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.

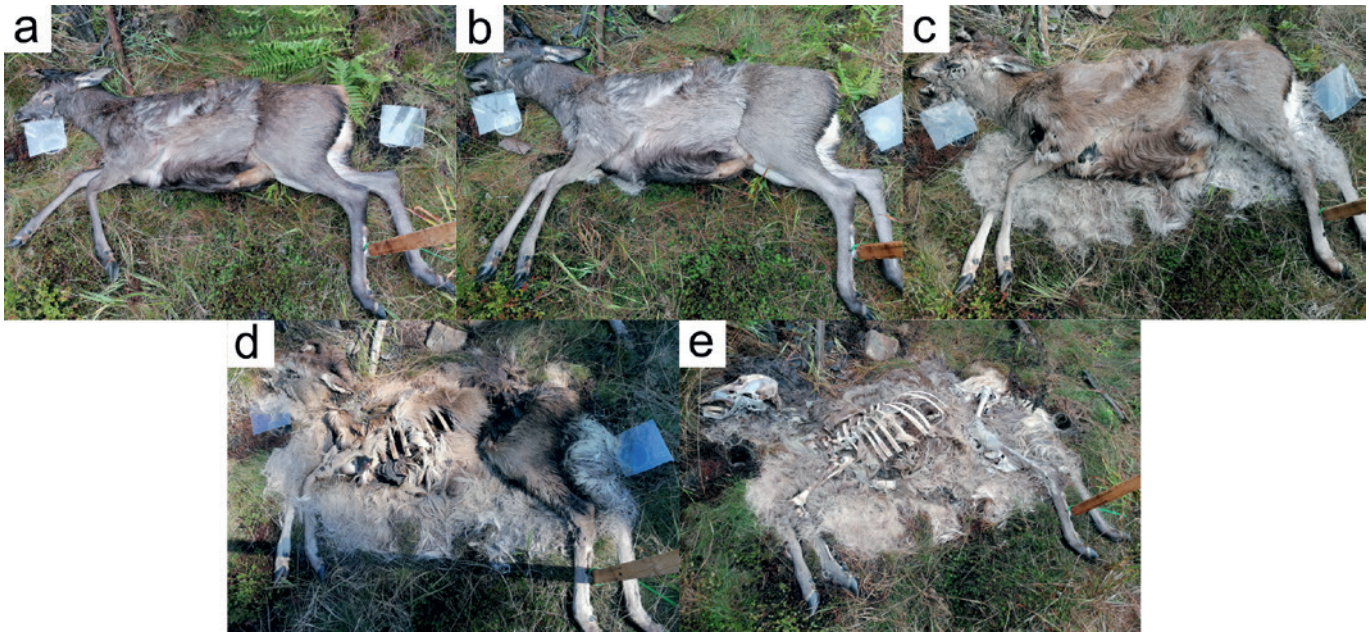

Abbildung 1: Die verschiedene Zersetzungsstadien, die in dieser Arbeit unterschieden worden sind, am Beispiel eines Rotwildkadavers im NLP Bayerischer Wald: a) frisch tot, b) Fäulnis, c) aktive Verwesung, d) fortgeschrittene Verwesung und e) Skelettierung. Fotos: N. Flatau

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 Luftfeuchtigkeitsmessungen 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

