



IM TOD WIMMELT ES VON LEBEN

Eine Führung zu Tottier und Totholz

- Lea Gerhäußer -

Auch wenn der Tod ein Teil des Lebens ist, findet man ihn und seine Spuren nur selten in der Landschaft. Lange herrschte die Vorstellung, dass in einen gesunden Wald keine toten Bäume und erstrecht keine toten Tiere vorkommen. Doch genau diese lebendigen Spuren des Todes sind Hotspots der Biodiversität und als solche wichtig für die natürlichen Prozesse des Waldes. Grund genug sich Tod und Zersetzung einmal genauer anzuschauen.

Inhalt

1.	Beschreibung und Ziele	3
1.1	Zielsetzung der Führung	3
1.2	Wegbeschreibung.....	3
1.2.1	Beobachtungen: Hinweise auf dem Weg	3
1.3	Karte	4
2.	Material.....	5
2.1	Ausrucksack	5
3.	Führungskonzept.....	6
3.1	Kaffeekränzchen	6
3.2	Zersetzungssukzession.....	8
3.2.1	Bildreihen Kadaver	8
3.2.2	Zeiten der Zersetzung.....	8
3.3	Arten des Nekrobioms.....	8
3.3.1	Der gedeckte Tisch	8
3.3.2	Wohnungsmarkt im Wald (Alt und Reich).....	9
3.4	Anpassungen	9
3.4.1	Wie weit kann ich riechen	10
3.4.2	Geruchsmemorie.....	10
3.4.3	5 Gänge Menü	10
3.4.4	Restaurantsuche im Wald	10
3.5	Am Kadaver.....	12
3.6	<i>Bedeutung vom Tod in der Natur</i>	12
4.	Mögliche Spiele für Jüngere	12
4.1.1	Laubstreu-Leiter	12
4.1.2	Rabeneltern.....	12
5.	Hintergrundwissen	14
5.1	Begriffe	14
5.2	Forschung im Nationalpark.....	14
5.2.1	Das Afrikanische-Schweinepest Projekt	14
5.2.2	BELONGDEAD – strukturelle und funktionelle Diversität von Pilzen und Bakterien während des Abbaus von Totholz	15
5.2.3	BARK BEETLE DETECTION (BARKBEEDET).....	15
5.2.4	Zusammenarbeit mit Forensikern	17

5.3	Das Nekrobiom	18
5.3.1	Mikrobiologie	18
5.3.2	Strukturreichtum Totholz	19
5.3.3	Abbaustadien des Totholzes.....	21
5.3.4	Saprobionte Pilze.....	22
5.3.5	Zersetzungsstadien eines Kadavers.....	24
5.3.6	Die Artenabfolge am Kadaver	24
5.4	Erwähnenswerte Arten und Anpassungen	26
5.4.1	Die schwarze Rossameise und der schwarze Specht.....	26
5.4.2	Der Rotmilan.....	27
5.4.3	Ambrosiakäfer – Der Gärtner im Totholz	27
5.4.4	Die Totengräber – eine umsorgte Kinderstube im Kadaver	28
5.4.5	Der Dungkäfer	29
5.4.6	Der Dornspeckkäfer und der Duft der Liebe	29
5.4.7	Schmeissfliegen – schneller als der Geruch.....	29
5.4.8	Borkenkäfer – Geschichte, Streit und Erfolg	30
5.4.9	Der Fliegentöterpilz.....	31
6.	Anhang	32
7.	Quellen	32

1. Beschreibung und Ziele

1.1 Zielsetzung der Führung

WISSEN:

Um die Wegbeschreibung und das Führungskonzept möglichst kurz zu halten, wurden sämtliche Hintergrundinfos und Geschichten im Teil 4- Hintergrundwissen untergebracht. In diesen Boxen findet ihr immer, welche Artikel zu dem jeweiligen Führungsbaustein gehören.

- „toten“ Teile des Ökosystems Wald nicht als Ende darstellen, sondern als bedeutender Teil des funktionierenden Ökosystems und dessen Prozesse
- Unterschiede und Gemeinsamkeiten von Totholz (Pflanzen allgemein?) und Tottier darstellen und verdeutlichen
- Augen öffnen, für die unbekannte Artenvielfalt des Todes und für die Auswirkungen von toten Tieren und Pflanzen auf ihre Umwelt
- Kritische Fragen z.B. nach Hygiene, Ausbreitung von Krankheiten und „Schad“insekten bewusst aufgreifen, besprechen und mit Fakten beantworten

1.2 Wegbeschreibung

1.2.1 Beobachtungen: Hinweise auf dem Weg

Auf dem Weg finden sich viele Beispiele für die Spuren des Todes, hierbei ist Augen offenhalten gefragt. Folgende Dinge eignen sich hierbei besonders, um etwas zu erklären

- Rannenverjüngung
- Wurzelteller
- Totholzreiche Stellen, an denen man verschiedene Variationen des Totholzes vergleichen kann
- Bäume, die von Rossameisen befallen sind
- Tierkot
- Tierbeobachtungen
- Tote Insekten, Vögel oder Kleinsäuger

WISSEN:

- Struktureichtum Totholz
- Die schwarze Rossameise und der schwarze Specht
- Saprobionte Pilze
- Der Dungkäfer für das dreckige Geschäft
- Der Rotmilan

2. Material

2.1 Ausrucksack

Allgemeines:

- 5 Bleistifte, 1 Spitzer, 1 Radiergummi
- 5 Klemmbretter
- Übersichtsbild Zersetzungsstadien

Hygiene:

