

02

Faszination Kadaverökologie

Tote tierische Biomasse als Biodiversitätstreiber
und Grundlage neuen Lebens im Nationalpark
Hunsrück-Hochwald



Während der Prozessschutzgedanke in Bezug auf natürliche Störungen oder das Verrotten von Totholz gesellschaftlich angekommen ist, ist das Belassen von Tierkadavern in der Landschaft vielfach noch nicht akzeptiert. Auf natürliche Weise anfallende tote tierische Biomasse wird in den meisten Fällen aus der Kulturlandschaft und den Wäldern entfernt. Dabei stellt Aas die nährstoffreichste Form toter organischer Materie dar und ist ein wahrer Hotspot biologischer Artenvielfalt, vom Bakterium über die Pilze, Insekten bis zum Topprädator. Für das Monitoring in unseren Nationalparks sind Wildtierkadaver als ‚Köder‘ für fast alle Artengruppen von unschätzbarem Wert. Der Nationalpark Hunsrück-Hochwald hat es sich daher im Rahmen eines BfN-Förderprojekts zum Ziel gemacht, Wildtierkadaver gezielt auszulegen und die Verwerterdiversität zu erfassen. Am Protagonisten Wildunfallrehr HHO_01_Roe führt der Autor die Leser:innen durch den faszinierenden Forschungsbereich der Kadaverökologie, beleuchtet neu gewonnene Kenntnisse aus Netzwerkanalysen und stellt die beiden Nekromassen Totholz und Tottier vergleichend gegenüber.

Der Autor

Dr. Christian von Hoermann, Zoologe und wissenschaftlicher Mitarbeiter der Universität Würzburg, arbeitet und forscht seit 2009 auf dem Gebiet der forensischen Chemoökologie und der Kadaverökologie. Schwerpunkt seiner Arbeit sind Multi-Taxa-Biodiversitätsanalysen am Wildtierkadaver. Herr von Hoermann promovierte an der Universität Ulm zur chemischen Anlockung aasfressender Käfer. Er ist seit Oktober 2022 als Projektkoordinator im BfN-Aasökologieprojekt unter Beteiligung von 15 deutschen Nationalparks tätig.



Einleitung

Unsere Geschichte beginnt in der Morgendämmerung auf einer Straße durch den Nationalpark Hunsrück-Hochwald. Ein Rehbock prallt gegen ein Fahrzeug und bleibt regungslos im Straßengraben liegen. Kurz darauf verstirbt er an der Unfallstelle. Das Tier wird einer Mitarbeiterin der Nationalparkverwaltung für einen ganz besonderen Zweck übergeben. Als Reh ID HHO_01_Roe leistet es einen wichtigen Beitrag in einem deutschlandweiten Forschungsprojekt unter Beteiligung von 15 deutschen Nationalparks (NLPs).

Was macht das tote Reh für den Wald so besonders und warum ist sein Tod der Ursprung einer regelrechten Explosion an neuem Leben? Tauchen wir ein in das faszinierende Forschungsfeld der Kadaverökologie.

Kadaver als Hotspots der Biodiversität

Aas stellt die nährstoffreichste Form toter organischer Materie dar und ist wesentlicher Bestandteil im Energie- und Nährstoffkreislauf eines Ökosystems (Barton et al. 2012). Auf diese räumlich und zeitlich nicht vorhersehbare Ressource stürzen sich innerhalb kürzester Zeit die darauf im Laufe der Evolution perfekt angepassten Verwerter. Wildtierkadaver werden so zu wahren Hotspots biologischer Artenvielfalt und Lebensgrundlage für eine Vielzahl von Organismen – von Bakterien über Pilze bis hin zu Top-

prädatoren – nicht zu vergessen das große Spektrum an Kadaverinsekten (Benbow et al. 2015, von Hoermann et al. 2021). Alleine im NLP Bayerischer Wald konnte der Autor 17 Wirbeltierarten (darunter Seeadler, Rotmilan und Wildkatze), 92 Käferarten (darunter der extrem seltene Scheinstutzkäfer *Sphaerites glabratus*, von Hoermann et al. 2021), 97 Zweiflüglerarten, 1.820 Bakterien- und 3.726 Pilzarten (darunter die Insektentöterpilze wie z.B. *Pandora formicae*) an der toten tierischen Biomasse nachweisen. Das entspricht fast der Hälfte der insgesamt im NLP Bayerischer Wald nachgewiesenen Arten.



