: Beeinflussen SLEs die Entwicklung von biosphärischen, altruistischen, hedonistischen und egoistischen Werten?

Methodik

Identifizierung signifikanter Lebenserfahrungen

Zur Identifikation relevanter SLEs wurden 21 Vogelschutzaktivisten und -aktivistinnen aus NGOs, Behörden und wissenschaftlichen Einrichtungen rekrutiert. Die Teilnehmenden wurden gezielt rekrutiert, um eine möglichst breite Abdeckung verschiedener Institutionen zu gewährleisten. Die Interviews wurden 2022 per Videoanruf anhand eines standardisierten Leitfadens geführt und fokussierten auf Motivation, Engagement und prägende Naturerfahrungen. Um Verzerrungen zu vermeiden, wurden SLEs nicht vorgegeben. Die Antworten wurden anschließend transkribiert und deduktiv anhand eines Kodierungssystems aus der Literatur analysiert. Es wurden 15 SLE-Kategorien identifiziert, die als Grundlage für die anschließende Fragebogenstudie dienten (Tabelle 1).

Um die SLEs und Werte von Aktivistinnen und Aktivisten sowie Nicht-Aktivistinnen und Nicht-Aktivisten quantitativ zu messen und zu analysieren, haben wir 2022 zwei separate Online-Umfragen auf Soscisurvey durchgeführt.

Fragebögen für Aktivisten und Nicht-Aktivisten

Stichproben

Die Stichprobe unter den Aktivisten und Aktivistinnen wurde auf die oben beschriebenen Weise gewonnen und erweitert, wobei ein zusätzlicher Anreiz in Form einer 150 € umfassenden Spende für den Vogelschutz angeboten wurde. Eine möglichst repräsentative Stichprobe von Nicht-Aktivisten und Nicht-Aktivistinnen wurde durch Quoten für Alter, Geschlecht und Bundesland gewährleistet. Die Stichprobengröße wurde durch ein übergeordnetes Projekt vorgegeben, die Teilnahme wurde mit 2 € vergütet. Nach Bereinigung der Daten umfassten die endgültigen Stichproben $N = 177$ Aktivisten und Aktivistinnen (23,7 % weiblich; $M_{\text{Alter}} = 52,99$, $SD_{\text{Alter}} = 13,67$) und $N = 333$ Nicht-Aktivisten und Nicht-Aktivistinnen (53,2 % weiblich; $M_{\text{Alter}} = 52,41$, $SD_{\text{Alter}} = 16,47$).

Ablauf und Materialien des Fragebogens

Nach ihrer Zustimmung zur Teilnahme an dem Fragebogen beantworteten die Teilnehmenden soziodemografische, SLE- und Wertefragen.

Signifikante Lebenserfahrungen

Da es keine validierten SLE-Fragebögen gibt, wurden Items aus den Interviewergebnissen abgeleitet (Stevenson et al., 2014; Wells & Lekies, 2006). Alle 15 SLEs wurden mit je einem Item auf einer 7-stufigen Likert-Skala gemessen (1 = „stimme überhaupt nicht zu“ bis 7 = „stimme voll zu“). Ein Beispiel: „In meiner Jugend habe ich meine Freizeit häufig in der Natur verbracht“ (siehe Tabelle 1).



Tabelle 1: Deskriptive Statistik & Unterschiedstest der SLE

SLE-Kategorien	SLEs	Aktivisten und Aktivistinnen M (SD)	Nicht-Aktivisten und Nicht-Aktivistinnen M (SD)	Z	p	P _{Bon-Holm}	r
Direkter Kontakt	Aktivitäten mit Vögeln	6,18 (1,10)	5,57 (1,38)	-5,25	< ,001	,015	,23
	Beobachtung von Vögeln	5,85 (1,42)	4,95 (1,58)	-6,83	< ,001	,015	,30
	Ländliches Aufwachsen	5,24 (1,89)	4,60 (2,19)	-3,13	,002	,015	,14
Erlebnisse mit anderen	Familie	4,07 (1,95)	3,59 (1,84)	-2,73	,006	,015	,12
	Freunde	3,44 (1,89)	3,00 (1,67)	-2,36	,019	,019	,10
Kontakt über Medien	Printmedien	5,61 (1,56)	3,85 (1,84)	-10,27	< ,001	,015	,46
	Dokumentarfilme	5,76 (1,46)	4,47 (1,83)	-8,20	< ,001	,015	,36
Negative Erlebnisse	Wahrnehmungen konkreter Verlust	4,62 (2,08)	3,26 (1,84)	-7,24	< ,001	,015	,32
	Wahrnehmungen allgemeine Probleme	4,85 (2,06)	3,60 (1,99)	-6,69	< ,001	,015	,30
Soziale Einflüsse	Mentoren & Mentorinnen	3,99 (2,09)	2,70 (1,57)	-6,74	< ,001	,015	,30
	Beteiligung an NGOs	3,93 (2,53)	1,65 (1,29)	-10,78	< ,001	,015	,48
	Demonstrationen	3,04 (2,05)	1,65 (1,23)	-8,66	< ,001	,015	,38
	Schule	4,14 (2,34)	1,88 (1,56)	-11,01	< ,001	,015	,49
	Universität	3,84 (2,29)	1,71 (1,25)	-11,04	< ,001	,015	,49
	Professionelle Arbeit	3,49 (2,45)	1,63 (1,25)	-9,60	< ,001	,015	,43
Anmerkung: r = Effektgröße.							

Tabelle 2: Deskriptive Statistik & Unterschiedstest der Werte

Werte	Cronbachs α	M (SD)		Z	p	P _{Bon-Holm}	r
		Aktivisten und Aktivistinnen	Nicht-Aktivisten und Nicht-Aktivistinnen				
Biosphärisch	,84	6,29 (,74)	-5,83	-5,83	< ,001	,004	,26
Altruistisch	,80	5,48 (,99)	-1,65	-1,65	,099	,099	,07
Hedonistisch	,81	4,71 (1,21)	-4,50	-4,50	< ,001	,004	,20
Egoistisch	,72	3,05 (1,02)	-3,07	-3,07	,002	,004	,14
Anmerkung: r = Effektgröße.							

Werte

Die Werte wurden mit dem Environmental Portrait Value Questionnaire (E-PVQ; Bouman et al., 2018) gemessen. Die Teilnehmenden erhielten 17 Beschreibungen einer hypothetischen Person und wurden gebeten, für jede Beschreibung auf einer 7-stufigen Likert-Skala (1 = „überhaupt nicht wie ich“ bis 7 = „sehr wie ich“) anzugeben, wie ähnlich sie sich der Person in der Beschreibung fühlen. Ein Beispielitem: „Es ist der Person wichtig, Umweltverschmutzung zu vermeiden“. Die interne Konsistenz jedes Werts wurde mit Cronbach's Alpha bestimmt, alle waren akzeptabel bis gut (Tabelle 2).

Datenaufbereitung und Analyse

Zur Sicherung der Datenqualität wurden Ausschlusskriterien angewendet (Aufmerksamkeitscheck, ungewöhnlich schnelle Bearbeitung, Musterantworten). Zur Analyse wurden nichtparametrische Mann-Whitney-U-Tests verwendet, da die Daten nicht normal verteilt waren. Der p-Wert wurde mittels Bonferroni-Holm-Korrektur angepasst, und Effektgrößen (r) wurden berechnet.

Zur Untersuchung des Einflusses von SLEs auf Werte wurde eine explorative Faktorenanalyse der 15 SLE-Items durchgeführt. Die resultierenden fünf SLE-Variablen wurden mit multiplen linearen Regressionen analysiert, unter Kontrolle von Gruppenzugehörigkeit, Geschlecht und Alter.

Ethische Erwägungen

Diese Studie wurde gemäß institutionellen (Osnabrück University, 2018) und nationalen ethischen Richtlinien (Deutsche Forschungsgesellschaft, 2019) durchgeführt. Die Teilnehmenden wurden vorab informiert und gaben ihr Einverständnis. Alle Daten wurden anonymisiert und nur von den Autoren und Autorinnen eingesehen.

Ergebnisse

Vergleich der signifikanten Lebenserfahrungen

Die Aktivistinnen und Aktivistinnen erlebten signifikant mehr SLEs in allen 15 Kategorien als die Nicht-Aktivistinnen und Nicht-Aktivistinnen (Tabelle 1). Die Effektstärken waren meist moderat (Schule, Universität und Teilnahme an NGOs am höchsten), mit einigen kleineren Effekten (Freunde, Familie und ländliches Aufwachsen am geringsten).

Vergleich der Werte

Bei den biosphärischen, hedonistischen und egoistischen Werten gab es den erwarteten statistisch signifikanten Unterschied zwischen den Aktivistinnen und Aktivistinnen sowie Nicht-Aktivistinnen und Nicht-Aktivistinnen (Tabelle 2). Für altruistische Werte wurde kein signifikanter Unterschied festgestellt. Die Effektgrößen waren im Allgemeinen gering, wobei die biosphärischen Werte am stärksten ausgeprägt waren.

Der Einfluss signifikanter Lebenserfahrungen auf die Werte

Die genauen Ergebnisse der Regressionen finden sich in Tabelle 3. Zusammenfassend erklärten die SLEs 23,1 % der Varianz der biosphärischen Werte, wobei direkter Kontakt, Medienkontakt und negative Wahrnehmungen positive Prädiktoren waren, während soziale Einflüsse einen negativen Einfluss hatten. Für altruistische Werte (6,4 % erklärte Varianz) wirkten sich negative Wahrnehmungen positiv und soziale Einflüsse negativ aus. Hedonistische Werte (13,3 % erklärte Varianz) wurden nur durch soziale Einflüsse negativ beeinflusst. Für egoistische Werte (7,2 % erklärte Varianz) war kein Prädiktor signifikant.

Diskussion

Unsere Ergebnisse zeigen, dass Aktivistinnen und Aktivistinnen signifikant mehr SLEs erlebt haben als Nicht-Aktivistinnen und Nicht-Aktivistinnen, insbesondere im schulischen, universitären und NGO-Kontext. Dies unterstreicht die Rolle formaler Bildung und institutioneller Einbindung für langfristiges Engagement im Naturschutz (Luque-Lora et al., 2022). Naturaktivitäten, Medien und negative Umweltwahrnehmungen zeigten ebenfalls moderate Effekte, während familiäre und gemeinschaftliche Einflüsse weniger relevant waren (Wells & Lekies, 2006; Howell & Allen, 2016). Diese Unterschiede deuten darauf hin, dass Umweltbildung und frühe Naturkontakte gezielt gefördert werden sollten, um Aktivismus zu stärken (Jones et al., 2019).

Die stärkeren biosphärischen Werte bei Aktivistinnen und Aktivistinnen bestätigen frühere Studien, die Umweltengagement mit einer tief verwurzelten Naturverbundenheit in Verbindung bringen (Steg & de Groot, 2012). Dass altruistische Werte keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen zeigten, stellt bisherige Annahmen infrage und deutet darauf hin, dass Naturschutzaktivismus nicht zwangsläufig mit einer allgemein höheren Sorge um andere Menschen verbunden ist (Schuitema & de Groot, 2015). Die höheren hedonistischen und egoistischen Werte der Nicht-Aktivistinnen und Nicht-Aktivistinnen sind hingegen konsistent mit Forschungsergebnissen, die geringeres Umweltengagement mit individualistischen Wertorientierungen verknüpfen (Thomas & Walker, 2016; Nordlund & Garvill, 2003).

SLEs hatten den stärksten Einfluss auf biosphärische Werte, während ihre Effekte auf altruistische, hedonistische und egoistische Werte begrenzter waren. Insbesondere direkter Naturkontakt, Medienkontakt und negative Umweltwahrnehmungen förderten biosphärische Werte (Bögeholz, 2006; Chawla, 1999), während soziale Einflüsse überraschenderweise negativ wirkten. Dies könnte darauf hindeuten, dass formalisierte Bildungserfahrungen nicht immer eine positive Werteentwicklung im Naturschutz unterstützen oder dass spezifische Dynamiken des Vogelschutzaktivismus vorliegen (Howell & Allen, 2016; Hsu, 2009). Die fehlenden Effekte auf egoistische Werte zeigen, dass SLEs wenig Einfluss auf selbstbezogene Wertorientierungen haben (Steg & de Groot, 2012).



Tabelle 3. Ergebnisse der multiplen linearen Regressionen auf die verschiedenen Werte

Biosphärische Werte ^a	b	β	p	95 % Konfidenzintervall	
				Untergrenze	Obergrenze
Direkter Kontakt	,10	,14	,004	,03	,17
Erlebnisse mit anderen	,05	,08	,132	-,01	,11
Kontakt über die Medien	,14	,25	< ,001	,08	,20
Negative Wahrnehmungen	,09	,17	< ,001	,04	,13
Soziale Einflüsse	-,13	-,22	< ,001	-,20	-,07
Gruppe	,43	,21	< ,001	,23	,62
Geschlecht	-,26	-,13	,002	-,42	-,10
Alter	,00	,07	,086	-,00	,01
Altruistische Werte ^b					
Direkter Kontakt	,07	,10	,064	-,00	,15
Erlebnisse mit anderen	,05	,09	,122	-,01	,12
Kontakt über die Medien	,04	,077	,232	-,03	,11
Negative Wahrnehmungen	,06	,12	,026	,01	,11
Soziale Einflüsse	-,08	-,14	,023	-,16	-,01
Gruppe	-,14	-,07	,203	-,36	,08
Geschlecht	-,28	-,14	,002	-,46	-,10
Alter	,00	,04	,368	-,00	,01
Hedonistische Werte ^c					
Direkter Kontakt	,09	,09	,075	-,01	,18
Erlebnisse mit anderen	,03	,04	,434	-,05	,12
Kontakt über die Medien	-,02	-,03	,662	-,10	,06
Negative Wahrnehmungen	,03	,04	,454	-,04	,09
Soziale Einflüsse	-,10	-,13	,032	-,18	-,01
Gruppe	-,40	-,15	,004	-,66	-,13
Geschlecht	-,07	-,03	,556	-,28	,15
Alter	-,02	-,30	< ,001	-,03	-,02
Egoistische Werte ^d					
Direkter Kontakt	,01	,01	,794	-,07	,09
Erlebnisse mit anderen	,07	,10	,065	-,004	,14
Kontakt über die Medien	-,02	-,03	,578	-,09	,05
Negative Wahrnehmungen	,02	,04	,527	-,04	,08
Soziale Einflüsse	,04	,06	,364	-,04	,11
Gruppe	-,36	-,16	,002	-,60	-,13
Geschlecht	,06	,03	,553	-,13	,25
Alter	-,02	-,23	< ,001	-,02	-,01

Anmerkung: ^a $R^2 = ,231$; $p < ,001$; ^b $R^2 = ,064$; $p < ,001$; ^c $R^2 = ,133$; $p < ,001$; ^d $R^2 = ,072$; $p < ,001$; signifikante Prädiktoren sind **dick** gedruckt. Geschlecht kodiert als 1 = weiblich; 2 = männlich. Gruppenzugehörigkeit kodiert als 0 = Nicht-Aktivistinnen und 1 = Aktivistinnen und Aktivistinnen.

Limitationen und zukünftige Forschung

Die Studie ist durch ihren Querschnittscharakter und die retrospektive Erhebung von SLEs limitiert, da Erinnerungsverzerrungen möglich sind. Längsschnittstudien wären notwendig, um Kausalzusammenhänge präziser zu bestimmen (Soga & Gaston, 2023). Zudem könnte die Konzentration auf vogelschutzspezifische SLEs dazu geführt haben, dass Aktivist:innen und Aktivist:innen mehr Erlebnisse berichteten als Nicht-Aktivist:innen und Nicht-Aktivist:innen. Eine breitere Untersuchung allgemeiner Umwelt-SLEs würde ein differenzierteres Bild liefern. Auch der Einfluss digitaler Medien auf SLEs sollte in künftigen Studien stärker berücksichtigt werden (Schwaba et al., 2023). Schließlich könnte die enge Definition von Aktivismus, die institutionelle Beteiligung betont, alternative Formen des Engagements unberücksichtigt lassen (Dono et al., 2010; Séguin et al., 1998).

Fazit

Unsere Studie bestätigt, dass signifikante Lebenserfahrungen eine zentrale Rolle in der Entwicklung von Umweltwerten und Engagement im Vogelschutz spielen. Besonders der direkte Naturkontakt, Medien und Umweltwahrnehmungen fördern biosphärische Werte, während soziale Einflüsse differenzierter betrachtet werden müssen. Die Ergebnisse bieten wichtige Implikationen für Umweltbildung und Naturschutzkommunikation: Programme, die auf erfahrungsbasiertes Lernen setzen, könnten langfristiges Engagement für den Vogelschutz stärken (Chawla & Cushing, 2007). Zudem sollten unterschiedliche Wertorientierungen berücksichtigt werden, um mehr Menschen für Naturschutzaktivitäten zu gewinnen (Luque-Lora et al., 2022).

Quellenverzeichnis

BARDI, A., & GOODWIN, R. (2011). The Dual Route to Value Change: Individual Processes and Cultural Moderators. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, 42(2), 271–287. <https://doi.org/10.1177/00220221110396916>

BÖGEHOLZ, S. (2006). Nature experience and its importance for environmental knowledge, values and action: recent German empirical contributions. *Environmental Education Research*, 12(1), 65–84. <https://doi.org/10.1080/13504620500526529>

BOUMAN, T., STEG, L., & KIERS, H. A. L. (2018). Measuring Values in Environmental Research: A Test of an Environmental Portrait Value Questionnaire. *Frontiers in Psychology*, 9(564). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00564>

BÜSCHER, M. & FIEBELKORN, F. (2023). Priorisierung von Verhaltensweisen im Vogelschutz. *Naturschutz in Praxis und Forschung*. 2023(1), 88–92. <https://doi.org/10.23766/NiPF.202301.14>

CHAWLA, L. (1999). Life Paths Into Effective Environmental Action. *The Journal of Environmental Education*, 31(1), 15–26. <https://doi.org/10.1080/00958969909598628>

CHAWLA, L., & CUSHING, D. F. (2007). Education for strategic environmental behavior. *Environmental Education Research*, 13(4), 437–452.