- Sterillium für die Hände
- 1 Packung Einmalhandschuhe
- 1 Tücherbox und Sprühflasche mit Ethanol zum Reinigen des Thermometers etc.
- 20 Zipbeutel

Beobachtung von wirbellosen Tieren:

- Käferbestimmungsschlüssel von den Polen (auf Englisch)
- Bestimmungshilfe - Fliegen und Käfer am Kadaver
- 20 Federstahlpinzetten
- 5 Insektenlupen mit integriertem Fangbecher, 10 Stiellupen

Führungsbausteine:

- „Totengräber-Post“, Namenskartchen
- Zersetzungsreihen, Lösung
- Baustein „Der gedeckte Tisch“
- Baustein „Wohnungsmarkt“, Wäscheklammer
- Baustein „Restaurantsuche“, Lösung
- Baustein „5 Gänge Menü“, Lösung

3. Führungskonzept

Hinweis: Einige Führungsbausteine, die nicht in der Regelführung vorgesehen sind, aber gut zu den Themen passen, werden im Folgenden als **Mögliche Bausteine** erwähnt. Die Führungsleitung darf diese gerne nach eigenen Ermessen hinzufügen oder weglassen.

3.1 Kaffeekränzchen

Forschung im Nationalpark: Und was bringt das mir?

1 Ort: Pavillon

Die Gruppe wird von der Spielleitung in kleine Grüppchen eingeteilt. Jedem Grüppchen wird anschließend eine Persönlichkeit/ein Beruf zugeteilt, dessen Sicht sie annehmen sollen. Anschließend wird folgendes Szenario vorgestellt:

Die Personen sitzen morgens am Frühstückstisch. Es ist Montag und es liegt eine arbeitsreiche Woche vor ihnen. Während sie ihren Kaffee oder Tee austrinken, lesen die Personen wie immer in der Zeitung. Darin finden sie einen Artikel über die Forschung an Kadavern und Totholz im Nationalpark Bayerischer Wald:

Artikel wird vorgelesen:

WISSEN:

- Forschung im Nationalpark

Forschung über den Tod im Nationalpark

Die Forschenden im Bayerischen Wald machen keinen Halt vor toten Bäumen oder Tieren.

Der Nationalpark Bayerischer Wald hat sich schon seit dessen Gründung im Jahr 1970 dem Motto Natur Natur sein lassen verschrieben.

Als in Folge von großflächigen Windwürfen in den 1980er-, 1990er und Mitte der 2000er Jahre drei intensive Borkenkäferwellen einsetzten, wurde dieses Motto jedoch auf die Probe gestellt. 60 Prozent der Altlichten starben damals durch Wind und Käfer ab.

Doch der Nationalpark entschied sich dafür, im Kerngebiet weder den Borkenkäfer zu bekämpfen, noch abgestorbene Bäume zu entfernen. Spätestens mit dieser Entscheidung, hatte Totholz eine wichtige Rolle im Nationalpark.

Seitdem hat sich auch die Forschung diesem Thema zugewendet. Rund um das Thema Totholz gibt es mehrere Projekte, die sich zum Beispiel mit der Zersetzung oder den Variationen des Totholzes beschäftigen. Auch die Insekten-Pilz- und Vogelarten die davon profitieren werden genauestens unter die Lupe genommen.

Seit 2015 kamen zu den toten Pflanzen auch tote Tiere. Auf mehreren Plätzen im Nationalpark werden Kadaver ausgelegt. Diese Plätze mit toten Wildschweinen, Rehen, Füchsen oder anderen Tieren werden Luderplätze genannt und auch sie dreht sich einiges in der Forschung.

Seit 2017 ist auch der Aasforscher Christian von Hoermann im Park angestellt. Er forscht unter anderem an den Insekten, die die Kadaver besuchen.

„Aha“, denken sich die Personen „jetzt liegen also tote Tiere und Bäume im Nationalpark herum und werden untersucht, **und was bringt das mir?**“

Aufgabe der Gruppen:

Die Gruppen haben nun fünf bis zehn Minuten Zeit, zu überlegen, welchen Nutzen die Forschung im Nationalpark für ihre Person hat. Anschließend stellen sie dies allen Teilnehmern vor. Als Hilfestellungen werden „Zeitungen“ ausgeteilt, in denen neben den Artikel über die Forschung auch kleinere Artikel mit Hinweisen enthalten sind.

<p>Person:</p>	<p>Vorteil der Forschung im Nationalpark</p>
<p>Schweinebäuerin Michi Möchte gerne ihre Schweine möglichst lange auch außerhalb des Stalles auf der Weide lassen – aber nur wenn es sicher ist.</p>	<p>Forschung zur Afrikanischen Schweinepest und deren Ausbreitungsdynamiken</p>
<p>Kommissar Holmes Auch für komplizierte Mordfälle der Experte.</p>	<p>Forschung zu Insekten und Mikroben an Kadavern</p>
<p>Forstarbeiterin Jana Ist in ihren Revier ich nur dafür zuständig Bäume zu fällen, sondern auch dafür zu sorgen, dass sich aus den gefällten Bäumen nicht der Borkenkäfer entwickeln kann.</p>	<p>Keine komplette Entrindung zur Borkenkäferbekämpfung notwendig, Anschlitzen der Rinde</p>
<p>Polizistin Sophie Ist aus dem Spezialteam Vermisstensuche. Oft sucht sie auch Menschen, bei denen schon sicher ist, dass sie nicht mehr leben.</p>	<p>Aufspüren von Leichen durch Wärmebildkameras</p>
<p>Waldbesitzer Ludwig Macht sich große Sorgen, dass er Borkenkäferbefall in seinem Wald auch rechtzeitig bemerkt.</p>	<p>Neue Methoden zur Borkenkäferbekämpfung</p>

3.2 Zersetzungssukzession

2 Ort: Tannenstumpf mit Rotrandporling

3.2.1 Bildreihen Kadaver

Die Teilnehmer werden in zwei oder vier Gruppen eingeteilt. Die Gruppen bekommen die Bilder der Zersetzungsreihen eines Kadavers von Sommer und Winter. Nun sollen sie die sechs bzw. acht Bilder in die richtige Reihenfolge ordnen.