Abb. 1: Schematische Darstellung der Zeitreihe der Zersetzung inklusive der Sukzession nekrophager Fliegen und Käfer sowie der großen Aasfresser

Ausflug in den Zersetzungsverlauf

Der Zersetzungsprozess eines Kadavers wird begleitet von einer höchst artenreichen Sukzession an Bakterien, Pilzen und Insekten (von Hoermann et al. 2023). Zudem lassen sich die großen Aasfresser in den von ihnen bevorzugten Stadien blicken. Während des ersten Stadiums der Zersetzung, dem sogenannten frisch toten Stadium (beginnende Autolyseprozesse), erscheinen als Erstes Schmeißfliegen (*Calliphoridae*) und Fleischfliegen (*Sarcophagidae*) (Goff 2009, Abbildung 1). Deren Eier und Larven (Maden) benötigen feuchtes Gewebe für eine erfolgreiche Entwicklung (Introna & Campobasso 2000). Luchs und Kolkkrabe sind ebenfalls typische Verwerter in dieser frühen Phase (Abbildung 1).

Im darauffolgenden Gasblähungsstadium (aufgedunsenes Abdomen durch mikrobielle Gasbildung) können schon beträchtliche Mengen an Fliegenmaden beobachtet werden. Baumrarder, Fuchs und Rabenvögel sind typische Vertreter in dieser zweiten immer noch anaeroben Phase (Abbildung 1).

Im Stadium der aktiven Verwesung (aerob) treten neben beträchtlichen Fliegenmadenmassen auch deren Prädatoren auf. Dabei handelt es sich um Vertreter der Kurzflügler (*Staphylinidae*), Aaskäfer (*Silphidae*) und Stutzkäfer (*Histeridae*). Am Ende des Stadiums der aktiven Verwesung haben die meisten Fliegenmaden das Aas verlassen und begeben sich auf den Weg zur Verpuppung (Abbildung 1). Typische Vertreter der Wirbeltiere sind hier Wildschwein, Rabenvögel, Baumrarder und Fuchs.

In den beiden letzten Stadien der fortgeschrittenen Verwesung und der vertrockneten Überreste (Skelettierung) treten bei den Käfern die Buntkäfer, Speckkäfer (besonders deren Larven) und Dungkäfer auf die Bühne (Amendt et al. 2004, Goff 2009, Abbildung 1). Wildschweine, Füchse und auch Eichhörnchen, die sich für das begehrte Knochenmark interessieren, machen sich in den beiden letzten Stadien an den Resten zu schaffen, bis von dem Kadaver nichts mehr übriggeblieben ist.

Nährstoffhotspot Aas und Management

Im Vergleich zum liegendebliebenen Totholzvorrat, an den sich das Auge der Parkbesucher bereits gewöhnt hat, bietet die oberirdisch exponierte tote tierische Biomasse einen eher ungewohnten Anblick. Dabei beeindruckt sie neben der oben erwähnten darauf bzw. daran gefundenen Verwerterdiversität mit einer zusätzlichen Zahl, die für sich alleine spricht. Ein 30 kg schwerer Kadaver (ein Rehkadaver wiegt rund 21 kg, ein Biberkadaver z. B. 25 kg) trägt vier Kilogramm Stickstoff in einen Quadratmeter Boden ein. Das entspricht in etwa einer landwirtschaftlichen Düngung über 100 Jahre hinweg (Macdonald et al. 2014). So entstehen in sehr kurzer Zeit hochkonzentrierte Nährstoffbereiche (sogenannte Zersetzungsinseln) für bodenbewohnende Bakterien, Pilze und Insekten. Jüngste Bodenuntersuchungen unter Bison- und Wapitikadavern im Yellowstone-Nationalpark zeigen neben dieser erhöhten Nährstoffkonzentration in der Vegetation auch eine erhöhte Bodenatmung (Risch et al. 2020). Zudem konnten in kadaverbeeinflussten Böden von den Kontrollflächen abweichende Artgemeinschaftsmuster an Bakterien und Pilzen festgestellt werden.

Ein bodenverbessernder Effekt, der nur eintritt, wenn in unseren Großschutz- und Wildnisgebieten der Verbleib von nicht mehr für den menschlichen Verzehr geeigneter toter tierischer Biomasse – wie im Falle des Wildunfalls – im Ökosystem gesichert bzw. öffentlich akzeptiert ist. Dabei spielt es durchaus eine Rolle, was für ein verendetes Tier als Nährstoffquelle dient. Wie wertvoll beispielsweise ein Wildunfall-Biberkadaver für die nekrophage Insektengemeinschaft ist, kann Abbildung 2 entnommen werden.