DEUTSCHE FORSCHUNGSGESELLSCHAFT. (2019). Guidelines for Safeguarding Good Research Practice. Bonn: DFG.

DONO, J., WEBB, J., & RICHARDSON, B. (2010). The relationship between environmental activism, pro-environmental behaviour and social identity. *Journal of Environmental Psychology*, 30(2), 178–186. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2009.11.006>

EYLERING, A., BÜSCHER, M., FUNK, M., BOLDT, J., & FIEBELKORN, F. (2022). Willingness of the German population to donate toward bird conservation: An application of the protection motivation theory. *Global Ecology and Conservation*, 38(May), e02176. <https://doi.org/10.1016/J.GECCO.2022.E02176>

FURIHATA, S., ISHIZAKA, T., HATAKEYAMA, M., HITSUMOTO, M., & ITO, S. (2007). Potentials and Challenges of Research on “Significant Life Experiences” in Japan. *Children, Youth and Environments*, 17(4), 207–226. <https://www.jstor.org/stable/10.7721/chilyou-tenvi.17.4.0207>

GASTON, K. J., & SOGA, M. (2020). Extinction of experience: The need to be more specific. *People and Nature*, 2(3), 575–581. <https://doi.org/10.1002/pan3.10118>

HOWELL, R. A., & ALLEN, S. (2016). Significant life experiences, motivations and values of climate change educators. *Environmental Education Research*, 26(6), 813–831. <https://doi.org/10.1080/13504622.2016.1158242>

HOWELL, R. A., & ALLEN, S. (2017). People and planet: Values, motivations and formative influences of individuals acting to mitigate climate change. *Environmental Values*, 26(2), 131–155. <https://doi.org/10.3197/096327117X14847335385436>

HUPKE, K.-D. (2015). „Frevler“ und „Helfer“: Die Akteure im Naturschutz BT - Naturschutz: Ein kritischer Ansatz (K.-D. Hupke (Ed.); pp. 101–110). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-46904-0_12

JONES, J. P. G., THOMAS WALTERS, L., RUST, N. A., & VERÍSSIMO, D. (2019). Nature documentaries and saving nature: Reflections on the new Netflix series *Our Planet*. *People and Nature*, 1(4), 420–425. <https://doi.org/10.1002/pan3.10052>

LUQUE LORA, R., KEANE, A., FISHER, J. A., HOLMES, G., & SANDBROOK, C. (2022). A global analysis of factors predicting conservationists' values. *People and Nature*, 4(5), 1339–1351. <https://doi.org/10.1002/pan3.10391>

OSNABRÜCK UNIVERSITY. (2018). Verfahrensgrundsätze der Ethik-Kommission der Universität Osnabrück. https://www.uni-osnabrueck.de/index.php?eID=tx_securedownloads&p=580&u=0&g=0&t=1729862728&hash=0361b595499289f9efd99e85cef77b28309ae772&file=/fileadmin/documents/private/intranet/private/1_verwaltung/d4_akad_angelegenheiten/d4_akad_angelegenheiten/ordnungen/VerfGrunds-Ethik-Komm_2018-03.pdf



PRENDERGAST, K., HAYWARD, B., AOYAGI, M., BURNINGHAM, K., HASAN, M. M., JACKSON, T., JHA, V., KUROKI, L., LOUKIANOV, A., MATTAR, H., SCHUDEL, I., VENN, S., & YOSHIDA, A. (2021). Youth Attitudes and Participation in Climate Protest: An International Cities Comparison. *Frontiers in Political Science Special Issue: Youth Activism in Environmental Politics*. *Frontiers in Political Science*, 3, 107. <https://doi.org/10.3389/FPOS.2021.696105>

ROOTES, C. (2003). The transformation of environmental activism: An introduction. *Environmental Protest in Western Europe*, 1-19.

SCHULTZ, P. W., GOUVEIA, V. V., CAMERON, L. D., TANKHA, G., SCHMUCK, P., & FRANK, M. (2005). Values and their Relationship to Environmental Concern and Conservation Behavior. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, 36(4), 457-475. <https://doi.org/10.1177/0022022105275962>

SCHWABA, T., DENISSEN, J. J. A., LUHMANN, M., HOPWOOD, C. J., & BLEIDORN, W. (2023). Subjective experiences of life events match individual differences in personality development. *Journal of Personality and Social Psychology*, 125(5), 1136-1156. <https://doi.org/10.1037/pspp0000483>

SCHWARTZ, S. H. (1992). Universals in the content and structure of values: Theoretical advances and empirical tests in 20 countries. *Advances in Experimental Social Psychology*, 25(C), 1-65. [https://doi.org/10.1016/S0065-2601\(08\)60281-6](https://doi.org/10.1016/S0065-2601(08)60281-6)

SCHWARTZ, S. H. (2012). An overview of the Schwartz Theory of basic values. *Online Readings in Psychology and Culture*, 2(1). <https://doi.org/10.9707/2307-0919.1116>

SCHUITEMA, G., & DE GROOT, J. I. M. (2015). Green consumerism: The influence of product attributes and values on purchasing intentions. *Journal of Consumer Behaviour*, 14(1), 57-69. <https://doi.org/10.1002/cb.1501>

SOGA, M., & GASTON, K. J. (2020). The ecology of human-nature interactions. *Proceedings of the Royal Society B Biological Sciences*, 287(1918), 20191882. <https://doi.org/10.1098/rspb.2019.1882>

STEG, L., & DE GROOT, J. I. M. (2012). Environmental values. In S.D. Clayton (Ed.), *The Oxford Handbook of Environmental and Conservation Psychology* (pp. 81-92). Oxford University Press.

STEG, L., & NORDLUND, M. A. (2012). Models to explain environmental behaviour. In L. Steg, M. Van den Burg, & J. I. M. de Groot (Eds.), *Environmental psychology: An introduction* (pp. 185-196). BPS Blackwell.

STEVENSON, K. T., PETERSON, M. N., CARRIER, S. J., STRNAD, R. L., BONDELL, H. D., KIRBY-HATHAWAY, T., & MOORE, S. E. (2014). Role of Significant Life Experiences in Building Environmental Knowledge and Behavior Among Middle School Students. *The Journal of Environmental Education*, 45(3), 163-177. <https://doi.org/10.1080/00958964.2014.901935>

THOMAS, G. O., & WALKER, I. (2016). The Development and Validation of an Implicit Measure Based on Biospheric Values. *Environment and Behavior*, 48(5), 659-685. <https://doi.org/10.1177/0013916514553836>

WELLS, N., & LEKIES, K. S. (2006). Nature and the Life Course: Pathways from Childhood Nature Experiences to Adult Environmentalism. *Children, Youth and Environments*, 16, 1-24. <https://doi.org/10.4236/oalib.1107386>

Kontakt

Milan Büscher, M.Sc.*
Laura Wallbaum, M.Ed.
Leonie Schmechtig, M.Ed.
Dr. Florian Fiebelkorn
*korrespondierender Autor

Barbarastraße 11, 49076 Osnabrück
+49 541 969 7374
milan.buescher@uni-osnabrueck.de
<https://www.biodidaktik-cms.uni-osnabrueck.de>





Stina Berger

Fledermäuse spielerisch entdecken – der Einfluss von Gamification auf Schülermotivation und Wissenserwerb im Sachunterricht



Stationsarbeit. Fotos: S. Berger

In einfachen Worten:

Womit beschäftigst du dich in deiner Arbeit?

In meiner Arbeit beschäftige ich mich mit einer virtuellen Lernumgebung, deren Einfluss auf die Motivation und den Wissenserwerb ich untersucht habe. Mithilfe einer eigens konzipierten Stationsarbeit habe ich Lernenden im Sachunterricht der vierten Klassen einer Lüneburger Grundschule die Lebensweise und auch die Gefährdung unserer heimischen Fledermausarten näher gebracht. Innerhalb dieser Stationsarbeit arbeiteten zwei Gruppen mit der virtuellen Lernumgebung und eine Gruppe arbeitete analog.

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

Aus Sicht einer angehenden Naturwissenschaftslehrerin fasziniert mich hier hauptsächlich die Aufklärungsarbeit bei Kindern und Jugendlichen. Ich erachte es als notwendig, das Thema Natur- und Artenschutz in den Schulen zu thematisieren und zu bearbeiten. Aus diesem Grund finde ich auch die Forschung in diesem Bereich besonders spannend, da wir neue, moderne Wege finden müssen, um Kinder und Jugendliche abzuholen und für Natur- und Artenschutz zu begeistern.

Was hat dich in deiner Arbeit am meisten überrascht?

Mich hat das Vorwissen der Kinder positiv überrascht. Sie wussten schon ziemlich viel über Fledermäuse und teilweise auch schon über ihre Gefährdung Bescheid.

Welche Denkanstöße und Empfehlungen möchtest du Praktikerinnen und Praktikern oder Politikerinnen und Politikern mit auf dem Weg geben?

Meiner Meinung nach sollte noch mehr in Umweltbildung und auch in entsprechende Bildungsinhalte an Schulen investiert werden. Die Begeisterung von Kindern und Jugendlichen für Umwelt- und Naturschutzthemen sollte so früh wie möglich an sie weitergetragen werden. Dabei habe ich auch immer das Motto „Man liebt nur, was man kennt und man schützt nur, was man kennt.“ von Konrad Lorenz im Kopf, was deutlich macht, dass eine Aufklärung von Kindern und Jugendlichen wichtig ist.

Fledermäuse spielerisch entdecken – der Einfluss von Gamification auf Schülermotivation und Wissenserwerb im Sachunterricht

Exploring Bats through Gaming – The Influence of Gamification on Student Motivation and Knowledge Acquisition in Science Education

Stina Berger, Ann-Katrin Krebs

Zusammenfassung

In dieser Masterarbeit wird der Einfluss von Gamification auf Motivation und Wissenserwerb von Schülerinnen und Schülern im Sachunterricht am Beispiel von Fledermäusen untersucht. Drei vierte Klassen mit insgesamt 55 Schülerinnen und Schülern (N=55) nahmen an einer Stationsarbeit teil, bei der Lebensweise, Orientierung und Gefährdung der Fledermaus spielerisch vermittelt wurden. Die Experimentalgruppen lösten Aufgaben in einem virtuellen Escape-Room, während die Kontrollgruppe (K) analog arbeitete. Die Ergebnisse zeigen, dass Gamification-Elemente den Wissenserwerb leicht und die intrinsische Motivation deutlich steigern können. Zukünftige Studien sollten langfristige Effekte im schulischen Lernen und in anderen Fächern analysieren.

Gamification, Motivation, Wissenserwerb, Sachunterricht, Fledermäuse, Stationsarbeit, Escape-Room, Intrinsische Motivation

Abstract

This master's thesis examines the impact of gamification on motivation and knowledge acquisition of pupils in primary science education using the example of bats. Three fourth-grade classes with 55 pupils (N=55) participated in a station-based lesson exploring bats' lifestyle, navigation, and endangerment. The experimental groups solved tasks in a virtual escape room, while the control group worked analogously. Results indicate that gamification elements slightly enhance knowledge acquisition and significantly boost intrinsic motivation. Future research should focus on evaluating the long-term effects of gamification in school education and across other subjects.

gamification, motivation, knowledge acquisition, science education, bats, station work, escape room, intrinsic motivation

doi: 10.23766/NiPF.202501.14

Einleitung

Fledermäuse sind oft mit negativen Vorurteilen behaftet, insbesondere nach der Coronapandemie, obwohl diese wissenschaftlich unbegründet sind (Langley, 2018). Fledermäuse spielen jedoch eine wichtige Rolle in Ökosystemen, etwa bei der Bestäubung und Schädlingsbekämpfung (Dietz & Kiefer, 2014). Der Verlust von Lebensräumen und Nahrung durch Städtebau und den Rückgang von Insekten bedroht sie zunehmend (ebd.). Zum Schutz dieser Tiere ist Aufklärung wichtig und das am besten so früh wie möglich. Im Sachunterricht an Grundschulen in Niedersachsen sollen Schülerinnen und Schüler (im folgenden SuS) laut des Kerncurriculums Verantwortung für den Schutz von Ökosystemen übernehmen (Beneke et al., 2017). Gamification, sprich die Integration spielerischer Elemente, die diese normalerweise nicht enthalten, kann hier helfen. 37 % der Sechs- bis 13-Jährigen spielen regelmäßig digitale Spiele (Feierabend et al., 2023), was zeigt, dass auch schon bei Kindern im Grundschulalter ein Interesse für digitale Spiele existiert und die Einbringung von digitalen Gamification-Elementen sinnvoll sein kann.

Studien zeigen bereits, dass Gamification Motivation und Wissenserwerb steigern kann (Luarn et al., 2023; Sun et al., 2020). Und auch die Selbstbestimmungstheorie von Deci und Ryan (1985) betont, dass die Bedürfnisse nach Kompetenz, Autonomie und sozialer Eingebundenheit intrinsische Motivation fördern.



Theoretischer Hintergrund

Im Folgenden werden die zentralen Theorien zu Motivation, Wissenserwerb und Gamification erläutert, die in dieser Masterarbeit essenziell gewesen sind.

Motivation

Laut Ryan und Deci (2000, S. 54) ist eine motivierte Person „energized or activated toward an end“, während unmotivierte Personen ohne Ziel handeln. Besonders die Self-Determination Theory von Deci und Ryan (1993) betrachtet Motivation als Spektrum von selbstbestimmtem bis hin zu fremdbestimmtem Handeln. Intrinsische Motivation basiert auf den angeborenen Bedürfnissen nach Kompetenz, Autonomie und sozialer Eingebundenheit (Deci & Ryan, 1985). Diese Bedürfnisse ermöglichen es Individuen, Herausforderungen erfolgreich zu meistern, eigenständig zu handeln und sich in einer Gemeinschaft akzeptiert zu fühlen. Werden diese Grundbedürfnisse erfüllt, steigt die intrinsische Motivation, und die Aufgaben werden mit mehr Freude und Engagement angegangen. Extrinsische Motivation umfasst hingegen äußere Einflüsse, von Belohnung bis hin zur Integration von Zielen ins Selbstkonzept (ebd.). Motivation ist somit ein komplexes Zusammenspiel interner und externer Faktoren, das gezielt gefördert werden sollte.

Wissenserwerb

Wissenserwerb umfasst deklaratives, prozedurales und metakognitives Wissen (Renkl, 2015). Deklaratives Wissen beschreibt Fakten und Zusammenhänge, z. B. über die Bedrohung von Fledermäusen in Deutschland. Prozedurales Wissen erklärt das „Wie“, etwa die Anwendung von Rechenstrategien. Metakognitives Wissen bezieht sich auf das Erlernen von Lernstrategien und gilt als besonders bedeutend (ebd.). Renkl (2015) nennt drei Perspektiven des Wissenserwerbs:

- Die Perspektive des aktiven Tuns
- Die Perspektive der aktiven Informationsverarbeitung
- Die Perspektive der fokussierten Informationsverarbeitung

Das aktive Tun betont sichtbare Lernaktivitäten wie Experimente oder Reflexion. Kritiker verweisen jedoch darauf, dass passives Lernen, wie das Durchgehen von Lösungsbeispielen, effektiver sein kann (Pauli & Lipowsky, 2007; Renkl, 2011b). Die aktive Informationsverarbeitung sieht Wissenserwerb als interpretative Tätigkeit, die eng mit Vorwissen und der Darbietung von sinnvollen zusammenhängenden Informationseinheiten (sogenannte Chunks) verknüpft ist (Renkl, 2015). Die fokussierte Informationsverarbeitung ergänzt diese Perspektive, indem sie gezielte Konzentration auf zentrale Konzepte fordert, etwa durch klare Fragestellungen oder Gruppendiskussionen (Renkl, 2011a; Renkl & Atkinson, 2007).

Gamification

Gamification wird zunehmend im Bildungsbereich eingesetzt, um die Motivation von SuS zu steigern. Dabei kommen verschiedene Formen von Gamification zum Einsatz, etwa durch Punkte- und Belohnungssysteme, das Erreichen von Leveln oder das Einsetzen von Badges. Diese Elemente fördern die intrinsische Motivation, die entscheidend für langfristiges Lernen und kreative Leistungen ist (Korn et al., 2022). Nach der Selbstbestimmungstheorie von Deci und Ryan (1993) müssen dabei drei psychologische Grundbedürfnisse erfüllt werden: Kompetenz, Autonomie und soziale Eingebundenheit. Um die intrinsische Motivation zu fördern, müssen Gamification-Elemente so gestaltet sein, dass sie diese Bedürfnisse ansprechen. Die verschiedenen Arten von Gamification, wie das Digital Game-Based Learning (Korn et al., 2022) und Serious Games (Jacob & Teuteberg, 2017), bieten vielfältige Möglichkeiten, um spielerische Elemente in den Unterricht zu integrieren. Diese Methoden sollen das Lernen ansprechend und interaktiv gestalten, wodurch SuS aktiv in den Lernprozess eingebunden werden. Studien zeigen, dass Gamification das Engagement und die Lernleistung steigern kann, vor allem, wenn der Fokus auf den Lerninhalten bleibt und das Spiel nicht zur Unterhaltung wird (Korn et al., 2022). Allerdings gibt es auch kritische Stimmen: Wiederholte Anwendungen von Gamification-Elementen, wie Leaderboards, können die intrinsische Motivation in extrinsische Motivation umkehren (Hanus & Fox, 2015). Daher ist es wichtig, die Elemente gezielt und abwechslungsreich zu integrieren, um nachhaltige Motivation zu erzielen. Um den Einfluss von Gamification auf Motivation und Lernen zu untersuchen, wurde eine empirische Studie durchgeführt. Der folgende Methodenteil beschreibt das Untersuchungsdesign sowie die in der Unterrichtsstunde eingesetzten Methoden.