Anschließend wird diese Reihenfolge besprochen.

3.2.2 Zeiten der Zersetzung

Danach sollen die Teilnehmenden an einigen Bildern der Kadaverzersetzung schätzen, wie lange der Organismus zu diesem Zeitpunkt schon tot ist. Auch wird die Frage gestellt, wie lange ein Baum benötigt, bis er abgebaut ist.

Die Unterschiede zwischen Kadaver und Totholz werden besprochen. Dabei soll besonders darauf eingegangen werden, dass Aas viel kurzlebiger ist, da es sich leichter abbauen lässt. Totholz hingegen ist sehr langlebig, da es schwer abbaubar und nährstoffarm ist.

WISSEN:

- Saprobionte Pilze
- Abbaustadien des Totholzes
- Zersetzungsstadien eines Kadavers

3.3 Arten des Nekrobioms

3 Ort: Freifläche angeritzte Fichten

3.3.1 Der gedeckte Tisch

Idee: Martina Kirchpfening

- Auf einen Tisch mit Tischdecke oder einer Picknickdecke ist in der Mitte ein Foto eines Kadavers ausgelegt
- Um das Kadaverfoto sind verschiedene Bilder platziert (siehe Anhang)
- Die Waldführer:in leitet ein, mit dem Thema Biodiversität an dem Kadaver
- Die Teilnehmenden bekommen die Anleitung, sich jeweils ca. zwei Karten auszusuchen, auf denen ein Motiv oder Lebewesen abgebildet ist, von dem sie glauben, dass dies von dem Kadaver profitieren können
- Anschließend darf jeder seine Karten vorstellen und eine Idee äußern, in welcher Weise das Ausgesuchte (Motiv, Lebewesen) vom Kadaver profitieren könnte. Die Waldführer:in ergänzt noch fehlende Fakten, vertieft die Vorschläge der Teilnehmenden und erläutert Karten, die nicht gezogen wurden.
- (Wenn einige Karten übriggeblieben sind, erklärt die Waldführer:in, wie die abgebildeten Lebewesen vom Aas profitieren)

WISSEN:

- Struktureichtum Totholz
- Saprobionte Pilze
- Die Artenabfolge am Kadaver
- Die schwarze Rossameise und der schwarze Specht

4

Ort: Kreuzung Haselhuhn Rückegasse**3.3.2 Wohnungsmarkt im Wald (Alt und Reich)**

- Die Abfolge von Arten an Totholzstämmen (stehend)
- Die Aktivität vertieft die besondere Rolle von Baumhöhlen im Wald sowie die Spezialisierung verschiedener Lebewesen auf bestimmte Arten von Höhlen.
- Es werden Karten mit folgenden Bezeichnungen an die Teilnehmer verteilt: Habichtskauz, Zwergschnäpper, Sperlingskauz, Hohltaube, Bechsteinfledermaus und Mulmkäfer. Zu jedem Lebewesen ist auf der Karte der entsprechende Lebensraum – die „Wohnung“ vermerkt.
- Folgende „Wohnungen“ sind auf dem Markt: Penthouse, Loft, Neubau, Appartement, Appartement mit Pool, Altbau und ½ Zimmer-Wohnung.
- Jeder Schüler erhält eine Karte mit einem Lebewesen. Außerdem erhält jeder eine Karte mit einer Wohnungsanzeige. Diese wird mit einer Wäscheklammer auf seinem Rücken (Pullover, Jacke o.ä.) befestigt.
- Folgende Kombinationen muss der Waldführer dabei beachten: Schwarzspecht – Appartement; Sperlingskauz – Appartement mit Pool; Hohltaube – Altbau; Fledermaus – Loft; Mulmkäfer – Penthouse; Habichtskauz – ½ Zimmer-Wohnung.
- Die Gruppe erhält folgenden Auftrag: Jeder muss eine passende „Wohnung“ finden, indem er die „Wohnungsanzeigen“ auf dem Rücken seiner Mitspieler liest. Vorsicht: Die Anzeigen dürfen nicht entfernt werden!
- Die Schüler müssen sich hintereinander in der richtigen Reihenfolge aufstellen: Wer eine passende Wohnung auf dem Rücken eines Mitspielers entdeckt hat, stellt sich hinter diesen.
- Das Spiel ist zu Ende, sobald sich alle Teilnehmer in der richtigen Reihenfolge aufgestellt haben.
- Die fertige Reihe symbolisiert nicht nur die Spezialisierung auf unterschiedliche Baumhöhlen, sondern auch einen zeitlichen Ablauf: Die Entwicklung von der Schwarzspechthöhle bis zur Mulmhöhle kann mehrere Jahrzehnte dauern. Je weiter hinten die „Wohnung“ in der Reihe auftaucht, desto seltener ist diese auf dem „Wohnungsmarkt“.
- Variation: Die Aktivität kann auch in zwei Mannschaften gegeneinander gespielt werden.