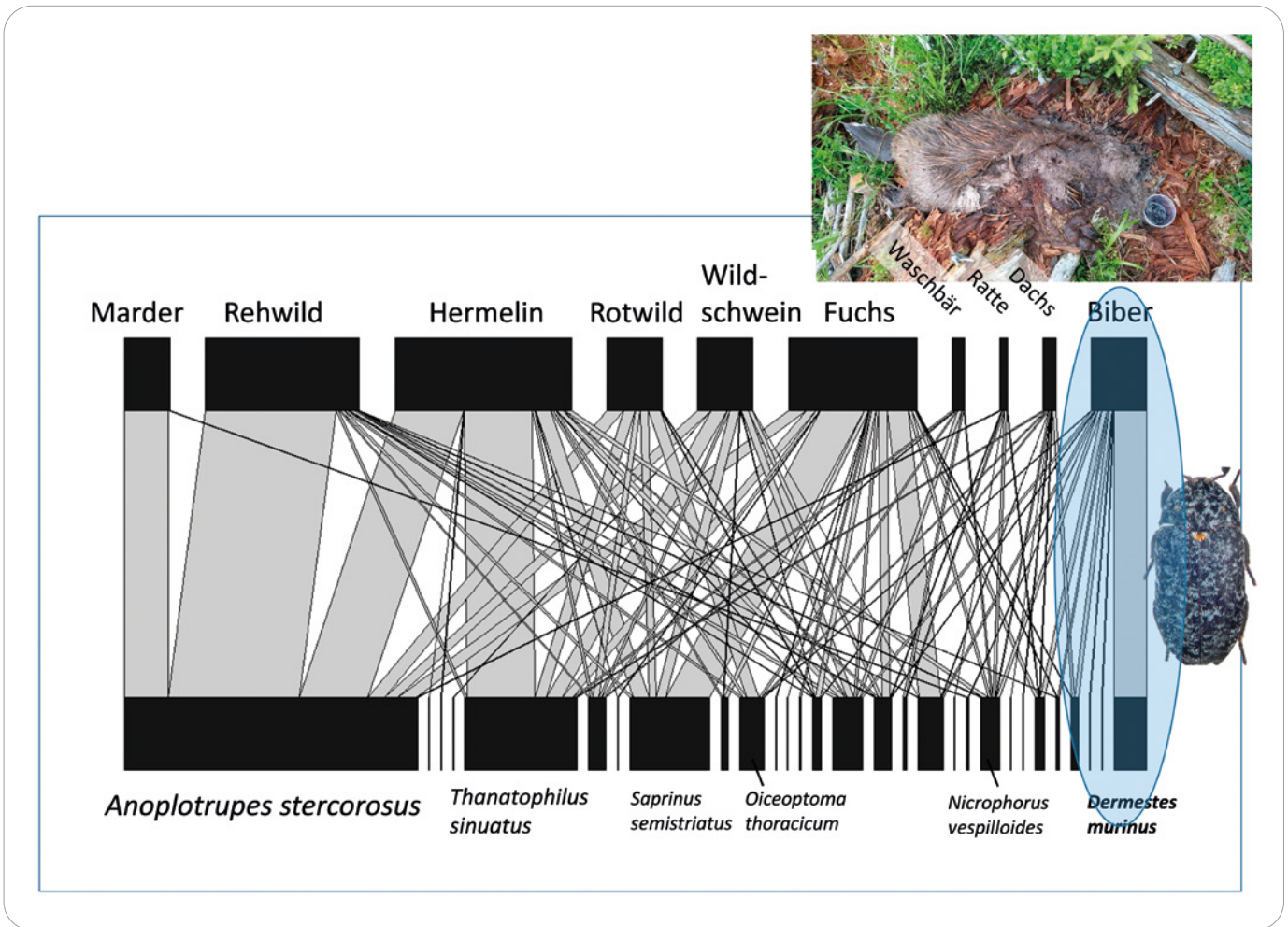


Abb. 2: Netzwerkdiagramm zur Darstellung der Verteilung nekrophager Insektenarten (untere schwarze Balkenreihe) auf 10 parallel angebotene verschiedene Wildtierkadavertypen (obere schwarze Balkenreihe) im NLP Bayerischer Wald (von Hoermann et al. 2024)

So fand sich der Speckkäfer *Dermestes murinus* ausschließlich am Biberkadaver (Abbildung 2). Rasch beseitigte und anschließend verbrannte Wildunfalltiere fehlen somit als wertvolle Refugien für ganze Artgruppen wie z.B. die Haut und Haare verdauenden Speckkäfer aus der Familie der Dermestidae.