Methodik

Der Methodenteil besteht zum einen aus einer Fragenbogenstudie im Pre/Post-Kontrollgruppendesign und zum anderen aus den Methoden, die in der beforschten Unterrichtsstunde genutzt wurden.

Fragenbogenstudie

Die Masterarbeit untersucht, wie digitale Gamification-Elemente Wissenserwerb und Motivation von Schülerinnen und Schülern beeinflussen, basierend auf einem Pre/Post-Kontrollgruppendesign (Pissarek & Wild, 2018). Dafür wurden 55 Viertklässlerinnen und Viertklässler einer Lüneburger Grundschule in zwei Experimental- und eine Kontrollgruppe aufgeteilt. Die Kontrollgruppe hatte bereits durch eine Fledermauswanderung Vorwissen erworben. Während der Stationsarbeit nutzten die Experimentalgruppen eine virtuelle Lernumgebung, die Kontrollgruppe arbeitete analog. Wissenserwerb und Motivation wurden durch Pre- und Posttests erhoben. Neben einer Wissensabfrage wurden Fragen zur intrinsischen und extrinsischen Motivation gestellt, um die Wirkung der Gamification-Elemente zu untersuchen.



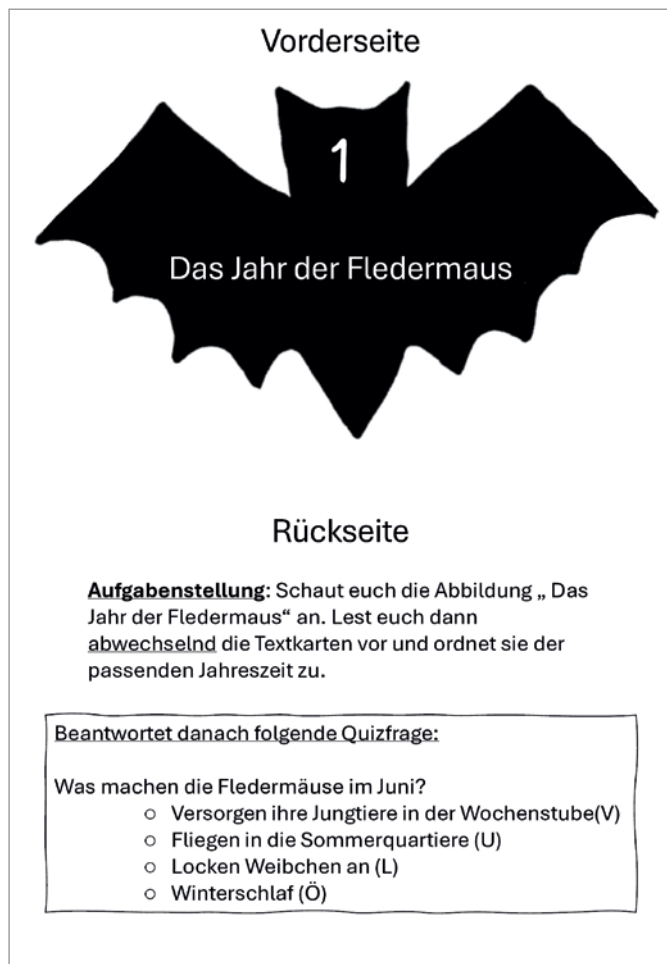


Abbildung 1: Stationsübersicht, Grafik: S. Berger

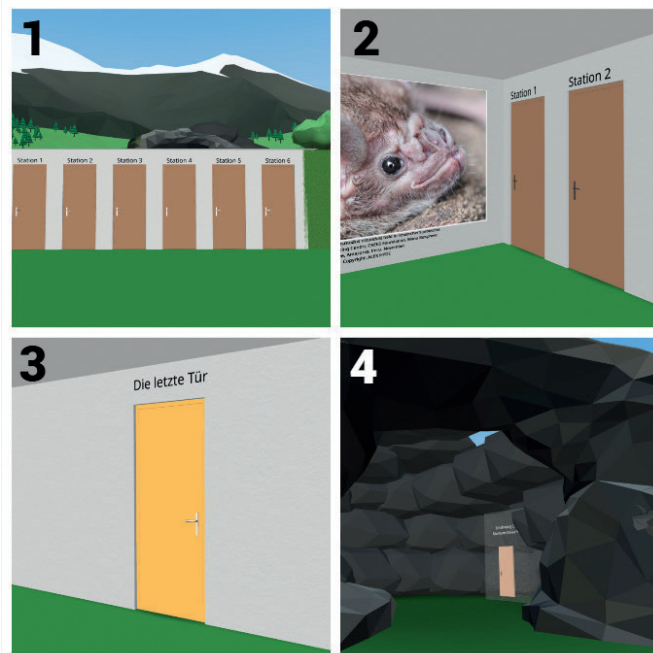


Abbildung 2: Delightex, Collage: S. Berger



Die Ergebnisse zeigen Unterschiede zwischen den Gruppen, wobei Gamification einen positiven Einfluss auf Motivation und Lernen hatte. Die Studie wird jedoch durch geringe Stichprobengröße und fehlende Standardisierung des Fragebogens eingeschränkt, was die Erfüllung von Gütekriterien wie Validität und Reliabilität beeinträchtigt (Himme, 2007; Krebs & Menold, 2019).

Stationsarbeit und virtuelle Lernumgebung

Die Stationsarbeit umfasste sechs Stationen, die im Klassenraum verteilt waren und in beliebiger Reihenfolge bearbeitet werden konnten. Jede Station enthielt eine Aufgabenkarte mit einer Quizfrage und vier Antwortmöglichkeiten. Die Lernenden arbeiteten in Zweiergruppen, die gemäß ihres Lern- und Leistungsstandes gebildet wurden. Während die Kontrollgruppe die Antworten auf einem analogen Laufzettel notierte, sammelte die Experimentalgruppe Buchstaben für ein virtuelles Escape-Room-Spiel, das über die Plattform „Delightex“ bereitgestellt wurde. Die Lernenden gelangten über einen QR-Code und Tablets in die virtuelle Lernumgebung, wo sie durch das richtige Beantworten der Quizfragen Türen zu weiteren Räumen öffnen konnten. Im letzten Raum bildeten sie mit den gesammelten Buchstaben das Lösungswort und gelangten in eine Höhle mit zusätzlichen virtuellen Lernan-

geboten. Die Stationsarbeit vereint die von Deci und Ryan (1993) definierten Grundbedürfnisse nach Autonomie, sozialer Eingebundenheit und Kompetenz, die in Kombination mit Gamification-Elementen, die Motivation der SuS steigern können und das Lernen unterstützen.

Weitere Methoden der Unterrichtsstunde

Zu Beginn der Unterrichtsstunde wurde eine Vorwissensaktivierung mithilfe einer Mindmap durchgeführt. Dafür wurden die Lernenden gefragt, was sie bisher über Fledermäuse wissen. Diese Ergebnisse wurden an der Tafel gesammelt und am Ende der Stunde durch neu gelernte Fakten ergänzt. Zudem wurde am Ende der Stunde ein Stand-Up mit den Lernenden durchgeführt. Dabei werden den Lernenden Aussagen zu Fledermäusen vorgelesen, die entweder richtig oder falsch sind. Die Lernenden müssen erkennen, ob es sich um eine richtige oder falsche Antwort handelt, und zeigen dies, indem sie sich bei einer richtigen Antwort aufstehen oder bei einer falschen hinsetzen.

Ergebnisse

Die Ergebnisse des Fragebogens zeigen Unterschiede im Wissenserwerb zwischen den Experimentalgruppen (E1, E2) und der Kontrollgruppe. Beide Experimentalgruppen steigerten ihre Kenntnisse signifikant, während die Kontrollgruppe Schwächen im Posttest zeigte. In E1 stieg der Anteil der richtigen Antworten deutlich, etwa bei Frage 9 zur Echoortung, von 45 % im Pretest auf 100 % im Posttest (Abbildung 5). E2 zeigte ebenfalls Fortschritte, jedoch sank der Anteil richtiger Antworten bei Frage 6 leicht von 95 % auf 89 % (Abbildung 6). Die Kontrollgruppe schnitt im Pretest am besten ab, verschlechterte sich jedoch im Posttest, insbesondere bei Fragen 5 bis 8, was auf Fehler beim Ausfüllen des Fragebogens zurückzuführen ist (Abbildung 4). Übereinstimmend mit den Vorwissenserhebungen wurden Fragen zu Nachtaktivität, Winterschlaf und Ernährung in allen Gruppen gut beantwortet. Die größten Verbesserungen in den Experimentalgruppen betrafen Fachbegriffe wie Echoortung und Ultraschall, was den Erfolg der gamifizierten Lernmethoden unterstreicht. Besonders E1 zeigte deutliche Fortschritte in diesen Bereichen. Der Einsatz von Gamification förderte somit den Wissenserwerb, insbesondere bei weniger bekannten Themen. Zusätzlich wurden die Lernenden zu ihrer intrinsischen und extrinsischen Motivation befragt. Alle Gruppen zeigten eine positive Einstellung zur intrinsischen Motivation: 40 % der Kontrollgruppe stimmten voll zu, gegenüber 22 % bei E1 und 16 % bei E2 (Abbildung 7). Zur extrinsischen Motivation äußerten sich mehr als 25 % der Lernenden eher ablehnend (Abbildung 8). Im Posttest stieg die intrinsische Motivation in allen Gruppen, besonders bei E2 von 16 % auf 56 % (Abbildung 9). Die Kontrollgruppe steigerte sich von 40 % auf 54 %, während E1 von 22 % auf 53 % zulegte (Abbildung 9).

Die Lernenden der Gruppen E1, E2 und K wurden im Fragebogen neben dem Wissenserwerb auch zu ihrer intrinsischen und extrinsischen Motivation im Sachunterricht befragt. In Bezug auf die intrinsische Motivation zeigen alle Gruppen insgesamt eine positive Einstellung, wobei 40 % der Kontrollgruppe den Fragen voll zustimmten, im Vergleich zu 22 % bei E1 und 16 % bei E2 (Abbildung 7). Den Items zur extrinsischen Motivation stimmten mehr als 25 % der SuS eher nicht zu (siehe Abbildung 8). Insgesamt konnte bei allen Gruppen eine Steigerung der intrinsischen Motivation festgestellt werden, insbesondere E2, die von 16 % im Pretest auf 56 % im Posttest anstieg (siehe Abbildung 9). Die intrinsische Motivation der Kontrollgruppe steigerte sich von 40 % auf 54 %, während E1 eine Steigerung von 22 % auf 53 % verzeichnete (Abbildung 9).

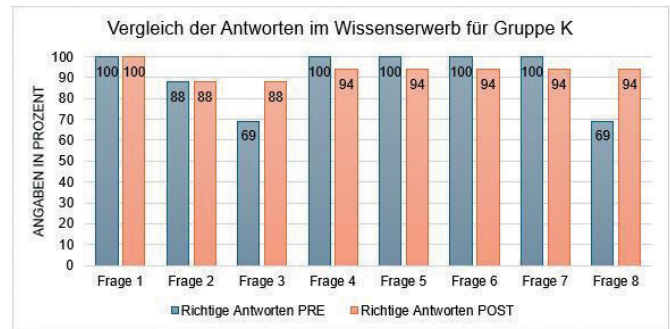


Abbildung 4: Vergleich der Gruppe K im Bereich Wissenserwerb. (N=16) (Quelle: Eigene Darstellung)

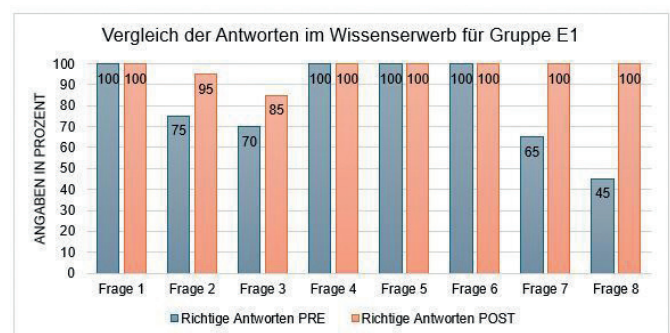


Abbildung 5: Vergleich der Gruppe E1 im Bereich Wissenserwerb. (N=20) (Quelle: Eigene Darstellung)

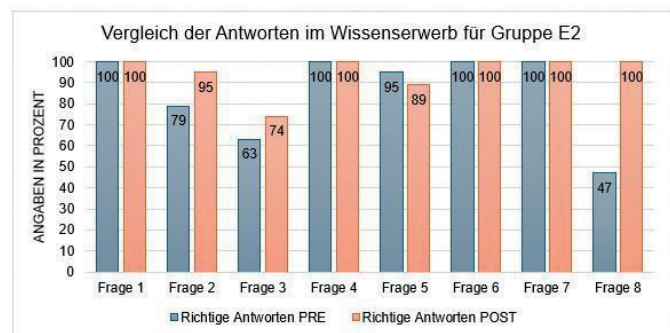


Abbildung 6: Vergleich der Gruppe E2 im Bereich Wissenserwerb. (N=19) (Quelle: Eigene Darstellung)

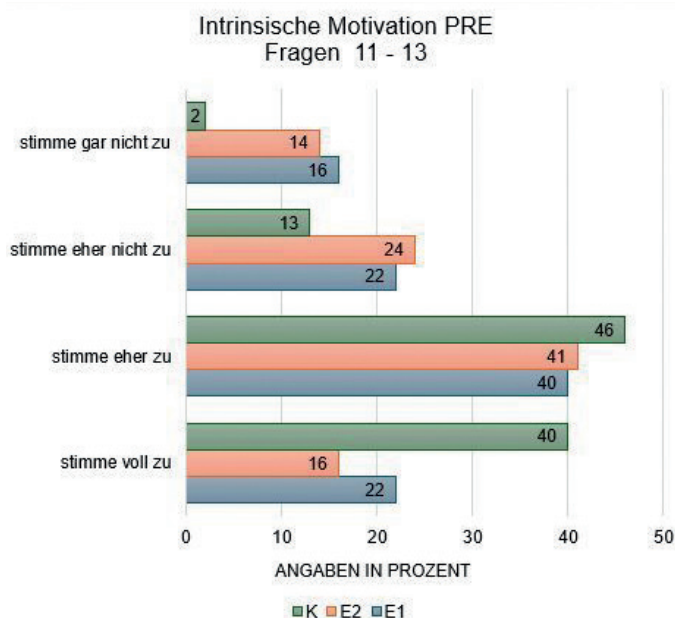


Abbildung 7: Ergebnisse der Items zur intrinsischen Motivation der SuS im Sachunterricht der Gruppen E1 (N= 19), E2 (N= 19) und K (N=16) im Pretest
(Quelle: Eigene Darstellung)

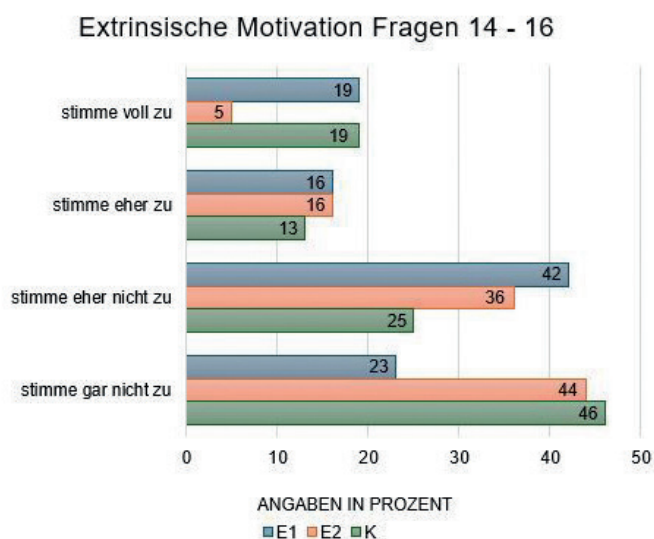


Abbildung 8: Ergebnisse der Items zur extrinsischen Motivation der SuS im Sachunterricht der Gruppen E1 (N= 19), E2 (N= 19) und K (N=16) im Pretest
(Quelle: Eigene Darstellung)

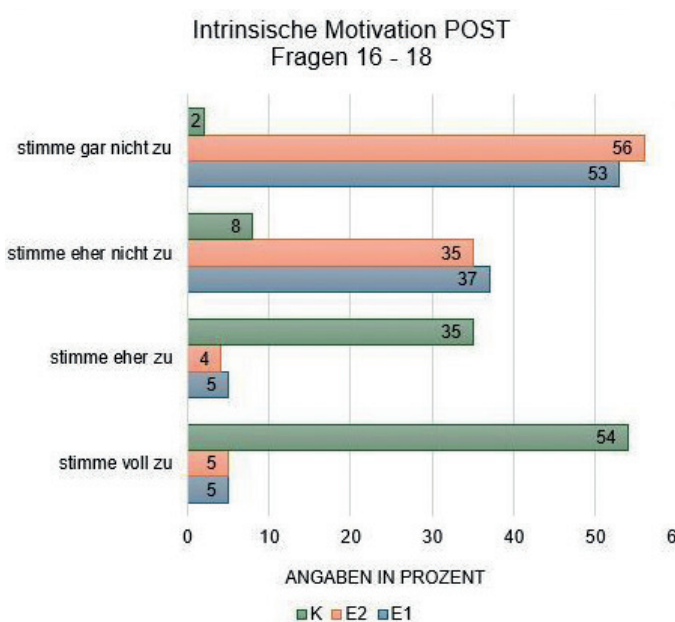


Abbildung 9: Ergebnisse zur intrinsischen Motivation der SuS der Gruppen E1 (N= 20), E2 (N= 19) und K (N=16) im Posttest
(Quelle: Eigene Darstellung)

Tabelle 1: Übersicht über den Zuwachs, den Verlust und gleichbleibende Anteile richtiger Antworten zwischen Pre- und Posttest.