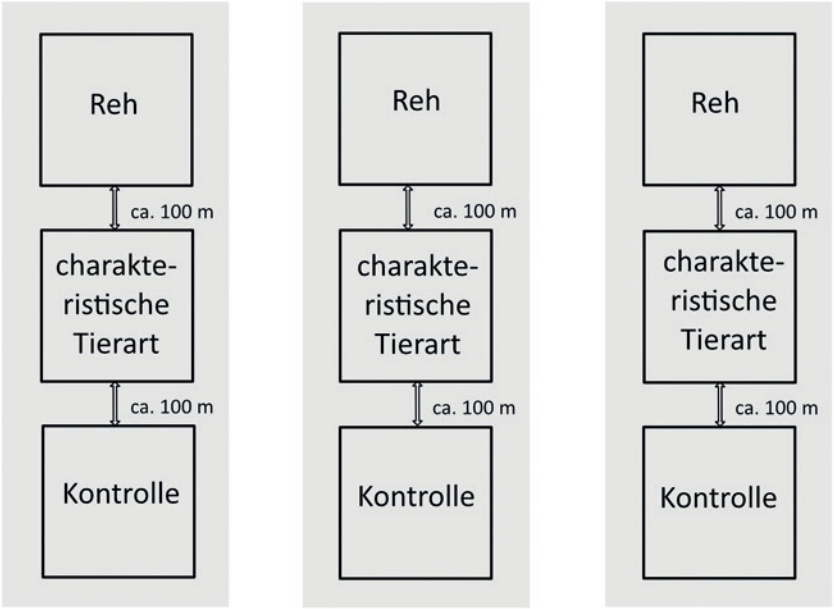

Abbildung 3: Aufbau eines Versuchsblocks im Blockdesign des BfN-Projekts: Eine Teilfläche mit einem Rehkadaver, eine Teilfläche mit einer für den Habitattyp typischen Kadavertierart und eine Teilfläche, die als Kontrolle diente. Grafik: Eigene Darstellung

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
Nicrophorus humator	1	1	0	2
Nicrophorus investigator	8	4	2	14
Nicrophorus interruptus	0	0	15	15
Nicrophorus vespilloides	46	42	6	94
Nicrophorus sepultor	0	0	1	1
Necrodes littoralis	71	59	58	188
Thanatophilus rugosus	6	0	4	10
Thanatophilus sinuatus	803	33	160	996
Oiceoptoma thoracicum	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).

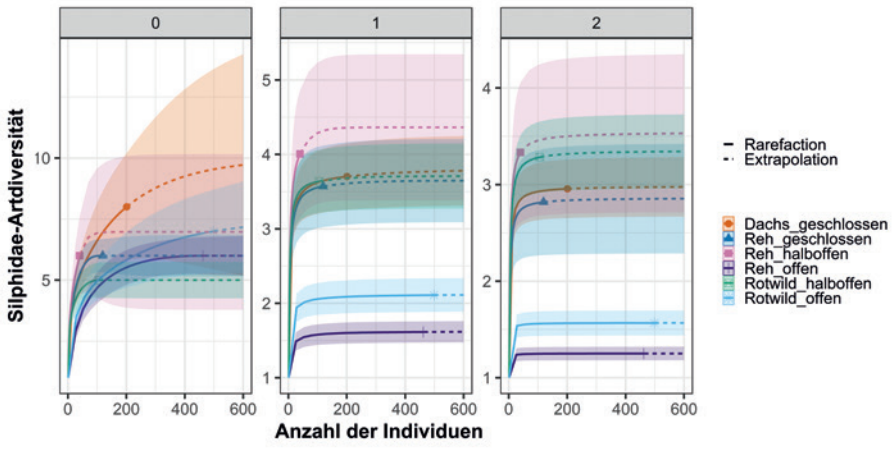

Abbildung 5: Individuen-basierte Rarefaction-Analyse und Extrapolation für beide NLPs für die Silphidae-Diversität an verschiedenen Kadavertierarten im offenen, halboffenen und geschlossenen Habitat (95 % Konfidenzintervalle). Die Diversität wurde für die Hill-Zahlen q= 0 (Artenreichtum, linke Säule),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