Totholz versus Tottier

Wissenschaftler entdeckten schnell, wie wichtig stehendes und liegendes Totholz für die Artenvielfalt und die Gesundheit des Ökosystems ist. Nur ausreichend verfügbares starkes Totholz sichert z.B. das Überleben des Flachkäfers *Peltis grossa*, einer Urwaldreliktart. Analog zum Flachkäfer gewährt z.B. nur ausreichend verfügbares großes Wildtieraa die Reproduktion des Uferaaskäfers

Necrodes littoralis. Letzterer stellt sich in seiner Rolle als sehr effektiver Prädator von Fliegenmaden als wertvoller Biodiversitätstreiber dar, indem er Folgenischen für seltene spät besiedelnde Käferarten wie z.B. nekrophage Buntkäfer eröffnet.

Jüngste Arbeiten vereinen daher die Erforschung verschiedener Nekromassen, sowohl der autotrophen wie Totholzabbau und Laubzersetzung als auch der heterotrophen wie Dung und Kadaver (Benbow et al. 2018, von Hoermann et al. 2023), um den Wert beider Ressourcentypen für den Prozessschutz aufzuzeigen und gleichzeitig Ökosystemmodellierungen ganzheitlicher und somit robuster zu machen. So zeigte z.B. ein direkter Vergleich zwischen toter tierischer (Wildtierkadaver) und toter pflanzlicher (Totholz) Biomasse, dass die Kadavertierart bei der Gemeinschaftszusammensetzung der Aaskäfer

eine weitaus wichtigere Rolle im Vergleich zur Baumart bei den Tothholzkäfern spielte (Abbildung 3, von Hoermann et al. 2023). Die Kadavertierart stach dabei sogar den Einfluss des Mikroklimas bei den gemeinen ((b) in Abbildung 3) und dominanten ((c) in Abbildung 3) Käferarten aus.

Dies unterstreicht den Wert eines ungestörten Naturwalds. Die dort gegebene parallele Zersetzung verschiedener anfallender Kadavertierarten in unterschiedlichen Zersetzungsstadien und an verschiedenen Orten (Stützung der Theorie der Landschaftsheterogenität; Wiens 1995, Benbow et al. 2018) schafft die höchste Biodiversität, angefangen von den Pilzen über die Bakterien bis zu den Aaskäfern (Abbildung 3).