Fragen	2	3	4	5	6	7	8	9
Zuwachs richtiger Antworten		E1, E2	E1, E2, K				E1	E1, E2, K
Gleichbleibende Anzahl richtiger Antworten	E1, E2, K			E1, E2	E1	E1, E2	E2	
Verlust richtiger Antworten				K	E2, K	K	K	

Auswertung und Diskussion

Die Diskussion der Ergebnisse wird in zwei Abschnitte unterteilt. Zum einen Pre- und Posttest-Ergebnisse im Bereich Wissenserwerb und zum anderen im Bereich Motivation.

Wissenserwerb

In den Experimentalgruppen (E1, E2) zeigte sich ein deutlicher Wissenszuwachs zwischen Pre- und Posttest. Besonders bei der Frage zur Orientierung von Fledermäusen konnte eine signifikante Verbesserung erzielt werden: E1 und E2 steigerten ihre richtigen Antworten von 45 % auf 100 %, während die Kontrollgruppe von 69 % auf 94 % anstieg. Dies deutet auf einen erfolgreichen Wissenserwerb hin, besonders in Bezug auf die Fachbegriffe Echoortung und Ultraschall, die im Vorfeld nur teilweise bekannt waren (Renkl, 2015). Während der Sicherungsphase nannte Gruppe E1 den Begriff „Ultraschall“ und verknüpfte diesen mit der Echoortung, was auf eine aktive Informationsverarbeitung und den Einsatz von Vorwissen hinweist (Sun et al., 2020). Besonders in den Bereichen „Körperbau der Fledermäuse“, „Jungtiere“ und „Ultraschallorientierung“ zeigten sich positive Entwicklungen (Tabelle 1). Diese Ergebnisse lassen sich durch das Prinzip der fokussierten Informationsverarbeitung nach Renkl (2015) erklären, da die Stationsarbeit den SuS einen strukturierten Rahmen bot, um ihr Wissen gezielt zu erweitern. In der Kontrollgruppe traten durch einen fehlerhaft ausgefüllten Fragebogen unerwartete Ergebnisse auf. Doch auch hier ließ sich ein Wissenszuwachs feststellen, auch wenn dieser durch den Vorwissensvorsprung (durch eine vorherige Fledermauswanderung) und den fehlerhaften Fragebogen verfälscht wurde. Die Anwendung von Gamification-Elementen in den Experimental-Gruppen könnte zur Motivation und damit zu einer besseren Wissenserweiterung beigetragen haben, wie auch Sun et al. (2020) in ihrer Literaturrecherche bestätigten.

Motivation

Bereits im Pretest war eine hohe intrinsische Motivation in allen Gruppen erkennbar, die sich im Posttest noch verstärkte. Besonders die Gruppen E1 und E2 zeigten eine deutliche Steigerung ihrer intrinsischen Motivation, was mit der Self-Determination Theory (Deci & Ryan, 1993) in Verbindung gebracht werden kann. Die SuS fühlten sich kompetent durch das direkte Feedback der virtuellen Lernumgebung und durch die Wahlmöglichkeiten bei den Rätseltüren erlebten sie Autonomie sowie soziale Eingebundenheit durch die Gruppenarbeit, was zu einer Steigerung der intrinsischen Motivation führte (Luarn et al., 2023). Außerdem

waren die Ergebnisse zur digitale Mediennutzung in den Experimentalgruppen ein wichtiger Faktor. Diese zeigte ein Interesse an digitalen Spielen und eine positive Einstellung zur virtuellen Lernumgebung, was sich ebenfalls positiv auf die Motivation auswirkte. Es ist jedoch anzumerken, dass auch die reine Nutzung von Tablets zur Steigerung der Motivation beigetragen haben könnte (Scharpf & Gabes, 2022). Die Kontrollgruppe, die keine virtuelle Lernumgebung erhielt, zeigte ebenfalls eine Steigerung der intrinsischen Motivation. Dies könnte durch die Stationsarbeit und deren Elemente der Selbstkontrolle und Autonomie erklärt werden. Die SuS erhielten direktes Feedback zu ihrer Leistung, was das Bedürfnis nach Kompetenz stärkte. Durch die freie Wahl der Reihenfolge der Stationen wurde auch ihr Bedürfnis nach Autonomie befriedigt, während die Gruppenarbeit die soziale Eingebundenheit förderte. Abschließend lässt sich sagen, dass die Kombination von Gamification, digitaler Mediennutzung und der strukturierten Stationsarbeit zu einer signifikanten Steigerung der intrinsischen Motivation in den Experimentalgruppen beitrug, während auch die Kontrollgruppe von den Gamification-Elementen der Stationsarbeit profitierte.

Ausblick

Gamification bietet ein vielversprechendes Potenzial für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Durch spielerische Elemente können komplexe Inhalte motivierend und nachhaltig vermittelt werden. Die vorliegende Arbeit zeigt, dass Gamification nicht nur den Wissenserwerb fördert, sondern auch die intrinsische Motivation der SuS steigert. Dies ist besonders relevant für den Arten- und Naturschutz, da ein vertieftes Verständnis für ökologische Zusammenhänge langfristig zu einem bewussteren Umgang mit der Natur führen kann. Die spielerische Auseinandersetzung mit Fledermäusen ermöglicht es den SuS, Vorurteile abzubauen und die Bedeutung von Fledermäusen im Ökosystem zu erkennen. Gerade in Zeiten von Artenrückgang und Klimawandel ist es essenziell, junge Generationen für den Schutz von Tieren und deren Lebensräumen zu sensibilisieren. Digitale Lernumgebungen können hierbei ein wertvolles Werkzeug sein, um Wissen interaktiv zu vermitteln und die Begeisterung für Naturschutzthemen zu wecken.



Quellenverzeichnis

- BENEKE, B., BREUL, L., GROTHJAHN, S., KOSCHEL, B., OSTERFELD, M., PAPE, C., SABINE, R., & SADOWSKI, K. (2017). Kerncurriculum für die Grundschule. Schuljahrgänge 1-4. Sachunterricht. (S. 37). Niedersächsisches Kultusministerium.
- DECI, E. L., & RYAN, R. M. (1985). Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior. Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-2271-7>
- DECI, E. L., & RYAN, R. M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. Zeitschrift für Pädagogik, 39(2), 223–238.
- DIETZ, C., & KIEFER, A. (2014). Die Fledermäuse Europas: Kennen, bestimmen, schützen. Kosmos.
- FEIERABEND, S., RATHGEB, T., KHEREDMAND, H., & GLÖCKLER, S. (2023). KIM-STUDIE 2022: Kindheit, Internet, Medien. Basisuntersuchung zum Medienumgang 6- bis 13-Jähriger. Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest.
- HANUS, M. D., & FOX, J. (2015). Assessing the effects of gamification in the classroom: A longitudinal study on intrinsic motivation, social comparison, satisfaction, effort, and academic performance. Computers and Education, 80, 152–161.
- HIMME, A. (2007). Gütekriterien der Messung: Reliabilität, Validität und Generalisierbarkeit. In S. Albers, D. Klapper, U. Konradt, A. Walter, & J. Wolf (Hrsg.), Methodik der empirischen Forschung (S. 375–390). Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-8349-9121-8_25
- JACOB, A., & TEUTEBERG, F. (2017). Game-Based Learning, Serious Games, Business Games und Gamification –Lernförderliche Anwendungsszenarien, gewonnene Erkenntnisse und Handlungsempfehlungen. In S. Strahinger & C. Leyh (Hrsg.), Gamification und Serious Games: Grundlagen, Vorgehen und Anwendungen (S. 97–112). Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-16742-4_8
- KORN, O., SCHULZ, A. S., & HAGLEY, B. J. (2022). Gamification: Grundlagen, Methoden und Anwendungsbeispiele. In W. Becker & M. Metz (Hrsg.), Digitale Lernwelten – Serious Games und Gamification: Didaktik, Anwendungen und Erfahrungen in der Beruflichen Bildung (S. 43–63). Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-35059-8_4
- KREBS, D., & MENOLD, N. (2019). Gütekriterien quantitativer Sozialforschung. In N. Baur & J. Blasius (Hrsg.), Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung (S. 489–504). Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-21308-4_34
- LANGLEY, L. (2018, Mai 9). 6 Irrtümer über Fledermäuse. National Geographic. <https://www.nationalgeographic.de/tiere/2018/05/6-irrtuemer-ueber-fledermaeuse>
- LUARN, P., CHEN, C.-C., & CHIU, Y.-P. (2023). Enhancing intrinsic learning motivation through gamification: A self-determination theory perspective. The International Journal of Information and Learning Technology, 40(5), 413–424. <https://doi.org/10.1108/IJILT-07-2022-0145>
- PAULI, C., & LIPOWSKY, F. (2007). Mitmachen oder zuhören? Mündliche Schüler*innen- und Schülerbeteiligung im Mathematikunterricht. Unterrichtswissenschaft, 35, 101–124.
- PISSAREK, M., & WILD, J. (2018). Prä-/Post-/Follow-Up-Kontrollgruppendesign. In Jan. M. Boelmann (Hrsg.), Empirische Forschung in der Deutschdidaktik. Band 1: Grundlagen. (S. 215–236).
- RENKL, A. (2011a). Aktives Lernen = gutes Lernen? Reflexion zu einer (zu) einfachen Gleichung. Unterrichtswissenschaft, 39, 194–196.
- RENKL, A. (2011b). Instruction based on examples. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), Handbook of research on learning and instructions. (S. 272–295).
- RENKL, A. (2015). Wissenserwerb. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), Pädagogische Psychologie (S. 3–24). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-41291-2_1
- RENKL, A., & ATKINSON, R. K. (2007). Interactive learning environments: Contemporary issues and trends. An introduction to the special issue. Educational Psychology Review, 19, 235–238.
- RYAN, R. M., & DECI, E. L. (2000). Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definitions and New Directions. Contemporary Educational Psychology, 25(1), 54–67. <https://doi.org/10.1006/ceps.1999.1020>
- SCHARPF, S., & GABES, D. (2022). Motivation und digitale Medien am Beispiel des Sachunterrichts. In M. Haider & D. Schmeink (Hrsg.), Digitalisierung in der Grundschule. Grundlagen, Gelingsbedingungen und didaktische Konzeptionen am Beispiel des Fachs Sachunterricht. (S. 85–97). Julius Klinkhardt.
- SUN, L., CHEN, X., & RUOKAMO, H. (2020). (PDF) Digital Game-based Pedagogical Activities in Primary Education: A Review of Ten Years' Studies. ResearchGate. <https://doi.org/10.37120/ijttl.2020.16.2.02>

Kontakt

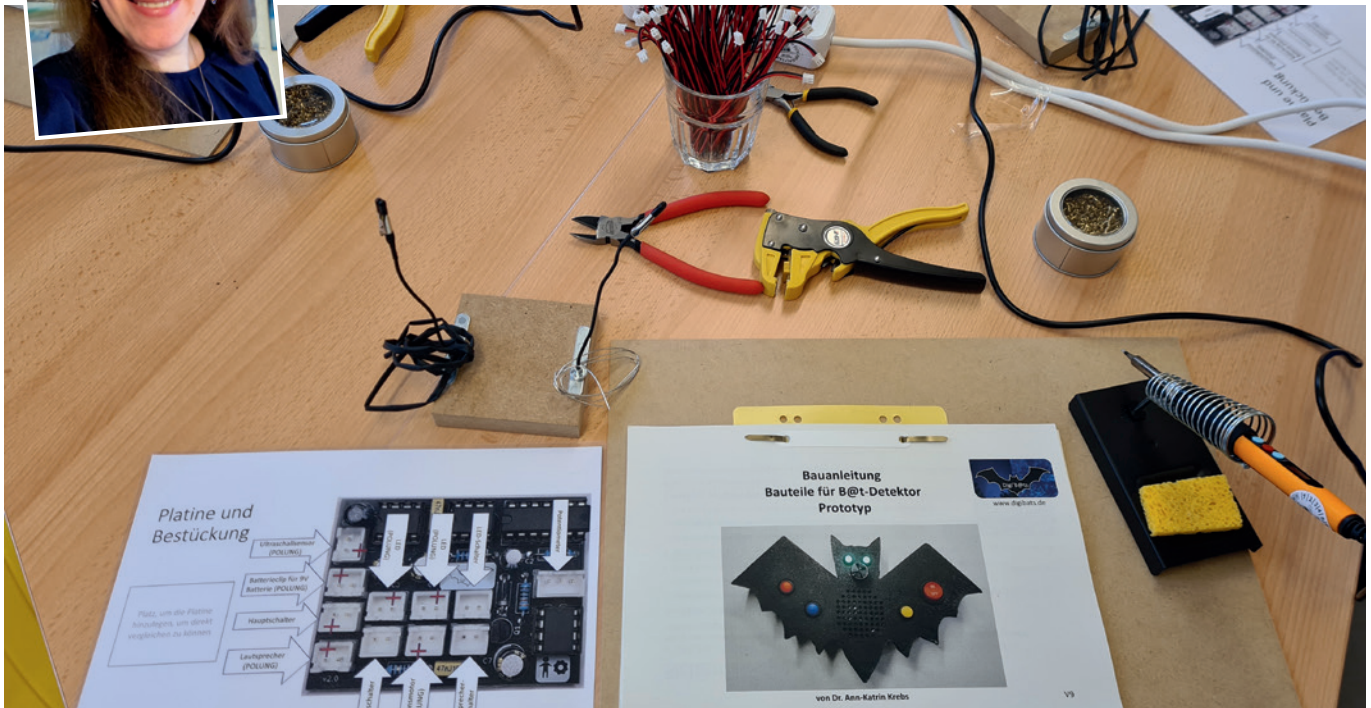
Stina Berger, M.Ed.
stinaberger96@gmail.com





Ann-Katrin Krebs

Gamification für den Artenschutz der Fledermaus nutzen



Typischer Workshop-Aufbau zur Fertigung des B@t-Detektors. Foto: A.-K. Krebs

In einfachen Worten:

Womit beschäftigst du dich in deiner Arbeit?

In meiner Forschung beschäftige ich mich mit der Nutzung von Gamification zur Förderung von Lernprozessen im Artenschutz. Ich untersuche, wie spielerische Elemente, digital und analog, Lernende motivieren und ihr Umweltbewusstsein stärken. Ein zentrales Projekt ist „Digi'B@ts“, in dem ich Bildungsansätze entwickle, um ökologische Zusammenhänge verständlich zu machen. Dabei setze ich auf VR und AR, um Fledermaushabitate darzustellen, und entwickle B@t-Detektoren, mit denen Lernende Ultraschallrufe von Fledermäusen wahrnehmen können. Mein interdisziplinärer Ansatz verknüpft MINT-Fächer mit Nachhaltigkeitsbildung, um ein ganzheitliches Verständnis für Artenschutz zu fördern. Erste Ergebnisse zeigen, dass die spielerische Auseinandersetzung die Motivation und das Umweltbewusstsein steigert. Mein Ziel ist es, Lernkonzepte zu entwickeln, die nicht nur Wissen vermitteln, sondern auch zur Erreichung der SDGs beitragen.

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

Ich finde es spannend, wie Gamification und interaktive Lernmethoden komplexe ökologische Themen zugänglich machen und zum Handeln anregen können. Besonders interessiert mich, wie wissenschaftliche Erkenntnisse in praktische Anwendungen übersetzt werden, etwa durch Geräte wie den B@t-Detektor oder digitale Technologien in der Umweltbildung. Ich glaube, Umweltschutz ist nur dann erfolgreich, wenn er aktiv erlebt wird.

Was hat dich in deiner Arbeit am meisten überrascht?

Überrascht hat mich die Wirkung von Gamification auf Lernende jeden Alters. Es ist faszinierend zu sehen, wie spielerische Elemente das Interesse an komplexen Themen wie Artenschutz wecken und ein tiefes Umweltbewusstsein fördern. Besonders beeindruckend war, wie gut die Kombination von praktischen Anwendungen und interaktiven Methoden das Handeln der Lernenden inspiriert.

Welche Denkanstöße und Empfehlungen möchtest du Praktikerinnen und Praktikern oder Politikerinnen und Politikern mit auf dem Weg geben?

Ich möchte empfehlen, innovative Ansätze wie Gamification stärker in den Bildungsbereich zu integrieren, um das Umweltbewusstsein zu fördern. Der Einsatz von VR, AR und selbstgefertigten technischen Geräten wie dem B@t-Detektor kann ökologische Themen greifbar machen. Bildungseinrichtungen und Umweltorganisationen sollten enger zusammenarbeiten, um den Wissensaustausch zu fördern und Nachhaltigkeit in der Politik zu verankern. So können wir eine nachhaltige Veränderung erreichen.

Gamification für den Artenschutz der Fledermaus nutzen

Using Gamification for bat conservation

Ann-Katrin Krebs

Zusammenfassung

Gamification fördert Lernprozesse spielerisch und kann im Artenschutz zur Sensibilisierung für bedrohte Tierarten wie Fledermäuse genutzt werden. Das Projekt „Digi'B@ts“ kombiniert digitale, hybride und analoge Ansätze, um technische und ökologische Zusammenhänge erlebbar zu machen.

In der analogen Gamification des vorgestellten Projekts wird ein Ultraschalldetektor angefertigt, der in Form und Gestalt einer Fledermaus sowie einem GamePad ähnelt. Der B@t-Detektor macht Ultraschallrufe hör-, spür- und sichtbar und nutzt spielerische Elemente auf der Suche nach Fledermäusen.

Fächerübergreifende Konzepte verknüpfen MINT-Fächer (**M**athematik, **I**nformatik, **N**aturwissenschaften und **T**echnik) mit Nachhaltigkeitsbildung und unterstützen die Sustainable Development Goals (SDGs), die 17 globale Ziele der Vereinten Nationen zur Förderung nachhaltiger Entwicklung, die soziale Gerechtigkeit, Umweltschutz und wirtschaftliches Wachstum bis 2030 weltweit sichern sollen. SDGs, insbesondere in Bildung, Klimaschutz und Biodiversität. Eine qualitative Inhaltsanalyse von Feedbackbögen zur Fertigung des B@t-Detektors (N=43, weiblich=69,8%) zeigt, dass das analoge Gerät das Umweltbewusstsein und Artenschutz spielerisch fördert. Besonders motivierend ist die praktische Nutzung in der Natur, die eine direkte Verbindung zur Umwelt schafft. Die Kombination aus Theorie und Praxis wird als wirkungsvoll empfunden und stärkt nach Einschätzung der Teilnehmenden das nachhaltige Umweltbewusstsein.