3.4 Anpassungen

5

Ort: Ameisenbaum mit Schwarzspechtspuren

Die Gruppe wird gestoppt und die Leitung fragt: „riecht ihr das?“. Nachdem die Gruppe versucht hat, etwas Bestimmtes zu riechen wird aufgelöst: es noch überhaupt keinen Duft, den Menschen schon riechen können, der Kadaver, an den die Gruppe später noch gehen wird, wäre aber schon jetzt in der Duftweite von Totengräbern. Diese haben nämlich so genaue Sinnesorgane, dass sie Kadaver aus bis zu drei Kilometer Entfernung riechen können.

WISSEN:

- Die schwarze Rossameise und der schwarze Specht
- Tabelle: Nekrobiom
- Der Dornspeckkäfer und der Duft der Liebe
- Die Totengräber – eine umsorgte Kinderstube im Kadaver
- Ambrosiakäfer – Der Gärtner im Totholz

3.4.1 Wie weit kann ich riechen

Möglicher Baustein

Entweder auf den Weg zum Kadaver oder mithilfe eines Glases mit einer stark riechenden Substanz.

Die Führungsteilnehmer sollen sich in diesem Abstand zum Kadaver oder zu dem Geruchsglas aufstellen, in dem sie einen Geruch merklich und anhaltend (Windbedingung) feststellen können.

Kommt ein Geruchsglas zum Einsatz können sie auch einen Kreis um das Glas machen und etwaige Veränderungen mit der Windrichtung beobachten.

3.4.2 Geruchsmemorie

Möglicher Baustein

In verschiedenen Filmdöschen befinden sich verschiedene Gerüche (es gibt zwei Sets des Memorys; jeder Duft ist pro Set zweimal vorhanden). Die Teilnehmer werden in zwei kleinere Gruppen aufgeteilt und aufgefordert die Duftpaare zusammenzufinden. Sie sollen dabei möglichst als Gruppe zusammenarbeiten. Im Anschluss wird natürlich aufgelöst, um welche Gerüche es sich jeweils handelt.

Material: Duftmemory-Filmdöschen

3.4.3 5 Gänge Menü

Verschiedene Arten sollen zu den fünf Stadien der Zersetzung von Kadavern zugeordnet werden. Dafür werden fünf Bilder der „ZersetzungsreiheKadaver_Sommer“ genommen, die sich zu den fünf Stadien zuordnen lassen.

Dafür werden Grüppchen gebildet, die jeweils ein Puzzle mit einem Text über die Reihenfolge der Tiere bekommt. Außerdem bekommt jede Gruppe einen Teil der Tierbilder.

Neben einer direkten Besprechung, kann man stattdessen auch das Spiel „Restaurantsuche im Wald“ spielen. Dieses ist an die „Wohnungsmarkt im Wald“ angelehnt und diesem sehr ähnlich.

3.4.4 Restaurantsuche im Wald

Möglicher Baustein

- *Die Aktivität vertieft die besondere Rolle von Aas im Wald sowie die Spezialisierung verschiedener Lebewesen auf bestimmte Zersetzungszustände von Kadavern.*
- *Dazu bekommt die Gruppe Kärtchen mit verschiedenen Tieren, auf diesen ist auch der entsprechende Lebensraum – die „Besiedlungsnische“ vermerkt.*
- *Außerdem erhält jeder eine Karte mit einer Zersetzungsgradanzeige einer bestimmten Kadavertierart wie z.B. einem Wildschwein.*
- *Die Gruppe erhält folgenden Auftrag: Jeder muss eine passende „Nische“ finden, indem er die „Zersetzungsanzeigen“ liest.*
- *Das Spiel ist zu Ende, wenn alle Karten richtig zugeordnet sind.*
- *Variation: Das Spiel kann auch mit zwei Gruppen gegeneinander gespielt werden.*

Variante für Jüngere:

- In jeder Gruppe werden nicht nur die Kärtchen, sondern auch die Lösung dazu ausgeteilt.
- Die Spieler dürfen sich die Lösung und die Kärtchen zuerst genau anschauen, dann werden die Kärtchen verdeckt auf den Boden gelegt.
- Mithilfe der Lösung darf die Gruppe nun Memory mit den Karten spielen. Ein Pärchen ist hierbei immer Tierart und das dazugehörige Restaurant.
- Wer zwei zusammenpassende Karten gefunden hat, darf diese beiseitelegen und bekommt einen Punkt. Jedoch darf er nicht noch einmal aufdecken.

Tierart	Hintergrundwissen	Restaurant
Luchs	Der Luchs frisst oft mehrere Tage an seiner Beute oder an gefundenen Kadavern, jedoch nur, solange diese noch relativ frisch sind, da er Maden meidet. Der Luchs frisst von hinten her, angefangen mit den großen Muskelpaketen der Hinterläufe. Schmeißfliegen befallen die großen offenen Wunden zuerst und besiedeln den Körper somit zeitlich gesteuert zum Luchsfraß. Allgemein beschleunigt der Fraß durch den Luchs die Zersetzung.	„Zum frischen Reh“
Kolkrabe	Kolkraben sind recht vielseitig, sie essen sowohl das Aas selbst als auch die Maden, die sie am Kadaver finden.	„Der große Hirsch“
Baummarder/ Fuchs		„Café Waldhirsch“
Wildschwein	Wildschweine gehen eher an ältere Kadaver. Oft knacken sie dabei auch die Knochen auf um an das Knochenmark zu kommen.	„Traditionsrestaurant Waldsau“
Uferaaskäfer	Der Uferaaskäfer entwickelt sich am Kadaver. Als ausgewachsenes Tier ist er demnach dann oft am späteren Stadium zu finden.	„Am Bachufer“:
Eurasisches Eichhörnchen	Das Eichhörnchen ernährt sich zwar normalerweise von pflanzlicher Nahrung wie Fichtensamen, doch lässt es sich auch das sehr nährstoffreiche Knochenmark schmecken. An dieses gelangt es erst im Stadium der Skelettierung.	„rostige Rotwild“
Totengräber	Der Totengräber nutzt frische Kadaver kleiner Wirbeltiere als Nest für seine Larven. Hierfür vergräbt er diese. Siehe: Totengräber – eine umsorgte Kinderstube im Kadaver	„spaßige Spitzmaus“
Mäusebussard		„Zur Meise“
Goldfliegenlarve:	Goldfliegen zählen mit zu den frühesten Tieren am Kadaver. Die Larven entwickeln sich dann einige Tage später.	„Zum goldenen Vogel“

3.5 Am Kadaver

Die Gruppe soll selbst schätzen, wie lange der Kadaver schon liegt.