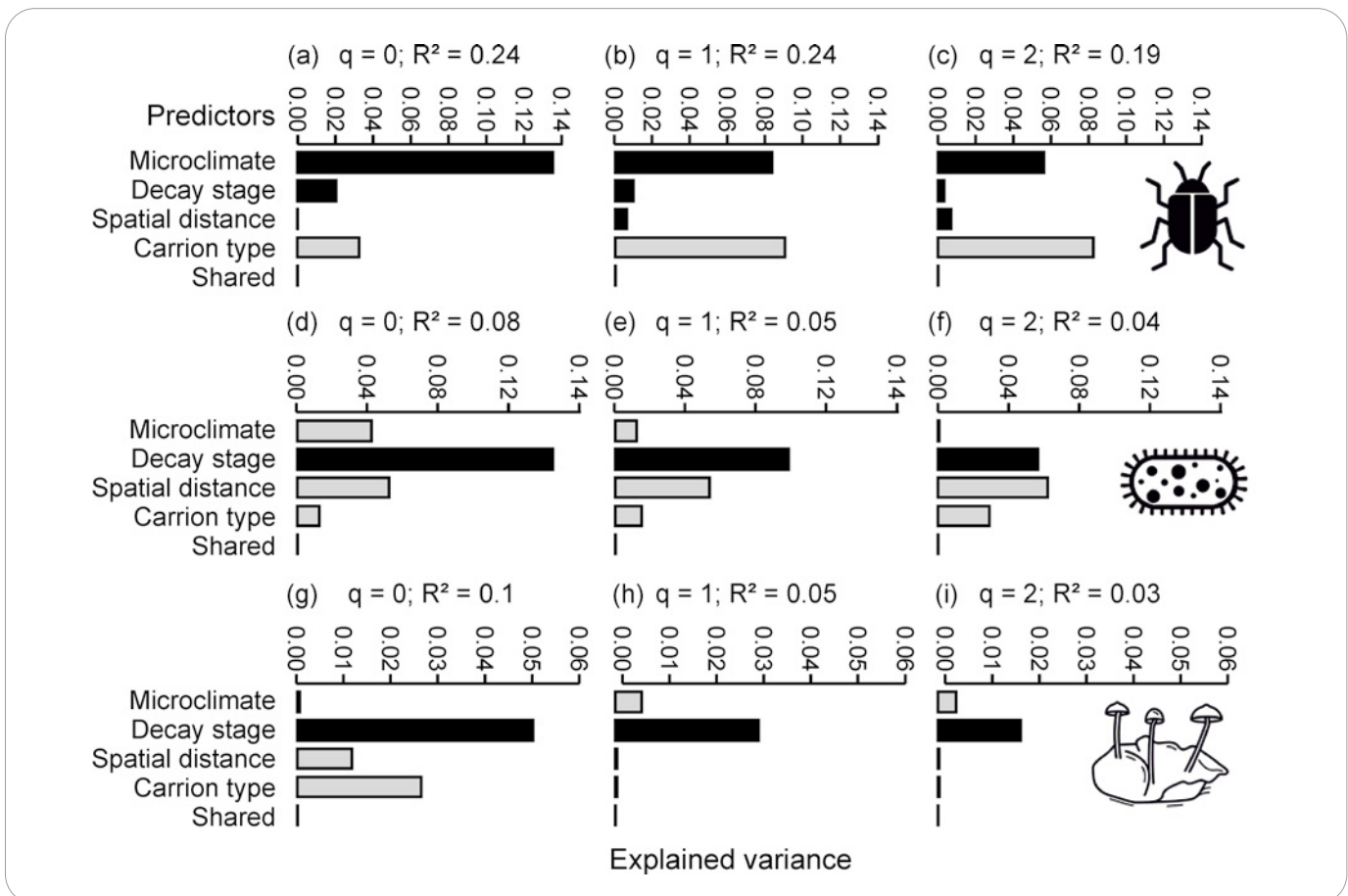


Abb. 3: Einfluss von biotischen und abiotischen Treibern (Mikroklima, Zersetzungsstadium, räumliche Distanz und Kadavertierart) auf die Gemeinschaftszusammensetzung von Pilzen, Bakterien und Aaskäfern (q = 0: seltene Arten, q = 1: gemeine Arten, q = 2: dominante Arten) auf der toten tierischen Biomasse. © Oecologia, 2023 (von Hoermann et al. 2023)

Kadaverforschung im Nationalpark Hunsrück-Hochwald

Um mehr über den ökologisch bedeutsamen Lebensraum Aas herauszufinden, wurde das BfN-Förderprojekt „Belassen von Wildtierkadavern in der Landschaft – Erprobung am Beispiel der Nationalparke“ ins Leben gerufen. Über einen Zeitraum von fünf Jahren (Projektstart am 01. Oktober 2022) wird die versteckte Biodiver-

sität am Kadaver in verschiedenen deutschen Großschutzgebieten – von den Alpen über die Mittelgebirge bis zum Wattenmeer – ermittelt. Mit einem Blockdesign, unter dem Fokus wissenschaftlicher Beprobung und Datenanalyse, wurden im Sommer 2023 große Aasfresser mittels Fotofallen, Insekten mittels Barberfallen und Pilze und Bakterien mittels Abstrichen erfasst und genetisch analysiert. Parallel werden im Hauptvorhaben mit dem Fokus auf Öffentlichkeitsarbeit, Fortbildungen und



Abb. 4: Mikrobiombeprobung (Maulschleimhautabstrich für die spätere DNA-Sequenzierung von Bakterien und Pilzen) am Wildunfall-Rehkadaver im NLP Hunsrück-Hochwald im Rahmen einer Schulung für die Nationalparkwacht und Mitarbeiter*innen Abteilung 3 Forschung, Biotop-, Wildtiermanagement. © Amelie Wierer

Schulungen jährlich über einen Zeitraum von drei Jahren acht natürlich verendete oder bei Wildunfällen tödlich verunglückte und nicht mehr für den menschlichen Verzehr geeignete Rehkadaver an zufälligen Plätzen auf den Flächen der Schutzgebiete belassen. Untersucht werden die optimalen Bedingungen des Aasangebots, um die Auswirkungen auf die Diversität der Kadaververwerter schutzgebietsübergreifend zu optimieren.