Gamification, Artenschutz, Fledermäuse, MINT-Bildung, Bildung für Nachhaltige Entwicklung

Abstract

Gamification promotes learning processes in a playful way and may raise awareness of endangered species, such as bats, in conservation efforts. The „Digi'B@ts“ project combines digital, hybrid, and analogue approaches to make technical and ecological relationships tangible.

In the analogue gamification of the presented project, an ultrasonic detector is created, designed to resemble both a bat and a gamepad. The B@t-Detector makes ultrasonic calls audible, tangible, and visible, adding a playful element to the search for bats.

Interdisciplinary concepts link STEM subjects (**S**cience, **T**echnology, **E**ngineering and **M**athematics) with sustainability education and support the Sustainable Development Goals (SDGs), which are 17 global goals established by the United Nations to promote sustainable development by 2030, focusing on social justice, environmental protection, and economic growth worldwide. SDGs, particularly in education, climate protection, and biodiversity. A qualitative content analysis of the B@t-Detector feedback forms (N=43, female=69,8%) shows that the tool effectively promotes environmental awareness and conservation in a playful way. The practical use in nature is particularly motivating, as it creates a direct connection to the environment. The combination of theory and practice is perceived as effective and helps foster sustainable environmental awareness.

Gamification, species conservation, bats, STEM education, education for sustainable development

doi: 10.23766/NiPF.202501.15

Einleitung

Gamification ist ein Ansatz, der die Einbindung spielerischer Elemente und Prinzipien in nicht-spielerische Kontexte ermöglicht und damit zahlreiche Möglichkeiten zur Förderung und Verbesserung von Lernprozessen im Bildungsbereich eröffnet (Alsawaier & Raed S., 2018; Alt, 2023). Insbesondere in einem modernen Unterrichtskonzept des 21. Jahrhunderts stehen kreative und aktive Lernumgebungen im Vordergrund (W. Becker & Metz, 2022). Spielelemente, die Freude und positive Emotionen erzeugen, können dazu beitragen, das Interesse der Lernenden am Unter-

richtsgegenstand zu wecken und diesen nachhaltig im Gedächtnis zu verankern (Mee Mee et al., 2021; Mee Mee et al., 2022; Rao et al., 2022). Ein wesentliches Ziel von Gamification besteht darin, Lernende zu befähigen, Verantwortung für ihren Lernprozess zu übernehmen und aktiver Teil des Unterrichtsgeschehens zu sein. Gamification kann sowohl analog als auch digital umgesetzt werden. Analoge Gamification umfasst die Nutzung spielerischer Elemente in nicht-digitalen Kontexten, während digitale Gamification den Einsatz von Elementen in digitalen Medien wie



Computerspielen, mobilen Anwendungen oder Videospielen beinhaltet (Mee Mee et al., 2021). Darüber hinaus erlauben hybride Ansätze die Kombination beider Formen, etwa durch technische Hilfsmittel, die in realen und virtuellen Szenarien genutzt werden können, um Lernen interaktiv und spannend zu gestalten.

Die Sensibilisierung für Artenschutz (Ruschkowski et al., 2022) ist angesichts des Artensterbens ein besonders dringliches Anliegen. Fledermäuse, die unter strengen Schutzmaßnahmen stehen (BMVU & UBA, 2022; Bundesamt für Naturschutz, 2020), sind in vielen Regionen stark gefährdet und zahlreiche Arten finden sich auf der Roten Liste wieder. Fledermäuse sind, nach den Nagetieren, die am häufigsten vorkommende Säugetiergruppe auf der Erde und mit über 1400 bekannten Arten vertreten. Diese Tiere sind aufgrund ihrer Nachtaktivität im Alltag von Kindern und Jugendlichen kaum präsent, obwohl Vertreter ihrer Art nahezu überall auf der Welt zu finden sind. Aufgrund ihrer faszinierenden Fähigkeiten wie der Echoortung, ihrer Flugfähigkeit und ihrer nachtaktiven Lebensweise bieten sie jedoch großes Potenzial für eine spannende und interdisziplinäre Auseinandersetzung im Unterricht, insbesondere in den MINT-Fächern mit Bezügen zur Bildung für nachhaltige Entwicklung.

Interdisziplinärer Zugang zur Schule über einen fächerübergreifenden Ansatz in den MINT-Fächern

Ein fächerübergreifender Ansatz zur Förderung des Artenschutzes lässt sich besonders effektiv in den naturwissenschaftlich-technischen Fächern Biologie, Physik und Technik umsetzen. Dabei können Inhalte diversitätsorientiert und geschlechtersensibel auf-

bereitet werden, um die Motivation und das Interesse von Lernenden unabhängig von Geschlecht, Alter oder Wissensstand zu fördern (Acatech & Joachim Herz Stiftung, 2022; Koch et al., 2019). Durch die Integration weiterer Fächer wie Deutsch, Musik oder Geschichte können zusätzliche Perspektiven eröffnet werden, bspw. durch das Verfassen von Zeitungsartikeln über Fledermäuse, das Komponieren eines Liedes oder die historische Betrachtung von Fledermausmythen. Die Nutzung von Gamification-Elementen bietet darüber hinaus die Möglichkeit, digitale Medien in den Unterricht zu integrieren, wodurch sowohl Lernende als auch Lehramtsstudierende digitale Kompetenzen erwerben können (S. Becker et al., 2020; Koehler & Mishra, 2009; Thyssen et al., 2023). Im Folgenden werden die Angebote des Projekts kurz umrissen und der Fokus auf die analoge Gamification gerichtet:

Gamification-Elemente im Projekt „Digi'B@ts“

Im Projekt „Digi'B@ts“ werden innovative Bildungsangebote entwickelt, die spielerisch und interaktiv Artenschutz, technische Kompetenzen und naturwissenschaftliches Denken vermitteln. Es werden digitale, hybride und analoge Gamification-Elemente genutzt, um nachhaltige Lernerlebnisse zu schaffen und das Verständnis für Fledermäuse sowie technische und ökologische Zusammenhänge zu fördern. Im Zentrum steht die Frage, wie diese Gamification-Elemente die Artenschutzsensibilisierung von Lernenden fördern können.

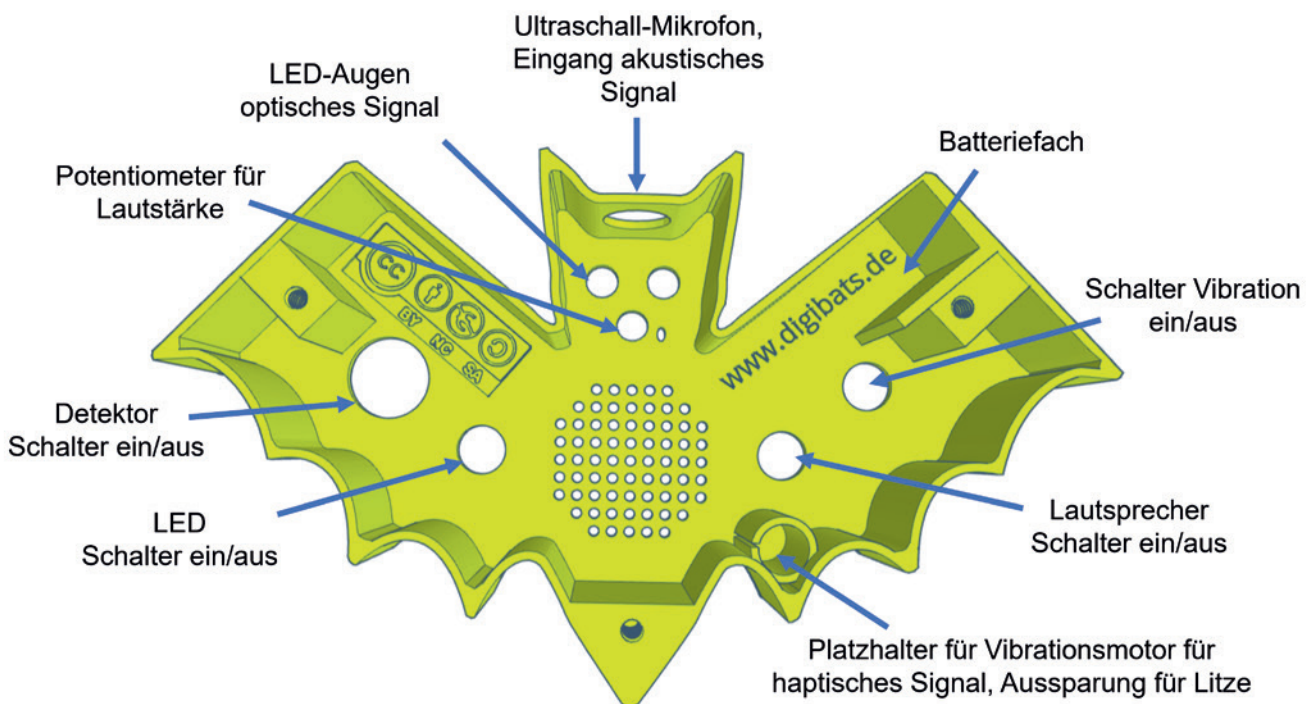


Abbildung 1: Übersicht Funktionen und Bestandteile des B@t-Detektors. Innenansicht. Grafik: A.-K. Krebs

Digitale Gamification:

Lernwelten mit Delightex und MergeCube

Lernende erstellen mit CoSpacesEdu virtuelle Lernwelten, z. B. ein digitales Museum zu Fledermaushabitaten, das in Virtual Reality (VR) und Augmented Reality (AR) betrachtet werden kann (<https://edu.delightex.com/EUN-XQW>). Der MergeCube, ein Würfel mit QR-Codes, ermöglicht interaktive Erlebnisse in AR. Besonders für die Primarstufe geeignet, können Lernende eigene Geschichten und interaktive Projekte, z. B. zu Fledermäusen, gestalten und teilen.

Hybride Gamification:

Ultraschallabstandssensor als Orientierungshilfe

Ein Ultraschallabstandssensor in Kombination mit einem Microcontroller (z. B. Arduino) verbindet analoge und digitale Gamification. Lernende designen individuelle Sensorrahmen mit 3D-Druckern und programmieren den Arduino, um Hindernisse, z. B. bei der Bewältigung eines Parcours, im Dunkeln zu erkennen.

Analoge Gamification: Fertigung eines B@t-Detektors Ein zentrales Element des Projekts ist der „B@t-Detektor“, ein Ultraschalldetektor, der Fledermausgeräusche für das menschliche Gehör hörbar macht. Lernende fertigen das Gerät selbst und erlernen so grundlegende technische Fähigkeiten. Der Detektor fördert das Verständnis für Echoortung, ergänzt durch physikalische Aspekte von Schall sowie der technischen Fertigung über 3D-Druck und Weichlöten. Mit Hilfe von künstlichen Fledermäusen wird der Einsatz in verschiedenen Umgebungen, auch ohne direkte Fledermausbegegnung, ermöglicht.

Sustainable Development Goals (SDGs)

Das Projekt „Digi'B@ts“ adressiert mehrere Ziele der Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen (Bantekas et al., 2023). Es verbindet Gamification, Artenschutz und Bildung und trägt zur Bewältigung globaler Herausforderungen bei. Die Relevanz des Projekts zeigt sich besonders in folgenden SDGs:

- SDG 3 (Gesundheit und Wohlergehen): Fledermäuse regulieren Insekten und tragen zur Krankheitskontrolle bei. Der Einsatz von Fledermausdetektoren fördert das Naturverständnis und sensibilisiert für die Anwesenheit der Tiere.
- SDG 4 (Hochwertige Bildung): Das Projekt kombiniert Gamification mit interdisziplinärem Lernen und sensibilisiert für Artenschutz und Artenschutzmaßnahmen.
- SDG 13 (Klimaschutz): Das Projekt kann das Bewusstsein für ökologische Zusammenhänge und die Rolle von Fledermäusen im Ökosystem stärken.
- SDG 15 (Leben an Land): Durch die Thematisierung im Projekt kann der Artenschutz für Fledermausarten und das Verständnis für Biodiversität gefördert werden.
- SDG 17 (Partnerschaften zur Erreichung der Ziele): Das Projekt strebt die Zusammenarbeit zwischen Bildungseinrichtungen und Umweltorganisationen für nachhaltige Entwicklung und Wissensaustausch an.

Übersicht Teilnehmer*innen in Iteration 4

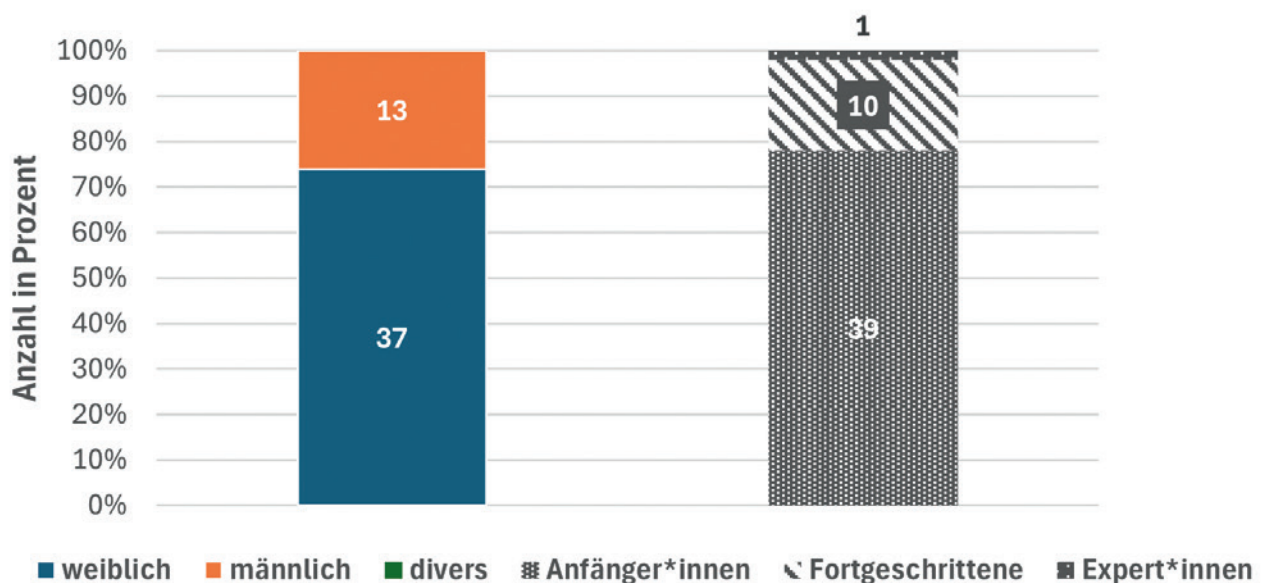


Abbildung 2: Übersicht Teilnehmerinnen und Teilnehmer 4. Iteration. Den B@t-Detektor haben überwiegend weibliche Personen (74 %) angefertigt. 78 % der Personen hatten vor dem B@t-Detektor keine Löterfahrung. Grafik: A.-K. Krebs

Methodische Umsetzung und Datenerhebung für analoge Gamification

Der analoge Gamification-Aspekt wird in der Leuphana Lernwerkstatt Lüneburg (L3) und anderen Bildungseinrichtungen als Workshop angeboten. Dabei fertigen Teilnehmende B@t-Detektoren und testen sie im Winter mit künstlichen oder im Sommer mit echten Fledermäusen auf Fledermauswanderungen. Ein anonymer Feedbackbogen hilft, Materialien im Design-Based Research (DBR, Anderson & Shattuck, 2012; Bell et al., 2013) weiterzuentwickeln, einem iterativen Forschungsansatz zur praktischen Problemlösung und wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung.

Qualitative Inhaltsanalyse der Feedbackbögen

Zur Analyse der Daten wurde die qualitative Inhaltsanalyse nach Kuckartz und Rädiker (2023) als eine strukturierte Methode gewählt, um qualitative Daten, wie Interviews und Feedbackbögen, systematisch auszuwerten. In diesem Zuge wurden die Fragen auf dem Feedbackbogen als Hauptkategorien deduktiv genutzt und Subkategorien aus häufig vorkommenden Erwähnungen induktiv gebildet. Da die Datenerhebung und die Analyse noch andauern, sind die folgenden Ergebnisse unter der Prämisse der Unvollständigkeit zu interpretieren und es wurde noch keine Intercoderreliabilität berechnet.

Die derzeit vorliegenden Feedbackbögen (N=50) aus der 4. Iteration wurden von Personen aus Bildungsinstitutionen wie Hochschule und Schule ausgefüllt. Die Personen waren überwiegend weiblich ($n_{\text{weiblich}}=37$, 74 %) und Anfängerinnen und Anfänger im Löten ($n_{\text{keine_Löterfahrung}}=39$, 78 %).

Der B@t-Detektor wird in den Feedbackbögen überwiegend positiv bewertet und als wertvolles Werkzeug zur Förderung von Umweltbewusstsein und Artenschutz benannt. Besonders hervorgehoben wird der spielerische Charakter des Projekts, der den Lernenden einen zugänglichen und unterhaltsamen Einstieg in das Thema Fledermausschutz ermöglicht. Die Nutzung des Detektors in der Natur wird als besonders motivierend empfunden, da sie eine direkte, erlebbare Verbindung zur Umwelt schafft. Das aktive Suchen nach Fledermäusen macht das Thema nicht nur greifbar, sondern auch spannend und interaktiv.