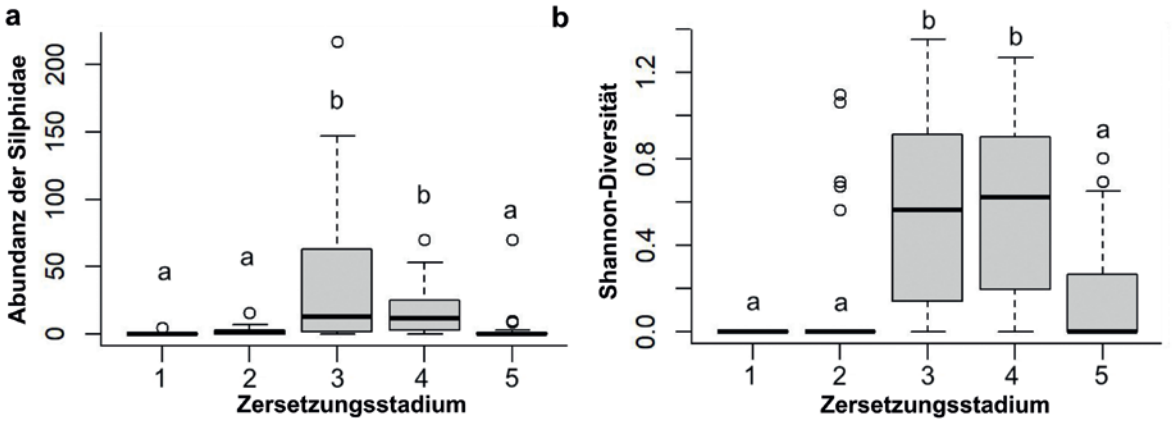

Abbildung 6: Einfluss des Zersetzungsstadiums auf a) die Abundanz und b) die Shannon-Diversität der Silphidae. Zersetzungsstadien 1= frisch tot, 2= Fäulnis, 3= aktive Verwesung, 4= fortgeschrittene Verwesung und 5= Skelettierung; unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen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

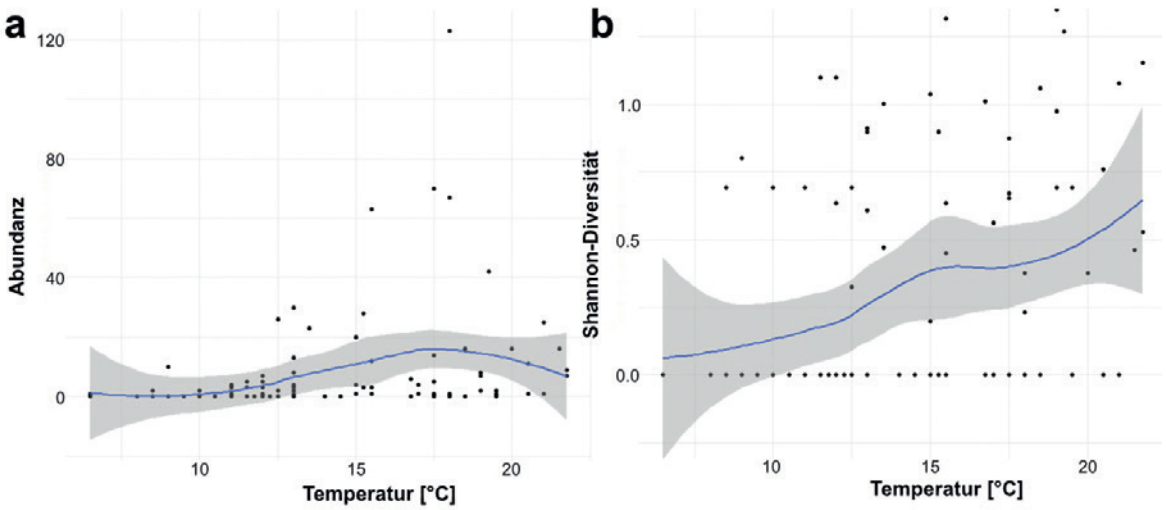

Abbildung 7: Einfluss der Temperatur [in °C] auf a) die Abundanz und b) die Shannon-Diversität der Silphidae. Grafik: Eigene Darstellung

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 (Matuszewksi & 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 sepultor* 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.; DeVault, 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.; Szafałowicz, M. (2013). Temperature-dependent appearance of forensi cally useful beetles on carcasses. Forensic science international 229(1-3), S. 92–99. DOI: 10.1016/j.forsciint.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): Carrion 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 sepultor Charpentier, 1825 as a Belgian species (Coleopera: 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_sepultor_charpentier_1825_as_a_belgian_species.

Von Hoermann, C.; Benbow, M. E.; Rottler-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