Je nach Stadium sollte nach Insekten gesucht werden. Dafür hilft es oft, den Kadaver anzuheben und darunter zu schauen.

Auch die Vegetation im Umkreis des Kadavers soll untersucht werden. Hierbei kann vor Allem auf den Vegetationslosen Umkreis des Luderplatzes aufmerksam gemacht werden.

Im Anhang ist hierfür eine Bestimmungshilfe „Insekten am Kadaver“.

WISSEN:

- Das Nekrobiom
- Mikrobiologie
- Zersetzungsstadien eines Kadavers

3.6 Bedeutung vom Tod in der Natur

Möglicher Baustein

Philosophisches Gespräch

Spannende Sichtweisen hierauf:

- *Holz besteht zum Großteil aus toten Zellen*
- *Viele Arten können sich nur ein einziges Mal in ihrem Leben Vermehren, der Tod danach ist eingeplant*
- *Tod als evolutionärer Meilenstein*
- *Menschen können noch Jahrzehnte lange weiterleben, auch wenn sie keine Kinder mehr bekommen können. Dies zeigt, wie wichtig die Erfahrungen, das Wissen und die Persönlichkeit eines jeden Menschen für die Gemeinschaft ist.*

4. Mögliche Spiele für Jüngere

4.1.1 Laubstreu-Leiter

Die Teilnehmer sollen in kleinen Gruppen jeweils aus Stöcken eine „Leiter“ bauen aus vier oder fünf Rechtecken. Bei der ersten von dieser Stufe, wird der Boden so belassen, wie er ist; bei der zweiten, wird die oberste Schicht mit frisch gefallenen Nadeln und Blättern abgetragen; auf jeder weiteren Stufe wird etwas mehr abgetragen. Am Ende soll die Bodenleiter die Abfolge der Zersetzung der Laubstreu sichtbar machen.

4.1.2 Rabeneltern

Raben haben als Eltern einen wesentlich schlechteren Ruf, als ihnen eigentlich zustehen würde. In Wirklichkeit kümmern sich beide Eltern mehrere Wochen um ihren Nachwuchs. Den schlechten Ruf verdanken sie wahrscheinlich der Tatsache, dass ihre Jungen schon bevor sie fliegen können das Nest

verlassen. Diese halbstarke, sogenannten Ästlinge werden weiterhin von den Eltern gefüttert, machen allerdings für Beobachter oft einen hilflosen Eindruck.

In Familiengruppen oder kleinen Grüppchen dürfen die Teilnehmenden sich ein Rabennest bauen (also ein Viereck aus Stöckchen am Boden). In dieses müssen sie nun möglichst viele Fichtenzapfen innerhalb von fünf Minuten bringen. Diese sollen die abgewanderten Maden eines Kadavers darstellen. Da Raben jedoch keine Hände haben, dürfen auch die Spieler nicht ihre Hände benutzen.

5. Hintergrundwissen

5.1 Begriffe

Luderplatz	Der Begriff stammt aus der Jägersprache und meint einen Platz, an dem ein Köder ausgelegt ist. In Bezug auf die Aasforschung, meint er einen Ort, an dem ein Kadaver ausgebracht wurde.
Kopronekrophagie	Nutzung von sowohl Kot als auch Kadavern als Nahrungsquelle
Nekromasse	sämtliche tote organische Materie, umfasst unter anderem Totholz, Kot, Kadaver und Laubstreu
Nekrobiom	Die Gemeinschaft der Arten, welche mit der Zersetzung der Nekromasse in Verbindung stehen
Xylobionte Arten	Arten (V.A. für Insekten verwendet), die sich vom Holz ernähren oder mindestens einen Teil ihres Lebens im Holz verbringen
Pioniere, Pionierbesiedler	Organismen, die als Erste ein neu entstandenes Gebiet oder ein noch unbesiedeltes Gebiet besiedeln.
Anaerob	Ohne den Einfluss von Luft
Aerobe	Mit dem Einfluss von Luft

5.2 Forschung im Nationalpark

Die Forschung im Nationalpark ist sogar in der Nationalparkverordnung festgeschrieben. Laut ihr, hat die Forschung insbesondere vier Ziele:

1. den Aufbau und die Entwicklung der natürlichen und naturnahen Lebensgemeinschaften zu erkunden
2. Erkenntnisse zu liefern für die Forstwissenschaft und die forstliche Praxis,
3. Erkenntnisse zu liefern für den Naturschutz, über menschliche Einwirkungen sowie für eine internationale Beobachtung von Umweltveränderungen,
4. die Nationalparkverwaltung bei der Erfüllung ihrer Aufgaben zu unterstützen.

Auch andere Forschungseinrichtungen als die Nationalparkverwaltung dürfen auf dem Gebiet des Parks Forschung betreiben. Voraussetzung hierfür ist, dass dies mit der Verwaltung abgesprochen ist und die Ziele des Nationalparks nicht behindert.