Das Projekt wird zudem dafür geschätzt, dass es Neugier weckt und das Interesse der Lernenden am Schutz von Fledermäusen und ihren Lebensräumen stärkt. Durch die direkte Auseinandersetzung mit der Technik, der Fertigung und im Anschluss mit der Natur vertieft sich das Bewusstsein für die Bedeutung des Artenschutzes und die Herausforderungen des Umweltschutzes. Besonders wertvoll ist die Kombination aus Theorie und Praxis: Neben der Nutzung des Detektors erhalten die Lernenden auch theoretische Hintergrundinformationen, die ihnen ein umfassenderes Verständnis für ökologische Zusammenhänge vermitteln.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die aktive Teilnahme der Lernenden. Durch das praktische Arbeiten mit dem Detektor nach der Selbstfertigung und das Entdecken von Fledermäusen mit einem selbstgefertigten Gerät wird eine tiefere Wertschätzung für die



Abbildung 3: B@t-Detektor bestückt und eingeschaltet. Passend zum eingehenden Ultraschallsignal zwinkert die Fledermaus mit den Augen und vibriert gleichzeitig. Über einen eingebauten Lautsprecher werden die Fledermausrufe hörbar. Alle Funktionen können zu- und ausgeschaltet werden. Foto: A.-K. Krebs

eigenen Fähigkeiten und auch für Artenschutz geschaffen. Zusammenfassend zeigt sich, dass der B@t-Detektor als lehrreiches und motivierendes Projekt wahrgenommen wird. Durch die Verbindung von spielerischem Lernen, praktischer Anwendung, Fertigung eines eigenen Gerätes und theoretischem Wissen wird ein fundiertes Verständnis für den Artenschutz und die Bedeutung der Biodiversität gefördert. Die direkte Einbindung der Lernenden stärkt ihr Umweltbewusstsein und trägt langfristig zu einem nachhaltigeren Umgang mit der Natur bei.

Kritische Reflexion zur Anfertigung des B@t-Detektors

Trotz überwiegend positiver Rückmeldungen wird die Fertigung des B@t-Detektors auch kritisch betrachtet. Technische und persönliche Herausforderungen können zu Frustration führen, insbesondere wenn unerwartete Schwierigkeiten oder fehlerhafte Komponenten den Bauprozess erschweren, wobei im Nachgang die erfolgreiche Nutzung des fertigen Geräts ein motivierendes Lernerlebnis darstellt.

Ein wichtiger Aspekt ist die soziale Erwünschtheit, da Teilnehmende möglicherweise Schwierigkeiten nicht offen äußern, wenn sie sich durch äußere Erwartungen oder die Anwesenheit der Projektleitung beeinflusst fühlen.

Zudem gibt es individuelle Unterschiede im Arbeitstempo, wodurch einige schneller fertig sind, während andere mehr Zeit benötigen, um Unsicherheiten zu überwinden. Dies kann in Gruppenarbeiten zu Ungleichgewichten führen.

Die Qualität der Bauteile spielt eine wesentliche Rolle, da fehlerhafte oder unvollständige Teile den Fertigungsprozess verzögern und Frustration auslösen können. Technische Unsicherheiten können den Lernprozess ebenfalls negativ beeinflussen, während Erfolgserlebnisse das Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten stärken. Auch die Konzentration ist entscheidend: Einige geraten in einen „Flow“-Zustand und arbeiten fokussiert, während Ablenkungen oder Unsicherheiten diesen Prozess stören können. Klare Anlei-

tungen und ein unterstützendes Umfeld sind daher essenziell. Falls der Workshop von unterschiedlichen Personen durchgeführt wird, ergeben sich zusätzliche Herausforderungen hinsichtlich der Konsistenz der Anleitung und der didaktischen Methoden. Unterschiede in der Vermittlung oder fehlende Anpassungen an individuelle Bedürfnisse könnten zu Verständnisproblemen führen und den Lernerfolg beeinträchtigen.

Ausblick

Nach ausführlicher Testung des Prototyps wird der Fledermausdetektor nun für die Fertigung in Lern- und Wissenswerkstätten vorbereitet. Dort können die Detektoren künftig in Workshops von Lernenden hergestellt werden. Erste Klassenversuche starten nun, um die Praxistauglichkeit weiter zu überprüfen und das Projekt weiter zu optimieren und so die Artenschutzsensibilisierung weiter zu fördern. Diese praktischen Anwendungen bieten eine wertvolle Gelegenheit, das Verständnis für Technik, Artenschutz und Nachhaltigkeit in einem interaktiven Lernumfeld zu vertiefen.

Literaturverzeichnis

- ACATECH & JOACHIM HERZ STIFTUNG (HRSG.). (2022). MINT Nachwuchsbarometer 2022: Digitale Fassung. <https://www.acatech.de/publikation/mint-nachwuchsbarometer-2022/download-pdf?lang=de>
- ALSAWAIER & RAED S. (2018). The effect of gamification on motivation and engagement. *International Journal of Information and Learning Technology*, 35(Volume 35 Issue 1). <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/IJILT-02-2017-0009/full/html#sec011>
- ALT, D. (2023). Assessing the benefits of gamification in mathematics for student gameful experience and gaming motivation. *Computers & Education*, 200, 104806. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104806>
- ANDERSON, T. & SHATTUCK, J. (2012). Design-Based Research. *Educational Researcher*, 41(1), 16–25. <https://doi.org/10.3102/0013189X11428813>
- BANTEKAS, I., SEATZU, F. & AKESTORIDI, K. (HRSG.). (2023). Oxford commentaries on international law. The UN sustainable development goals: A commentary (First edition). Oxford University Press.
- BECKER, S., MESSINGER-KOPPELT, J. & THYSSEN, C. (HRSG.). (2020). Digitale Basiskompetenzen: Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften. Joachim Herz Stiftung.
- BECKER, W. & METZ, M. (HRSG.). (2022). Research. Digitale Lernwelten - Serious Games und Gamification: Didaktik, Anwendungen und Erfahrungen in der Beruflichen Bildung. Springer VS.
- BELL, P., HOADLEY, C. M. & LINN, M. C. (2013). Design-Based Research in Education. In *Internet Environments for Science Education* (S. 101–114). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781410610393-11>
- BMVU & UBA (HRSG.). (2022). Umweltbewusstsein in Deutschland 2020: Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/ubs_2020.pdf
- BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ. (2020). Rote Liste und Gesamtartenliste der Säugetiere (Mammalia) Deutschlands. *Naturschutz und Biologische Vielfalt: Heft 170,2*. Bundesamt für Naturschutz. <https://doi.org/10.19213/972172>
- KOCH, A. F., KRUSE, S. & LABUDDE, P. (HRSG.). (2019). Zur Bedeutung der Technischen Bildung in Fächerverbünden. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-25623-4>
- KOEHLER, M. & MISHRA, P. (2009). What is Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 60–70. <https://www.learn-techlib.org/p/29544/>
- KUCKARTZ, U. & RÄDIKER, S. (2023). *Qualitative content analysis: Methods, practice and software* (2nd edition). SAGE.
- MEE MEE, R. W., PEK, L. S., VON, W. Y., ABD GHANI, K., TENGKU SHAHDAN, T. S., ISMAIL, M. R. & RAO, Y. S. (2021). A Conceptual Model of Analogue Gamification to Enhance Learners' Motivation and Attitude. *International Journal of Language Education*, 5(2), 40. <https://doi.org/10.26858/ijole.v5i2.18229>
- MEE MEE, R. W., RAO, Y. S., PEK, L. S., GHANI, K. A., VON, W. Y., ISMAIL, M. R. & SHAHDAN, T. S. T. (2022). Gamifying education for classroom engagement in primary schools. *International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE)*, 11(3), 1360. <https://doi.org/10.11591/ijere.v11i3.21918>
- RAO, Y. S., MEE, R. W. M., GHANI, K. A., PEK, L. S., VON, W. Y., ISMAIL, M. R. & SHAHDAN, T. S. T. (2022). Gamification In Education For Sustainable Development. *Reimagining Resilient Sustainability: An Integrated Effort in Research, Practices & Education*(3), 155–162. <https://doi.org/10.15405/epms.2022.10.15>
- RUSCHKOWSKI, E. VON, DIECKMANN, A. & LAMKOWSKY, GISELA, EILERS, SUSANNE, BLUMENROTH, NORBERT (2022). Sensibilisierung junger Menschen für Natur- und Artenschutz: Potenziale zukunftsorientierter Ansätze im Kontext der Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE). *Natur und Landschaft - Zeitschrift für Naturschutz und Landschaftspflege*(4), 176–184. <https://doi.org/ISBN>
- THYSSEN, C., HUWER, J., IRION, T. & SCHAAL, S. (2023). From TPACK to DPACK: The "Digitally-Related Pedagogical and Content Knowledge"-Model in STEM-Education. *Education Sciences*, 13(8), 769. <https://doi.org/10.3390/educsci13080769>

Kontakt

Dr. Ann-Katrin Krebs, M.A.
Universitätsallee 1, C13.320
Leuphana Universität Lüneburg
21335 Lüneburg
ann-katrin.krebs@leuphana.de, ann-katrin.krebs@gmx.de
www.digibats.de





Fiona Oerding

Partizipative Erstellung eines didaktischen Drehbuchs zur Konzeption eines digitalen Lehrpfades für FÖJler:innen unter Berücksichtigung des umweltpsychologischen Handlungsmodells von Hamann, Baumann und Löschinger



Der Weg durch die Heide in Schneverdingen. Foto: F. Oerding

In einfachen Worten:

Womit beschäftigst du dich in deiner Arbeit?

In meiner Arbeit ging es darum herauszufinden, wie man einen digitalen Lehrpfad gestalten kann, der Teilnehmende des Freiwilligen ökologischen Jahres darin unterstützt, nachhaltiger zu leben. Dafür wurde auf der einen Seite erarbeitet, wie digitale Medien in der Umweltbildung eingesetzt werden können und die Lehrpfadgestaltung aussehen soll. Auf der anderen Seite wurde das Nachhaltigkeitsverhalten der Freiwilligen analysiert und welche Faktoren im Freiwilligendienst darauf einwirken.

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

Auch wenn mich die naturwissenschaftliche Forschung ebenso begeistert, empfand ich in der Masterarbeit vor allem den Austausch mit den Freiwilligen als sehr wertvoll. Da ich selber so einen Freiwilligendienst hinter mich gebracht habe, war es extrem spannend, meine eigenen Erfahrungen mit den Erfahrungen der Freiwilligen zu vergleichen und nun wissenschaftlich erklären zu können, wie ein Freiwilligendienst das Verhalten und im Zweifelsfall auch den ganzen Lebensweg beeinflussen kann.

Was hat dich in deiner Arbeit am meisten überrascht?

Auch wenn man naturwissenschaftlich arbeitet, ist das was einen vor allem prägt, das drum herum. Das hat mich zwar nicht wirklich überrascht, aber nochmal besonders bewusst gemacht, dass Naturschutz nicht nur naturwissenschaftlich, sondern mindestens ebenso sozialwissenschaftlich angegangen werden muss. Wie wenig bewusst einem oft ist, was einen eigentlich beeinflusst im Handeln. So waren sich zum Beispiel anfangs alle einig, sowohl im Workshop, als auch in dem Pretest oder der Fokusgruppendifkussion, dass sie keine wirklichen Vorbilder haben, die sie in ihrem Verhalten beeinflusst haben. Nur über andere Fragen kam heraus, dass es dann doch die Teamerin im FÖJ war, die ihre Sachen nebenbei repariert hat oder der Arbeitskollege, der leckere vegane Sachen mitbrachte, die dafür gesorgt haben, dass neue Verhaltensweisen aufgegriffen wurden.

Welche Denkanstöße und Empfehlungen möchtest du Praktikerinnen und Praktikern oder Politikerinnen und Politikern mit auf dem Weg geben?

Nicht nur im Studium, sondern besonders auch im Nachwuchskolloquium wurde mir mal wieder klar, wie viel Begeisterung jedes noch so spezialisierte Thema auslösen kann, wenn man sich nur intensiv genug damit beschäftigt und wie ansteckend diese Begeisterung sein kann, wenn richtige Experten und Expertinnen davon erzählen. Daher: Behaltet euer Wissen nicht für euch oder in eurer Forschungsgruppe, sondern erzählt davon!

Partizipative Erstellung eines didaktischen Drehbuchs zur Konzeption eines digitalen Lehrpfades für FÖJlerinnen und FÖJler unter Berücksichtigung des umweltpsychologischen Handlungsmodells von Hamann, Baumann und Löschinger

Participatory development of a didactic script for the design of a digital educational trail for FÖJ participants considering the environmental psychology action model by Hamann, Baumann, and Löschinger.

Fiona Oerding

Zusammenfassung

Das Freiwillige Ökologische Jahr (FÖJ) bietet jungen Erwachsenen praxisnahe Erfahrungen im Natur- und Umweltschutz. Diese Masterarbeit untersucht, wie das FÖJ das Umweltbewusstsein und nachhaltige Verhaltensweisen stärkt. Auf Basis von Workshops und Fokusgruppendifkussionen mit Teilnehmenden des Freiwilligendienstes sowie dem umweltpsychologischen Handlungsmodell von Hamann et al. (2016), wurde ein digitales Lehrpfadkonzept entwickelt. Der Lehrpfad verknüpft theoretisches Wissen mit praxisnahen Aufgaben und nutzt Gamification-Elemente zur Motivation. Ziel ist es, Reflexion, Wissen und Handlungskompetenzen zu fördern und nachhaltiges Verhalten langfristig zu unterstützen.

Bildung für nachhaltige Entwicklung, digitales Lernen, Umweltpsychologie, Gamification, nachhaltiges Verhalten, Freiwilliges Ökologisches Jahr, Lehrpfad

Abstract

The voluntary ecological year (FÖJ) offers young adults hands-on experiences in nature and environmental protection. This master thesis examines how the FÖJ fosters environmental awareness and sustainable behavior. Based on workshops and focus group discussions with FÖJ participants and the environmental psychological action model by Hamann et al. (2016), a digital educational trail concept was developed. The trail combines theoretical knowledge with practical tasks and uses gamification elements to enhance motivation. The goal is to promote reflection, knowledge, and action competence to support sustainable behavior in the long term.

Education for sustainable development, digital learning, environmental psychology, gamification, sustainable behavior, voluntary ecological year, educational trail

doi: 10.23766/NiPF.202501.16

Einleitung

Das Freiwillige Ökologische Jahr (FÖJ) bietet jungen Erwachsenen die Möglichkeit, sich für den Natur- und Umweltschutz zu engagieren und dabei Bildungsangebote im Bereich der nachhaltigen Entwicklung (BNE) zu nutzen. In Niedersachsen wird das FÖJ von der Alfred Toepfer Akademie betreut, die bis zu 325 Freiwillige in 13 Seminargruppen organisiert. Von den fünf Seminaren, die jede Seminargruppe im Freiwilligendienst besucht, findet eines am Hof Möhr von der Alfred Toepfer Akademie statt. Die Wegstrecke von etwa drei Kilometern zwischen dem Seminarraum am Hof Möhr und der Unterkunft im deutschen Erholungswerk e.V. Familienferiendorf, soll mit einer Bildungsmöglichkeit überbrückt werden. Diese wird in Form eines digitalen Lehrpfades mit der App Acti-onbound in dieser Masterarbeit konzipiert.

Die Forschungslücke ergibt sich aus der zunehmenden Nutzung digitaler Medien in der Umweltbildung und der Unsicherheit da-

rüber, wie diese sinnvoll in Naturerfahrungen integriert werden können. Ziel dieser Masterarbeit ist es, ein Konzept für einen digitalen Lehrpfad zu entwickeln, das sich an den Prinzipien der Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) orientiert und durch partizipative Methoden die Bedürfnisse der Teilnehmenden einbezieht.

Als theoretische Basis wird das Umweltpsychologische Handlungsmodell nach Hamann Baumann und Löschinger rangezogen. Es dient als Grundlage, um den Lehrpfad auch auf psychologischer Ebene so zu gestalten, dass er gezielt das Handlungsverhalten der Freiwilligen anspricht.

Die zentrale Forschungsfrage lautet: Inwiefern beeinflusst das FÖJ das Umweltbewusstsein und die nachhaltigen Verhaltensweisen der Teilnehmenden, und wie können diese Erfahrungen in einen digitalen Lehrpfad integriert werden, um nachhaltiges Handeln zu fördern?



Zur Beantwortung dieser Frage wurden folgende Leitfragen formuliert:

1. Welche methodischen und inhaltlichen Überlegungen führten zur Auswahl des Lehrpfadthemas?
2. Wodurch prägt das FÖJ das Nachhaltigkeitsverhalten der Teilnehmenden?
3. Wie können die Erfahrungen in einen Lehrpfad integriert werden? drei bei der Planung neuer Anlagen berücksichtigt und durch den Netzbetreiber kontrolliert werden (BMWK, 2024):

Methodik

Die Erhebung der Daten erfolgte durch einen Workshop mit FÖJ-Teilnehmenden und eine Gruppendiskussion mit fünf ehemaligen FÖJ-Teilnehmenden, die jeweils mit der qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2018) systematisch ausgewertet wurden. Der Workshop wurde im Rahmen eines FÖJ-Seminars durchgeführt. Ziel war es, Erfahrungen mit bestehenden Lehrpfaden und erste Ideen zur Gestaltung des digitalen Lehrpfades zu sammeln. Außerdem wurde die App „Actionbound“ vorgestellt und ein Stimmungsbild zu dieser eingeholt.