Der NLP Hunsrück-Hochwald ist neben 14 weiteren deutschen Nationalparks Partner des Projektträgers Universität Würzburg und exponierte bereits am 21. März 2023 im Rahmen einer Schulung für die Nationalparkwacht den ersten Rehkadaver mit der in der Einleitung genannten ID HHO_01_Roe unter Kamerafallenbeobachtung (Abbildung 4).

Für die kadaverökologische Schulung nahmen 22 Ranger*innen ganztägig an einem Vortrag (im Rangerzentrum ‚Bunker Erwin‘) und einer nachmittäglichen Schulung teil. Im Blockdesign im Sommer 2024 hat die Nationalparkwacht im NLP Hunsrück-Hochwald die umfangreiche Beprobung durchgeführt. Der Autor möchte dafür an dieser Stelle seinen besonderen Dank an das Team der Nationalparkwacht aussprechen. Fortbildungen für die Nationalparkwachten und deren Einbinden in das BfN-Aasökologieprojekt stellen einen bedeutenden Aspekt im deutschlandweiten Großprojekt dar.

Ausblick für den aasökologischen Prozessschutz im Nationalpark Hunsrück-Hochwald

Durch das regelmäßige Ausbringen bzw. Liegenlassen von nicht mehr für den menschlichen Verzehr geeigneten Wildtierkadavern im NLP Hunsrück-Hochwald ist eine Stabilisierung und im Idealfall sogar eine Zunahme der Verwerterdiversität an der toten tierischen Biomasse zu erwarten. Der Autor und die Parkmitarbeiter verfolgen mit großem Interesse, wie viele durch das Kadavermonitoring zusätzlich entdeckte Arten künftig in die Artlisten der Nationalparkverwaltung neu aufgenommen werden können. Ein auch über das Projektende hinaus weitergeführtes und auf den Projektergebnissen basierendes kadaverökologisches Management könnte im NLP Hunsrück-Hochwald dazu führen, dass selbst als verschollen geltende Arten wieder öfter gesichtet werden.

Dass diese Hoffnung nicht unbegründet ist, zeigt eine Begebenheit im NLP Eifel. Gerade einmal 110 km Luftlinie vom NLP Hunsrück-Hochwald entfernt, konnten in der Eifel im Rahmen des gleichen Projekts am 06. Juni 2023 21 Gänsegeier an einem frisch ausgelegten Wildunfall-Rehkadaver auf der fünf Meter vom Kadaver montierten Wildtierkamera beobachtet werden. Und sogar im dichteren Bergmischwaldbestand konnte der Autor z.B. im NLP Bayerischer Wald des Öfteren Seeadler an exponiertem Wildtieras auf der Kamerafalle entdecken. Es bleibt daher spannend, ob im Laufe des Projekts auch Einflüge von großen Greifvögeln in den NLP Hunsrück-Hochwald beobachtet und mittels Kamerafallen dokumentiert werden können.

Mit dem Verschwinden größerer Wildtierkadaver in der Kulturlandschaft und den Wäldern verschwanden auch die bedeutendsten Verwerter großer Wirbeltierkadaver. Gerade hinsichtlich des Virus der Afrikanischen Schweinepest wären z. B. Geier eine extrem wertvolle Bereicherung des Ökosystems. Das saure Milieu ihrer Mägen würde dafür sorgen, dass Schwarzwildas regelrecht sterilisiert wird. Aber wie so oft in unseren aufgeräumten Ökosystemen fehlt bzw. mangelt es an solch wertvollen Ökosystemdienstleistern. Umso

schöner zeigt das Großprojekt schon jetzt, dass die Rückführung seltener oder sogar als ausgestorben geltender Arten in unsere Schutzgebiete innerhalb kürzester Zeit und mit geringem Aufwand für das Wildtiermanagement erfolgen kann. Ein ansonsten in gängiger Praxis schnell beseitigtes und anschließend ins Konfiskat verbrachte Wildunfallreih muss lediglich an einem Holzpflock fixiert und mit einer Kamerafalle beobachtet werden. Ein erstaunlich geringer Aufwand für ein unschätzbar wertvolles Resultat!