In diesem Sinne gab und gibt es auch mehrere Forschungsprojekte mit Tottier und Totholz:

5.2.1 Das Afrikanische-Schweinepest Projekt

Die Afrikanische Schweinepest (ASP) ist eine Tierseuche die bei Haus- und Wildschweinen auftritt und für den Menschen zum Glück ungefährlich ist. Ein erster Fall der Viruserkrankung war 2020 in Deutschland aufgetreten. Mittlerweile gibt es hierzulande schon 2700 gemeldete Fälle, in den Bundesländern Brandenburg, Sachsen und Mecklenburg-Vorpommern. Auch die ersten Hausschweine sind betroffen, was bei schweinehaltende Betriebe große Sorgen auslöst.

Die Krankheit wird in den afrikanischen Ursprungsländern von der Lederzecke übertragen, die in Mitteleuropa jedoch nicht vorkommt. Übertragungen finden demnach nur beim direkten Kontakt mit infizierten Tieren, deren Fleisch oder Kadaver statt.

Der Nationalpark forscht an diesem Thema auf verschiedene Arten: Das **Mikrobiom** wird untersucht, um Liegezeit und Kadaverart bestimmen zu können. Die Verschleppung von Kadavern oder Kadaverteilen durch andere Tiere und dadurch die Ausweitung des Risikogebietes wird mithilfe von besenderten Kadavern beobachtet. Wildtierkameras beobachten, wie oft andere Wildscheine sich an Schweinekadavern zu schaffen machen und erkennen dadurch die Zahl der potentiellen Ansteckungen.

Durch Forschung mit Wärmebildkameras sollen Kadaver möglichst schnell entdeckt werden. Hilfreich ist dabei, dass sich die Kadavertemperatur durch Madenaktivitäten zwischenzeitlich deutlich von der Umgebungstemperatur abhebt.

Ein wichtiger Forschungsschwerpunkt ist außerdem, ob das Virus auch in der Umgebung des Kadavers überlebt und ansteckend wirken kann. Daraus ergibt sich, ob es reicht einen infizierten Kadaver zu entfernen, oder ob auch die Umgebung desinfiziert werden muss. Dies ist vor dem Hintergrund der außerordentlich hohen Stabilität des ASP-Virus in Blut, Gewebe und vermutlich auch in der Umwelt besonders kritisch.

Besonders wichtig ist hier natürlich die Sicherheit. Auch wenn die Afrikanische Schweinepest noch nicht in Bayern angekommen ist, wird dennoch ein jedes Tier vor dem Auslegen auf Krankheiten untersucht, damit der Nationalpark sämtliche Krankheitsverbreitungen durch die Kadaver ausschließen kann.

5.2.2 BELONGDEAD – strukturelle und funktionelle Diversität von Pilzen und Bakterien während des Abbaus von Totholz

Projektbeschreibung von der Internetseite des Nationalparks

[Forschungsprojekt BELongDead im Nationalpark Bayerischer Wald \(bayern.de\)](http://www.nationalpark-bayern.de/forschung/belongdead)

Pilze, die an Totholz vorkommen, sind sehr artenreich. Bisläng ist aber noch ungenügend verstanden, unter welchen Umweltbedingungen sich Pilzartengemeinschaften etablieren und wie diese den Abbau von Holz vorantreiben. Auch die Rolle von Bakterien an diesem Prozess ist noch weitgehend unbekannt.

Die Forschung soll unser Verständnis verbessern, wie die Diversität von Pilzen mit wichtigen Prozessen im Wald zusammenhängt. Die Ergebnisse sollen auch dazu dienen, Empfehlungen zu geben, wie man im Wirtschaftswald die Diversität von Pilzen und die damit verbundenen Prozesse optimieren kann.

Insgesamt wurden 1170 Stämme in den Randzonen des Nationalparks Bayerischer Wald ausgelegt. 13 Stämme unterschiedlicher Baumarten bilden einen Probekreis. Pro Gebiet wurden 30 Probekreise eingerichtet. Insgesamt gibt es drei Gebiete (Exploratorien). Hier werden Pilze und Bakterien mit molekularen Methoden erfasst, Pilze zusätzlich über Fruchtkörperinventuren. Des Weiteren werden Daten zum Abbau, Enzymen und Holzchemie erfasst.

Finanzierung: Deutsche Forschungsgemeinschaft - DFG

5.2.3 BARK BEETLE DETECTION (BARKBEEDET)

Projektbeschreibung von der Internetseite des Nationalparks

Forschungsprojekt Bark Beetle Detection im Nationalpark Bayerischer Wald (bayern.de)

Beendetes Forschungsprojekt

Der Lebensraum des Großen Fichtenborkenkäfers (*Ips typographus*) befindet sich unter der Rinde von Fichten, dort wo er auch seine Eier ablegt und sich anschließend die Larven entwickeln. Dadurch entsteht das charakteristische Brutbild, was ihm auch seinen Namen Buchdrucker eingebracht hat. Im Wirtschaftswald ist er ein bedeutender Schädling, da die befallenen Fichten nach kurzer Zeit absterben. Im Nationalpark Bayerischer Wald dürfen sich die Borkenkäfer zwar in der Naturzone frei entwickeln, in der Randzone werden sie jedoch bekämpft, um ein Übergreifen der Käfer auf benachbarte Wirtschaftswälder zu verhindern. Grundlage für eine effektive Bekämpfung ist es, den Käferbefall frühzeitig zu erkennen, um die befallenen Bäume zu entnehmen, bevor die Entwicklung der Käfer im Baum abgeschlossen ist. Dazu gibt es im Wesentlichen zwei Möglichkeiten: Am Boden ist er frühzeitig durch herabfallendes Bohrmehl erkennbar, aus der Luft können geschädigte Bäume durch die Verfärbung ihrer Krone erkannt werden. Die erste Methode ist sehr aufwändig und noch dazu fehleranfällig, während die zweite Methode den Befall meist zu spät erkennt. Von daher ist eine möglichst frühzeitige Erkennung von befallenen Bäumen aus der Luft erstrebenswert.