Die Fokusgruppendiskussion wurde durchgeführt, um die Einwirkung eines FÖJ auf das Nachhaltigkeitsverhalten der Teilnehmenden zu erforschen. Diese wurde online mit fünf ehemaligen Freiwilligen durchgeführt, welche mindestens aus unterschiedlichen Jahrgängen oder Einsatzstellen kamen. Die Auswertung erfolgte mittels der qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2018). Demnach wurde die Gruppendiskussion zunächst transkribiert und anschließend im Programm MAXQDA in eine auswertbare Form gebracht. Dafür wurde eine Code-Matrix entwickelt, auf Basis der Theorie und der Forschungsfragen, und anschließend induktiv bei der Auswertung durch Unterkategorien ergänzt. Das umweltpsychologische Handlungsmodell von Hamann et al. (2016) diente als theoretische Grundlage zur Analyse der Handlungsfaktoren. Das Modell nach Hamann et al. (2016) berücksichtigt v. a. folgende Aspekte:

1. Persönliche ökologische Norm
Entsteht durch Wissen über Umweltprobleme, Verantwortungsgefühl und eigene Selbstwirksamkeit.
2. Soziale Norm
Die Wahrnehmung, ob das Umfeld nachhaltiges Verhalten erwartet oder vorlebt.
3. Verhaltenskosten und -nutzen
Nachhaltiges Handeln wird begünstigt, wenn es leicht umzusetzen ist und positive (emotionale oder materielle) Rückmeldungen erzeugt.
4. Abwägungsprozess und Gewohnheiten
Gewohnheiten sind ein starker Hemmschuh, Veränderungen umzusetzen. Emotionen können motivieren oder blockieren.

Die FÖJ-Teilnehmenden brachten folgende Themenwünsche ein:

- Natur (Moor, Pflanzenkunde, Vogelzug, Klimaschutz)
- Gesellschaft (politische Systeme, Konsumverhalten)
- Kunst & Geschichte (altes Hollywood, Mode, Dinosaurier)
- Interaktive Konzepte (DIY-Projekte, Gruppenbildung, Sport)

Der digitale Lehrpfad sollte die methodischen Möglichkeiten von Actionbound ausnutzen, wie Audioaufnahmen, Wettkampfaufgaben und interaktive Elemente. Klare und knappe Formulierungen, viele Bilder sowie ein starker Ortsbezug sind essenziell. Geheime Orte oder Details in der Landschaft sollen unterstützt durch Koordinaten entdeckt werden. Zur weiteren Motivation wurde vorgeschlagen den Fortschritt mit einer Pflanze anzuzeigen, die bei jeder richtig beantworteten Frage wächst.

Die Gruppendiskussion ergab folgende Erkenntnisse zum Handlungsverhalten:

Emotionen: Die Ergebnisse zeigen, dass emotionale Erlebnisse eine bedeutende Rolle beim nachhaltigen Handeln spielen. Besonders Erlebnisse in der Natur, wie das Arbeiten mit Tieren oder die aktive Gestaltung von Umweltprojekten, haben die Teilnehmenden emotional berührt und motiviert, ihr Verhalten langfristig nachhaltiger auszurichten. Viele Teilnehmende berichteten, dass diese positiven Erfahrungen langfristige Prägungen hinterlassen haben.

Persönliche ökologische Norm: Die persönliche Überzeugung, nachhaltig zu handeln, wurde durch das FÖJ gestärkt. Die Teilnehmenden entwickelten eine bewusstere Einstellung gegenüber (Fleisch-) Konsum, und Ressourcenverbrauch. Besonders das erworbene Wissen über ökologische und soziale Zusammenhänge führte zu einem Umdenken und zur Anpassung des eigenen Verhaltens, etwa durch bewussteren Einkauf oder einen nachhaltigeren Lebensstil.

Soziale Normen: Der soziale Einfluss innerhalb der FÖJ-Gruppe spielte eine wesentliche Rolle. In der Diskussion wurde deutlich, dass der Austausch mit Gleichgesinnten motivierend wirkte und zu einer Verstärkung nachhaltigen Handelns beitrug. Gruppendruck und das gemeinsame Ziel, etwas Positives für die Umwelt zu bewirken, führten zu einer sozialen Verstärkung nachhaltiger Werte und Verhaltensweisen. Gleichzeitig fiel auf, dass nicht immer alle perfekt handeln; Widersprüche (z. B. Flugreisen trotz Umweltbewusstsein) gehören dazu.

Verhaltenskosten und -nutzen: Sie betonten, dass in ihrem Alltag insbesondere jene Veränderungen nachhaltig verankert wurden, die leicht umsetzbar waren (z. B. Umstieg auf vegane Alternativen, Mehrweg statt Einweg).

Abwägungsprozesse zum Umweltverhalten: Die Diskussion zeigte, dass nachhaltige Entscheidungen oft in einem komplexen Abwägungsprozess getroffen werden. Dabei spielen praktische Umsetzbarkeit, persönliche Überzeugungen und das soziale Umfeld eine entscheidende Rolle. Die Teilnehmenden berichteten, dass sie nachhaltige Alternativen oft abwägen, aber nicht immer konsequent umsetzen, insbesondere wenn äußere Umstände wie Zeitmangel oder Bequemlichkeit entgegenstehen.



Konzeptionelle Überlegungen zum Lehrpfad: Die Teilnehmenden äußerten Wünsche nach interaktiven und praxisnahen Inhalten für den digitalen Lehrpfad. Gamification-Elemente und praxisnahe Anleitungen wurden als besonders motivierend empfunden. Zudem wurde betont, dass der Lehrpfad lebensnahe Themen aufgreifen und niederschwellige Angebote enthalten sollte, um eine breite Zielgruppe zu erreichen. Um negative Emotionen zu vermeiden, sei es wichtig, einen wertschätzenden Umgang zu wählen und keine bloße Problem- oder „Schuld“-Fokussierung im Lehrpfad aufzubauen. Humor, positive Beispiele und Visionen fördern die Akzeptanz. Diese Erkenntnisse flossen in die Gestaltung des digitalen Lehrpfades ein und bildeten die Grundlage für die didaktische Konzeption.

Diskussion

Die Diskussion der Masterarbeit analysiert die gewonnenen Ergebnisse in Bezug auf die Forschungsfragen und setzt diese in den Kontext der Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) sowie des umweltspsychologischen Handlungsmodells von Hamann, Baumann und Löschinger.

1. Methodendiskussion

Das methodische Vorgehen, bestehend aus Workshop und Fokusgruppendifkussion, erwies sich als zielführend, um die Erwartungen der FÖJ-Teilnehmenden an digitale Lehrpfade sowie deren Umwelt- und Nachhaltigkeitsverhalten zu ergründen. Der Workshop diente der ersten thematischen Eingrenzung und der Sammlung von Ideen, während die Fokusgruppendifkussion vertiefte Einblicke in das Umweltverhalten und die Bedürfnisse der Zielgruppe bot. Ein wesentliches Problem bestand in der Rekrutierung von Teilnehmenden für die Gruppendiskussion, welche den zeitlichen Rahmen der Masterarbeit zunehmend nach hinten verschob. Die Durchführung der Gruppendiskussion online erwies sich als praktikabel, wenngleich Herausforderungen wie die unterschiedliche Vertrautheit der Teilnehmenden mit der Thematik und der Gruppe bestanden.

2. Inhaltliche Diskussion bezogen auf die drei Leitfragen

a) Methodische und inhaltliche Überlegungen zur Auswahl des Lehrpfadthemas:

Die Auswahl des Lehrpfadthemas basierte auf einer methodischen und inhaltlichen Synthese der Workshop- und Gruppendiskussionsergebnisse, der Kontextanalyse sowie auf einer theoretischen Verankerung in der Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) und den Prinzipien des Freiwilligen Ökologischen Jahres (FÖJ). Ziel war es, ein Thema zu identifizieren, das sowohl die Interessen der Freiwilligen berücksichtigt als auch Lücken in der bestehenden Bildungsinfrastruktur füllt. Die Teilnehmenden wünschen sich thematisch eine Kombination aus lokalen Naturphänomenen und globalen Bezügen, ergänzt durch konkrete Alltagstipps. Vorhandene Lehrpfade decken bereits zahlreiche Naturthemen ab, daher wurde bewusst ein erweiterter Fokus (Klimawandel, politisches Handeln, Ressourcennutzung) gewählt.

b) Einfluss des FÖJ auf nachhaltiges Verhalten:

Der Freiwilligendienst (FÖJ) markiert für viele junge Menschen den ersten eigenständigen Lebensabschnitt nach der Schulzeit. Der Übergang ins Berufsleben und das Verlassen des Elternhauses führen dazu, dass alte Gewohnheiten hinterfragt und neue Verhaltensweisen etabliert werden können. Die regelmäßigen Seminare im FÖJ verstärken diesen Prozess, indem sie die Teilnehmenden beispielsweise dazu anregen, sich temporär vegetarisch oder vegan zu ernähren. Die Analyse der Fokusgruppendifkussion zeigt, dass das FÖJ maßgeblich zur Sensibilisierung für Umwelt- und Nachhaltigkeitsthemen beiträgt. Neben Wissenserwerb spielen soziale Normen eine große Rolle: Der Austausch mit Gleichgesinnten und der Einfluss von Vorbildern – insbesondere der Teamenden – fördern eine Reflexion des eigenen Handelns. Obwohl viele zunächst angaben, keine direkten Vorbilder zu haben, wurde deutlich, dass sowohl andere FÖJlerinnen und FÖJler als auch Vorgesetzte eine prägende Rolle spielten.

c) Integration der Erfahrungen in den Lehrpfad:

Basierend auf den empirischen Ergebnissen wurden praxisnahe und interaktive Ansätze für den Lehrpfad entwickelt. Ein reiner Infopfad genügt nicht. Gamification fördert Motivation, ortsbezogene Aufgaben stellen Bezüge zu realen Landschaftselementen her, und Reflexionsaufgaben regen zur Selbst- und Gruppenanalyse an. Gerade das gemeinsame Bearbeiten im Team unterstützt soziale Lernprozesse und kann die Wirksamkeit steigern. Die Herausforderung besteht darin, ein Gleichgewicht zwischen informativen und spielerischen Elementen zu finden, um die Motivation der Teilnehmenden aufrechtzuerhalten.

Didaktisches Drehbuch

Das didaktische Drehbuch für die Konzeption des digitalen Lehrpfades basiert auf dem Modell von Lude et al. (2013) und bietet eine strukturierte Grundlage für die Umsetzung des Bildungsangebotes (Abbildung 1). Es gliedert sich in drei zentrale Bereiche: Ziele, Rahmenbedingungen und Umsetzungsstruktur.

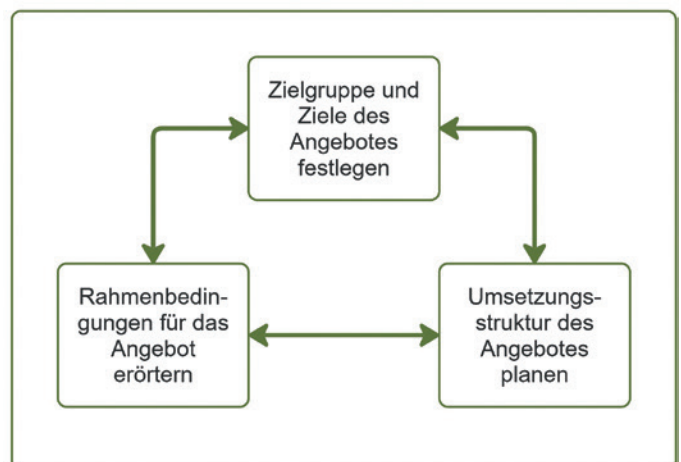


Abbildung 1: Didaktisches Drehbuch zur Erstellung eines Bildungsangebotes. Quelle: Lude et al (2013, S. 74)

1. Ziele des Lehrpfades

Das übergeordnete Ziel des digitalen Lehrpfades ist es, FÖJ-Teilnehmende zu nachhaltigem Handeln zu motivieren. Der Lehrpfad soll interaktive, gamifizierte Aufgaben enthalten, die die Gestaltungskompetenz fördern und praktisch anwendbar machen.

Die Unterziele lassen sich in folgende Kategorien unterteilen:

- **Inhaltsbezogen:** Vermittlung von Wissen über die Lüneburger Heide, darunter Pflanzen- und Tierwelt, kulturhistorische Entwicklung sowie ökologische, ökonomische und soziale Konflikte der Region.
- **Kompetenzbezogen:** Förderung von Achtsamkeit, Reflexionsfähigkeit und der Fähigkeit, eigene Standpunkte zu entwickeln und zu vertreten.
- **Ortsbezogen:** Anknüpfung der Inhalte an lokale Gegebenheiten, um das Umweltbewusstsein durch den direkten Bezug zur Region zu stärken.

2. Rahmenbedingungen

Die Konzeption des Lehrpfades berücksichtigt verschiedene organisatorische Aspekte. Für die Durchführung kommt die App Actionbound zum Einsatz, wobei jede Gruppe ein Smartphone benötigt. Der zeitliche Aufwand beträgt etwa zwei Stunden, während die Kosten von der Anzahl der erworbenen Lizenzen abhängen. Die Route erstreckt sich über eine Strecke von rund drei Kilometern und führt vom Feriendorf zum Hof Möhr.

3. Umsetzungsstruktur

Bei der Planung des Lehrpfades werden verschiedene interaktive Elemente berücksichtigt, darunter Quizfragen, Audioaufgaben und Fotomissionen. Die Teilnehmenden wünschen sich thematisch eine Kombination aus lokalen Naturphänomenen und globalen Bezügen, ergänzt durch konkrete Alltagstipps. Kurze Infotexte sollen Wissen vermitteln und lokale Themen wie Heidelandschaft und Moor mit globalen Umweltfragen wie Klimawandel und Wassermanagement verknüpfen. Gamification-Elemente wie Punktesysteme und Ranglisten sind vorgesehen, um die Motivation der Teilnehmenden zu steigern. Ergänzend sind Reflexionsaufgaben geplant, die zur Auseinandersetzung mit Themen wie Konsumverhalten und gesellschaftlichen Diskussionsfragen anregen.

Der entwickelte Lehrpfad zeigt, wie Erfahrungen aus dem FÖJ aufgegriffen und durch digitale Elemente sinnvoll ergänzt werden können. Durch die Kombination aus Praxisbezug, Interaktivität und Reflexion entsteht ein Lernangebot, das junge Menschen motiviert, sich mit Nachhaltigkeit auseinanderzusetzen.

Literatur

HAMANN, K., BAUMANN, A. & LÖSCHINGER, D. (2016). Psychologie im Umweltschutz: Handbuch zur Förderung nachhaltigen Handelns. München: oekom.

KUCKARTZ, U. (2018). Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung. Weinheim: Beltz Juventa.

LUDE, A. ET AL. (2013). Mobiles, ortsbezogenes Lernen in der Umweltbildung und Bildung für nachhaltige Entwicklung. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

Kontakt

Fiona Oerding, M.Sc.
Fiona.oerding@web.de





Svea Hörberg

Biodiversität vor der Haustür: Die Wechselwirkung von Naturverbundenheit, Ortsbindung und Partizipation in wohnbezogenen Naturschutzaktivitäten



Illustration: S. Hörberg

In einfachen Worten:

Womit beschäftigst du dich in deiner Arbeit?

Meine Arbeit konzentriert sich auf die Förderung von Naturschutzverhalten in Wohngebieten. Ich erforsche, welche Auswirkungen naturschützende Aktivitäten im Wohnbereich auf die Beziehung zwischen Menschen und Natur haben und ob diese Aktivitäten das Gefühl der Verbundenheit der Bewohner mit ihrem Wohnort stärken können. Um dies zu ermöglichen, untersuche ich ebenfalls, wie das Naturschutzverhalten von Mietenden gefördert werden kann und wie deren Beteiligung an der Planung biodiversitätsfördernder Maßnahmen die Akzeptanz solcher Initiativen beeinflusst.

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

Als Psychologin fasziniert mich die inter- und transdisziplinäre Arbeit in der Umweltplanung und im Naturschutz, die sich vor allem durch starke Praxisrelevanz auszeichnet. Es ist äußerst motivierend, mein psychologisches Wissen im Naturschutz einsetzen zu können und zu beobachten, mit welchem Engagement alle Beteiligten an gemeinsamen Zielen arbeiten. Besonders bereichernd finde ich die Einbindung der Mietenden, die einen Bottom-Up-Pro-

zess ermöglichen und so den lokalen Naturschutz fördern. Diese Arbeit ist nicht nur erfüllend, sondern zeigt auch unmittelbar positive Auswirkungen auf die Gemeinschaft.

Welche Denkanstöße und Empfehlungen möchtest du Praktikerinnen und Praktikern oder Politikerinnen und Politikern mit auf dem Weg geben?

Es ist wichtig zu verstehen, dass Verhaltensänderungen nicht allein durch Bildung bzw. Problembewusstsein erreicht werden können - sie sind ein komplexer Prozess. Daher sollten Naturschutzmaßnahmen, bei denen Bürgerinnen und Bürger einbezogen werden, auch Erkenntnisse aus den Sozialwissenschaften berücksichtigen. Bottom-Up-Prozesse wie die Beteiligung und der Aktivismus von Bürgerinnen und Bürgern spielen eine bedeutende Rolle bei der Transformation von Systemen, reichen jedoch nicht allein aus. Politische Entscheidungen müssen auf fundierten Forschungsergebnissen basieren, besonders angesichts der aktuellen Krisen wie dem Verlust der Biodiversität, der Klimakrise und der Umweltverschmutzung. Lösungsansätze wurden in der Forschung bereits erarbeitet, jedoch fehlt es an deren Umsetzung, die vor allem durch Top-Down-Entscheidungen gefördert werden muss.

Biodiversität vor der Haustür: Die Wechselwirkung von Naturverbundenheit, Ortsbindung und Partizipation in wohnbezogenen Naturschutzaktivitäten

Biodiversity on the Doorstep: The Interplay of Nature Connectedness, Place Attachment, and Participation in Residential Conservation Activities

Svea Hörberg, Ann-Kathrin Kößler

Zusammenfassung

Die Biodiversitätskrise erfordert dringend verhaltensbezogene und systemische Veränderungen. Um zu einem positiven Wandel beizutragen, untersuchen wir, ob wohnbezogene Naturschutzaktivitäten, z. B. Balkonbegrünung, die Verbundenheit zum Ort und zur Natur stärken und allgemeines Naturschutzverhalten positiv beeinflussen. Ziel ist die Entwicklung umsetzbarer Strategien, um Mietende als Verwalter lokaler Ökosysteme zu gewinnen und letztlich zu skalierbaren Lösungen gegen den Verlust der biologischen Vielfalt in Städten beizutragen.