Abb. 5: Bussard und Kolkrahe an Hirschkadaver im NLP Hunsrück-Hochwald



Abb. 6: Habicht an Hirschkadaver im NLP Hunsrück-Hochwald

Im Überblick

- Wildtierkadaver sind wahre Hotspots der Biodiversität, angefangen von den Bakterien, Pilzen über die Insekten bis hin zu den großen Aasfressern wie Luchs oder Gänsegeier.
- In unserer Landschaft müssen wieder größere Wildtierkadaver zur Aufrechterhaltung und Förderung der essentiellen Zersetzerdiversität belassen werden. Dies wird aktuell im Rahmen eines einzigartigen deutschlandweiten Großprojekts unter Beteiligung von 15 Nationalparks untersucht.
- Ähnlich wie beim Totholz sind auch beim Tottier ganze Artengruppen auf bestimmte Kadavertierarten angewiesen. Gerade die größeren – oft zu schnell vom Menschen verräumten – Wildtierkadaver von Reh- und Rotwild stellen sich als wertvolle Refugien für biodiversitätstreibende Käferarten und jüngst auch für den in Deutschland nicht mehr brütenden Gänsegeier heraus.
- Für das taxonübergreifende Monitoring in unseren Großschutz- und Wildnisgebieten sind Wildtierkadaver von unschätzbarem Wert.



Quellen

Amendt, J.; Krettek, R.; Zehner, R. (2004): Forensic entomology. *Naturwissenschaften*, Vol. 91, Seiten 51–65.

Barton, P. S.; Cunningham, S. A.; Lindenmayer, D. B.; Manning, A. D. (2012): The role of carrion in maintaining biodiversity and ecological processes in terrestrial ecosystems. *Oecologia*, Vol. 171, Seiten 761–772.

Benbow M. E.; Tomberlin, J. K.; Tarone, A. M. (Hg.) (2015): Carrion ecology, evolution, and their applications. Boca Raton, FL: CRC Press.

Benbow, M. E.; Barton, P. S.; Ulyshen, D.; Beasley, J. C.; DeVault, T. L. et al. (2018): Necrobiome framework for bridging decomposition ecology of autotrophically and heterotrophically derived organic matter. *Ecological Monographs*, Vol. 100, Seiten 1–26.

Goff, M. L. (2009): Early post-mortem changes and stages of decomposition in exposed cadavers. *Experimental & Applied Acarology*, Vol. 49, Seiten 21–36.

Introna, F.; Campobasso, C. P. (2000): Forensic dipterology. In: Papp, L.; Darvas, B. (Hg.): Contributions to a manual of palaeartic diptera. General and applied dipterology. Vol. 1. Budapest: Science Herald, Seiten 793–846.

Macdonald, B. C.; Farrell, M.; Tuomi, S.; Barton, P. S.; Cunningham, S. A.; Manning, A. D. (2014): Carrion decomposition causes large and lasting effects on soil amino acid and peptide flux. *Soil Biology and Biochemistry*, Vol. 69, Seiten 132–140.

Risch, A. C.; Frossard, A.; Schütz, M.; Frey, B.; Morris, A. W.; Bump, J. K. (2020): Effects of elk and bison carcasses on soil microbial communities and ecosystem functions in Yellowstone, USA. *Functional Ecology*, Vol. 34, Seiten 1933–1944.

von Hoermann, C.; Benbow, M. E.; Rottler-Hoermann, A. M. et al. (2023): Factors influencing carrion communities are only partially consistent with those of deadwood necromass. *Oecologia*, Vol. 201, Seiten 537–547.

von Hoermann, C.; Büchner, C.; Zeitzler, J.; Schlüter, J.; Lackner, T.; Sommer, D.; Salamon, J.; Heurich, M.; Müller, J. (2024): Carrion type diversity facilitates nestedness of the necrophilous beetle community. In preparation.

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*, Vol. 12, 412, <https://doi.org/10.3390/insects12050412>.

Wiens, J. A. (1995): Landscape mosaics and ecological theory. In: Hannsson, L.; Fahrig, L.; Merriam, G. (Hg.): Mosaic landscapes and ecological processes. Dordrecht: Springer, Seiten 1–26.



Abb. 7: Fixierung eines Wildunfallrehs für das Fotofallenmonitoring im NLP Hunsrück-Hochwald