Mit konventioneller Sensorik war bislang keine frühzeitige Erkennung des Borkenkäferbefalls aus der Luft möglich. Daher liegt der Schwerpunkt der Forschung in diesem Projekt bei der Untersuchung verschiedener Sensoren mit sehr unterschiedlichen Eigenschaften: Hyperspektralkameras können beispielsweise das sichtbare und nahe Infrarot-Licht sehr viel feiner abgestuft detektieren, als konventionellen Kameras. Auch Sensoren, die im sogenannten kurzwelligen Infrarot (SWIR) und im thermalen Infrarot (TIR) sensibel sind, werden auf ihre Eignung untersucht. Gerade das thermale Infrarot gilt speziell für die Früherkennung als vielversprechend. Bereits geringste Temperaturunterschiede könnten einen Hinweis auf frühen Borkenkäferbefall geben. Laserscanner erlauben schließlich eine sehr genaue 3D-Rekonstruktion einzelner Bäume und ihrer Baumkrone, wodurch auch Veränderungen in der Baumkrone erfasst werden können. Außerdem soll untersucht werden, wie die gewonnen Erkenntnisse operationell und großflächig angewendet werden können.

Es wurden zwei je einen Hektar große Testgebiete in den Nationalparks Bayerischen Wald und Šumava ausgewählt. Um den Verlauf des Borkenkäferbefalls möglichst genau aus der Luft beobachten zu können, werden beide Testgebiete dreimal wöchentlich mittels zweier handelsüblicher Drohnen nahezu gleichzeitig überflogen. Eine Drohne trägt eine spektral hochaufgelöste Hyperspektralkamera und einen Laserscanner, die andere eine SWIR-Kamera, eine Hyperspektralkamera mit mittlerer spektraler Auflösung und eine Thermalkamera. Die Flüge finden während der Zeit statt, in der der Borkenkäfer aktiv ist und noch einige Wochen darüber hinaus. Durch die Verwendung von Drohnen können zum einen Kosten gespart werden, es können damit aber auch einzelne Bäume sehr genau beobachtet werden, da die geringe Flughöhe der Drohnen eine sehr hohe Bildauflösung erlaubt. Die gewonnenen Bilddaten und das 3D-Modell des Laserscanners werden schließlich am Computer geo-referenziert und dann gemeinsam analysiert. Dabei wird nicht nur jeder Einzelflug ausgewertet, sondern es wird vor allem der Verlauf des Befalls analysiert (Monitoring). Bei der Auswertung der Bilddaten kommen verschiedenste Methoden der Bildanalyse zum Einsatz, die unter anderem auch auf Verfahren der künstlichen Intelligenz zurückgreifen.

Finanzierung: Interreg

Interreg, oder wie es offiziell heißt, die "europäische territoriale Zusammenarbeit", ist Teil der Struktur- und Investitionspolitik der Europäischen Union. Seit mehr als 20 Jahren werden damit grenzüberschreitende Kooperationen zwischen Regionen und Städten unterstützt, die das tägliche Leben beeinflussen, zum Beispiel im Verkehr, beim Arbeitsmarkt und im Umweltschutz.

5.2.4 Zusammenarbeit mit Forensikern

Christian von Hoermann: „Wir arbeiten mit Forensikern der Universität Michigan zusammen. Die Kollegen sind in der Lage, aus einem Abstrich der Bakterien eines toten Menschen viele Rückschlüsse auf dessen Verhalten zu ziehen. So kann man anhand der Bakterienkombination sogar Menschen identifizieren, die ermordet wurden. Dieses Wissen wollen wir nun auf Tierkadaver übertragen.“

Bei Menschen wirkt sich also Geschlecht, Alter und sogar Erkrankungen wie ein Herzleiden oft auf das Mikrobiom aus. Die Forschung im Nationalpark interessiert sich vor Allem dafür, wann das intrinsische Nekrobiom (hier insbesondere Mikroorganismen, die sich innerhalb des Kadavers befinden und aus der Darmflora zu Lebzeiten ausgehen) sich mit den Bakterien der Umwelt vermischt. Die Menge und Arten an Bakterien wird dann mit der Liegezeit des Kadavers verglichen.

5.3 Das Nekrobiom

Auch wenn man aus dem ersten Impuls heraus Kadaver und Totholz als sehr gegensätzlich einschätzen würde, lassen sich doch einige Gemeinsamkeiten feststellen. Ein gutes Beispiel ist hierfür die Zersetzungssukzession.

Wichtige Unterschiede ergeben sich vor Allem aus der unterschiedlichen Struktur der Nekromasse. Einige Wichtige davon sind unten aufgeführt.