Biodiversität in Wohngebieten, Naturverbundenheit, Ortsbindung, Partizipation, Naturschutzverhalten, Umweltgerechtigkeit, Wohnspezifische Naturschutzaktivitäten, Psychosoziale Faktoren

Abstract

The biodiversity crisis urgently requires behavioural and systemic changes. To contribute to a positive transformation, we investigate whether residential conservation activities, e.g. balcony greening, strengthen the connection to the place and to nature and lead to positive spill-over to general pro-nature conservation behaviour. The aim is to develop actionable strategies to engage tenants as stewards of local ecosystems and ultimately contribute to scalable solutions to urban biodiversity loss.

Biodiversity in Residential Areas, Nature Connectedness, Place Attachment, Participation, Pro-Nature Conservation Behaviour, Environmental Justice, Residential Conservation Activities, Psychosocial Factors

doi: 10.23766/NiPF.202501.17

Einleitung

Die Biodiversitätskrise bedroht Ökosysteme und Wohlbefinden global und lokal (EEA, 2020; IPBES, 2019). Da menschliches Verhalten maßgeblich zum Verlust der Artenvielfalt beiträgt, ist es essenziell, Verhaltensänderungen zu fördern und die Akzeptanz von systemischen und politischen Veränderungen zu stärken (Cinner, 2018; EEA, 2020; Selinske, 2019). Während psychologische Barrieren für den Klimaschutz häufig untersucht werden (Balmford et al., 2021; Bosone et al., 2022), hinkt die verhaltenswissenschaftliche Forschung im Bereich Naturschutz etwas hinterher. Dieses Verständnis hat zu zahlreichen Forderungen nach einer stärkeren Integration von Sozial- und Verhaltenswissenschaften in Naturschutzbemühungen geführt, um eine solide Grundlage für effektive Interventionen zu schaffen (Balmford et al., 2021; Bennett et al., 2017; Jones & Shreedhar, 2024; Selinske, 2019).

Um dieser komplexen Herausforderung zu begegnen, fokussiert sich unsere Forschung auf wohnspezifische Naturschutzaktivitäten als potenziellen Hebel. Kleinteilige Maßnahmen wie biodiversitätsfördernde Balkongestaltung in Mietwohnungen könnten nicht nur lokal ökologische Wirkung entfalten, sondern auch psychosoziale Prozesse anstoßen. So können wohnspezifische

Naturschutzaktivitäten bspw. durch regelmäßige Naturerfahrung die Naturverbundenheit stärken und durch Identifikation mit dem Wohnumfeld die Ortsbindung erhöhen.

Theoretischer Hintergrund

Naturschützendes Verhalten

In den Umweltsozialwissenschaften liegt der Fokus vielfach auf umweltfreundlichem Verhalten. Dies sind Handlungen, die mit der Absicht durchgeführt werden, der Umwelt zu nützen und Schäden zu minimieren wie z. B. Recycling oder der Kauf nachhaltiger Produkte (Kollmuss & Agyeman, 2002). Im Gegensatz dazu konzentriert sich das von uns untersuchte naturschützende Verhalten speziell auf Aktivitäten, die direkt und aktiv die Wiederherstellung der Artenvielfalt von Pflanzen und Tieren unterstützen (Richardson et al., 2020). Naturschützende Verhaltensweisen haben eine ortsspezifische Komponente, da der Verlust der biologischen Vielfalt auf lokaler Ebene angegangen und wahrgenommen werden kann. Um zwischen allgemeinen Naturschutzaktivitäten und lo-



kalen Naturschutzmaßnahmen, die direkt von den Bewohnern durchgeführt werden können, zu unterscheiden, prägen wir den Begriff der wohnspezifischen Naturschutzaktivitäten. Darunter werden unter anderem biodiversitätsfördernde Maßnahmen von Mietenden verstanden, wie z. B. die Begrünung von Balkonen oder die Implementierung von Nistkästen.

Bedeutung von Naturerfahrung und Naturverbundenheit

Ein Lösungsansatz zur nachhaltigen Verhaltensänderung ist die Stärkung der Verbundenheit mit der Natur. Vor allem in westlichen, urbanen Gebieten wird ein Rückgang direkter Naturerfahrungen festgestellt, was zu einer verminderten Naturverbundenheit und Wertschätzung führt (Soga & Gaston, 2016; Richardson et al., 2020). Naturverbundenheit beschreibt das Ausmaß der emotionalen Verbundenheit einer Person mit der natürlichen Welt (Mayer & Frantz, 2004) und beeinflusst nicht nur umweltfreundliches und naturschützendes Verhalten, sondern auch das allgemeine Wohlbefinden (Barragan-Jason et al., 2023; Bosone & Bertoldo, 2022; Mackay & Schmitt, 2019; Martin et al., 2020). Naturerfahrungen und gemeinschaftliche Aktivitäten erhöhen weiterhin nachweislich die Ortsbindung (Daryanto & Song, 2021; Raymond et al., 2010), welche die kognitive und affektive Bindung von Menschen an einen Ort darstellt (Daryanto & Song, 2021). Es wurde gezeigt, dass Ortsbindung einen positiven Einfluss auf umweltfreundliches Verhalten hat, insbesondere auf ortsspezifische umweltfreundliche Verhaltensweisen (Daryanto & Song, 2021; Scannell & Gifford, 2010). Daher ist es entscheidend, Wege zu finden, die Natur in städtische Lebensräume zurückzubringen (Soga & Gaston, 2024).

Förderung von Grünflächen und Artenvielfalt in Wohngebieten

Ein noch nicht ausgeschöpftes Potential liegt in der Förderung von Grünflächen und Artenvielfalt in Wohngebieten. Etwa 50 % der deutschen Bevölkerung lebt zur Miete, und ein Großteil der Wohnflächen wird von privaten Unternehmen verwaltet (Statista, 2024; Savills, 2019; VuMA, 2020). Diese privaten Bereiche bieten erhebliche Möglichkeiten zur Förderung der Artenvielfalt durch Schaffung von Habitaten, sowohl direkt von den vermietenden Unternehmen als auch durch die Mietenden selbst. Wohnspezifische Naturschutzaktivitäten können hierbei einen wichtigen Beitrag leisten. Studien zeigen, dass solche kleinteiligen Maßnahmen die lokale Artenvielfalt erheblich verbessern können, etwa durch die Verringerung der Habitatfragmentierung und die Erhöhung der Habitatkonnektivität (Beninde et al., 2015; Filazzola et al., 2019; Hemingway, 2024; Threlfall et al., 2017). Darüber hinaus können wohnspezifische Naturschutzaktivitäten durch vermehrte Naturerfahrung sowohl das Wohlbefinden als auch die Naturverbundenheit und das Gefühl der Zugehörigkeit zu einem Ort fördern (Prévot et al., 2018; Richardson et al., 2020). Eine besondere Chance von und für Naturschutz in Wohngebieten bietet die Mitbestimmung der Mietenden bei der Planung von biodiversitätsfördernden Außenanlagen. Solche partizipativen Prozesse haben das Potential, sowohl die Legitimität von Entscheidungen zu erhö-

hen als auch Wissen über Naturschutz zu fördern (Aronson et al., 2017; Dennis & James, 2016; Hemingway, 2024).

Forschungsrahmen

Der strukturelle Rahmen für das Forschungsvorhaben wird gebildet durch das Projekt „BioWoQ“ („Verhaltensbasierte Strategien zur Förderung von Biodiversität in Wohnquartieren“), das von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) für die Jahre 2024 bis 2027 gefördert wird. Hierbei handelt es sich um ein transdisziplinäres Projekt in Zusammenarbeit mit zwei Wohnungsunternehmen in Hannover mit dem Ziel der Untersuchung der Anreize und Barrieren bei Implementierung, Akzeptanz und aktiven Unterstützung biodiversitätsfördernder Maßnahmen in Wohngebieten. Ein zentraler Aspekt des Projekts ist die aktive Einbindung der Mietenden in Entscheidungs- und Umsetzungsprozesse.

Die Fallstudien sind gepaart mit einer experimentellen Breitenanalyse, um tiefere Erkenntnisse über die Wirksamkeit der Maßnahmen auf psychosoziale Faktoren zu gewinnen. Auf den Forschungserkenntnissen basierend wird am Projektende u. a. ein praxisorientierter Leitfaden für die Wohnungswirtschaft entwickelt.

Fazit

Unsere Forschung zielt darauf ab, durch sozialwissenschaftliche Erkenntnisse einen bedeutenden Beitrag zum Naturschutz zu leisten. Ein besonderer Schwerpunkt liegt auf ortsspezifischem Verhalten und der Nutzung des Potentials privater Wohnflächen. Zusätzlich untersuchen wir zentrale Faktoren wie Naturverbundenheit und Ortsbindung. Durch den Fokus auf Bottom-up-Prozesse im Naturschutz werden ökologische Ungerechtigkeiten adressiert, wie der „Luxury Effect“, der beschreibt, dass wohlhabendere Gebiete häufig über eine reichere Biodiversität verfügen (Kuras et al., 2020; Leong et al., 2018). Mietende können in dieser Transformation eine zentrale Rolle spielen, indem sie Natur in Wohngebiete zurückbringen und als Verwalter lokaler Ökosysteme agieren (Aronson et al., 2017; Hemingway, 2024).

Quellenverzeichnis

- ARONSON, M., LEPCZYK, C., EVANS, K., GODDARD, M., LERMAN, S., MACIVOR, J., NILON, C., & VARGO, T. (2017). Biodiversity in the city: key challenges for urban green space management. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 15, 189-196. <https://doi.org/10.1002/FEE.1480>
- BALMFORD, A., BRADBURY, R. B., BAUER, J. M., BROAD, S., BURGESS, G., BURGMAN, M., BYERLY, H., CLAYTON, S., ESPELOSIN, D., FERRARO, P. J., FISHER, B., GARNETT, E. E., JONES, J. P. G., MARTEAU, T. M., OTIENO, M., POLASKY, S., RICKETS, T. H., SANDBROOK, C., SULLIVAN-WILEY, K., TREVELYAN, R., VAN DER LINDEN, S., VERÍSSIMO, D., & NIELSEN, K. S. (2021). Making more effective use of human behavioural science in conservation interventions. *Biological Conservation*, 261, Article 109256. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109256>
- BARRAGAN-JASON, G., LOREAU, M., DE MAZANCOURT, C., SINGER, M. C., & PARMESAN, C. (2023). Psychological and physical connections with nature improve both human well-being and nature conservation: A systematic review of meta-analyses. *Biological Conservation*, 277, Article 109842. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2022.109842>
- BARRAGAN-JASON, G., DE MAZANCOURT, C., PARMESAN, C., SINGER, M. C., & LOREAU, M. (2022). Human–nature connectedness as a pathway to sustainability: A global meta-analysis. *Conservation Letters*, 15(1), Article 12852. <https://doi.org/10.1111/conl.12852>
- BENNETT, N. J., ROTH, R., KLAIN, S. C., CHAN, K., CHRISTIE, P., CLARK, D. A., CULLMAN, G., CURRAN, D., DURBIN, T. J., EPSTEIN, G., GREENBERG, A., NELSON, M. P., SANDLOS, J., STEDMAN, R., TEEL, T. L., THOMAS, R., VERÍSSIMO, D., & WYBORN, C. (2017). Conservation social science: Understanding and integrating human dimensions to improve conservation. *Biological Conservation*, 205, 93-108. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.10.006>
- BENINDE, J., VEITH, M., & HOCHKIRCH, A. (2015). Biodiversity in cities needs space: A meta-analysis of factors determining intra-urban biodiversity variation. *Ecology letters*, 18(6), 581-592. <https://doi.org/10.1111/ele.12427>
- BOSONE, L., & BERTOLDO, R. (2022). The greater the contact, the closer the threat: The influence of contact with nature on the social perception of biodiversity loss and the effectiveness of conservation behaviours. *Sustainability*, 14(24), Article 16490. <https://doi.org/10.3390/su142416490>
- BOSONE, L., CHAURAND, N., & CHEVRIER, M. (2022). To change or not to change? Perceived psychological barriers to individuals' behavioural changes in favour of biodiversity conservation. *Ecosystems and People*, 18(1), 315-328. <https://doi.org/10.1080/26395916.2022.2071343>
- CINNER, J. (2018). How behavioral science can help conservation. *Science*, 362(6417), 889-890. <https://doi.org/10.1126/science.aau6028>
- DARYANTO, A., & SONG, Z. (2021). A meta-analysis of the relationship between place attachment and pro-environmental behaviour. *Journal of Business Research*, 123, 208-219. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.09.045>
- DENNIS, M., & JAMES, P. (2016). User participation in urban green commons: Exploring the links between access, voluntarism, biodiversity and well being. *Urban Forestry & Urban Greening*, 15, 22-31. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.11.009>
- EEA (2020). State of nature in the EU: Results from reporting under the nature directives 2013–2018. <https://www.eea.europa.eu/publications/state-of-nature-in-the-eu-2020>
- FILAZZOLA, A., SHRESTHA, N., & MACIVOR, J. S. (2019). The contribution of constructed green infrastructure to urban biodiversity: A synthesis and meta analysis. *Journal of Applied Ecology*, 56(9), 2131-2143. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13475>
- HEMINGWAY, J. M. (2024). Urban environmental acupuncture as a tool to support nature-based solution implementation: Does it deliver what it promises?. *Urban Transformations*, 6(1), 10. <https://doi.org/10.1186/s42854-024-00067-1>
- IPBES (2019). Global assessment report on biodiversity and ecosystem services. IPBES Secretariat. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3831673>
- JONES, J. P., & SHREEDHAR, G. (2024). The causal revolution in biodiversity conservation. *Nature Human Behaviour*, 1-4. <https://doi.org/10.1038/s41562-024-01897-6>
- KOLLMUSS, A., & AGYEMAN, J. (2002). Mind the gap: why do people act environmentally and what are the barriers to pro-environmental behavior?. *Environmental education research*, 8(3), 239-260. <https://doi.org/10.1080/13504620220145401>
- KURAS, E. R., WARREN, P. S., ZINDA, J. A., ARONSON, M. F., CILLIERS, S., GODDARD, M. A., NILON, C. H., & WINKLER, R. (2020). Urban socioeconomic inequality and biodiversity often converge, but not always: A global meta-analysis. *Landscape and Urban Planning*, 198, Article 103799. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103799>
- LEONG, M., DUNN, R. R., & TRAUTWEIN, M. D. (2018). Biodiversity and socioeconomics in the city: a review of the luxury effect. *Biology Letters*, 14(5), Article 20180082. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2018.0082>
- MACKAY, C. M., & SCHMITT, M. T. (2019). Do people who feel connected to nature do more to protect it? A meta-analysis. *Journal of Environmental Psychology*, 65, Article 101323. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2019.101323>
- MARTIN, L., WHITE, M. P., HUNT, A., RICHARDSON, M., PAHL, S., & BURT, J. (2020). Nature contact, nature connectedness and associations with health, wellbeing and pro-environmental behaviours. *Journal of Environmental Psychology*, 68, Article 101389. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2020.101389>



MAYER, F. S., & FRANTZ, C. M. (2004). The connectedness to nature scale: A measure of individuals' feeling in community with nature. *Journal of Environmental Psychology*, 24(4), 503-515. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2004.10.001>

PRÉVOT, A. C., CHEVAL, H., RAYMOND, R., & COSQUER, A. (2018). Routine experiences of nature in cities can increase personal commitment toward biodiversity conservation. *Biological Conservation*, 226, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.07.008>

RAYMOND, C. M., BROWN, G., & WEBER, D. (2010). The measurement of place attachment: Personal, community, and environmental connections. *Journal of Environmental Psychology*, 30(4), 422-434. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2010.08.002>

RICHARDSON, M., PASSMORE, H. A., BARBETT, L., LUMBER, R., THOMAS, R., & HUNT, A. (2020). The green care code: How nature connectedness and simple activities help explain pro nature conservation behaviours. *People and Nature*, 2(3), 821-839. <https://doi.org/10.1002/pan3.10117>

SAVILLS. (2019). Eigentümerstruktur am Wohnungsmarkt. Savills Forschung. <https://pdf.euro.savills.co.uk/germany-research/ger-2019/spotlight-eigentumerstruktur-am-wohnungsmarkt.pdf>

SCANNELL, L., & GIFFORD, R. (2010). The relations between natural and civic place attachment and pro-environmental behavior. *Journal of Environmental Psychology*, 30(3), 289-297. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2010.01.010>

SELINSKE, M. (2019). Advancing the integration of human behaviour into biodiversity decision-making (Doctoral dissertation, RMIT University).

SOGA, M., & GASTON, K. J. (2016). Extinction of experience: The loss of human–nature interactions. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 14(2), 94-101. <https://doi.org/10.1002/fee.1225>

SOGA, M., & GASTON, K. J. (2024). Do people who experience more nature act more to protect it? A meta-analysis. *Biological Conservation*, 289, Article 110417. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2023.110417>

STATISTA. (2024). Forecast of the degree of urbanization in Germany from 2000 to 2050. <https://www.statista.com/statistics/1056970/urbanization-in-germany/>

THRELFALL, C. G., MATA, L., MACKIE, J. A., HAHS, A. K., STORK, N. E., WILLIAMS, N. S., & LIVESLEY, S. J. (2017). Increasing biodiversity in urban green spaces through simple vegetation interventions. *Journal of Applied Ecology*, 54(6), 1874-1883. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12876>

VUMA: ARBEITSGEMEINSCHAFT VERBRAUCHS- UND MEDIENANALYSE. (2020). VuMA Berichtsband 2020. [Bericht]. <https://www.vuma.de/vuma-praxis/vuma-berichtsband>

Kontakt

Svea Hörberg, M.Sc. (korrespondierende Autorin)
In Zusammenarbeit mit Prof. Dr. Ann-Kathrin Kößler
Institut für Umweltplanung
AG Umweltverhalten und Planung
Leibniz Universität Hannover
Herrenhäuser Straße 2
30419 Hannover
hoerberg@umwelt.uni-hannover.de