	Totholz	Tottier
<i>Nährstoffgehalt</i>	Sehr Nährstoffarm	Nährstoffreichstes organisches Material
<i>Dauer</i>	besteht zum großen Teil aus schwer zersetzbarer Material, sehr langlebig	Sehr kurzlebig nicht vorhersehbare Fressmöglichkeit
<i>Anfallhäufigkeit</i>	Selten Oft durch Störungen, die mehrere Bäume betreffen	Öfters (geringere Lebensspanne) Eher kontinuierlich
<i>Wichtige Faktoren</i>	Licht – Schatten Stehend – liegend Baumart Durchmesser	Jahreszeit Tierart
<i>Anpassung</i>	Symbiosen mit Mikroorganismen/Pilzen	Gestärkte Sinnesorgane: Geruchssinn, Sehkraft
<i>Spezialisierung</i>	Stärkere Spezialisierung	Oft sogar Kopronekrophag
<i>Anteil an der Nahrungsaufnahme</i>	Häufig rein holzzeretzende Arten	Vor Allem bei Wirbeltiere nur zufälliger Teil der Nahrung

5.3.1 Mikrobiologie

Die Mikroorganismen sind oft die übersehenen Lebewesen auf unserer Erde – kein Wunder eigentlich, sind sie schließlich schon nach ihrer Definition „Lebewesen, die zu klein sind, um sie mit dem Menschlichen Auge zu erkennen.“ Dennoch sollte man sie nicht unterschätzen: in jedem Ökosystem kommen Mikroorganismen vor – insgesamt leben auf unserer Erde 10^{30} mikrobiologische Zellen. Zum Vergleich: in unserem Universum gibt es „nur“ 10^{22} Sterne.

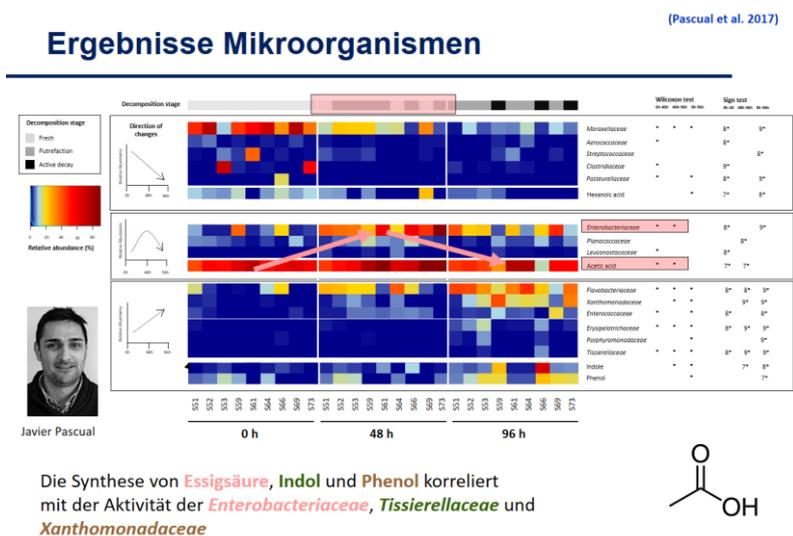
Mikroorganismen sind auf nahezu alle Verhältnisse angepasst. Während Tiere und Pflanzen nur Sauerstoff veratmen oder manche Photosynthese betreiben können, nutzen Mikroorganismen viele verschiedene Stoffwechsel. Die Hefe ist mit ihrer Fermentation wohl das bekannteste Beispiel (und bei Bier-Fans wohl auch das Beliebteste).

Die Definition von Arten, wie wir sie gewohnt sind, lässt sich leider bei Mikroorganismen nicht so einfach anwenden – das erste Problem zum Beispiel ist, dass sie sich durch Zellteilung vermehren und schnell verändern können. Bei den meisten mikrobiellen Arten nutzt man verschiedene Tests, um sie zu bestimmen. Der PCR-Test (Polymerase chain reaction), der anhand einer bestimmten Gen-Sequenz Arten erkennt, ist mittlerweile gut bekannt. Auch die Verbreitung von Arten ist ungewohnt: Mikroorganismen sind so klein, dass sämtliche Arten durch Wind, Wasser, Lebewesen etc. auf der gesamten Erde verteilt

werden. Durch die schnelle Verteilung und Vermehrung wird darüber hinaus davon ausgegangen, dass mikrobielle Arten nicht aussterben können. Auch wenn jede Art jeden Fleck erreichen könnte, siedeln sich nur einige Arten in den verschiedenen Habitaten an, sie werden dadurch also selektiert.

Auch bei Kadavern lässt sich so eine Selektion beobachten. Proben hierfür werden durch einen Abstrich im Maul des Kadavers gesammelt. Diese können verschiedene Indikatoren liefern: Bei Wildschweinen kann so zum Beispiel die Liegezeit bestimmt werden, was für die Bekämpfung der Afrikanischen Schweinepest wichtig ist. Auch die verschiedenen Tierarten können unterschieden werden – auch nachdem sie schon nicht mehr an dieser Stelle liegen, z.B. nachdem sie von einem Räuber verschleppt wurden. Jede Kadaverart hat einen eigenen mikrobiellen Fingerabdruck, der sich zum Beispiel zwischen einem Fuchs- und Rehkadaver merkbar unterscheidet.

Durch die Mikroorganismen entstehen auch die meisten Gerüche, die man mit Aas verbindet. Was wir als Gerüche wahrnehmen, sind unterschiedliche Gase und flüchtige Fettsäuren, die bei den Aktivitäten des Mikrobioms entstehen. Eine Studie aus dem Nationalpark von 2017 hat sogar eine Verbindung zwischen der Kadaverduftproduktion und den vorhandenen Bakterien festgestellt.



5.3.2 Struktureichtum Totholz

Teilweise aus der Handreichung „Alt und Reich“

Totes Holz ist ein elementarer Bestandteil eines natürlichen Waldes und hat viele ökologische Funktionen. Es ist Lebensraum und Nahrung für Tiere, Pflanzen und Pilze. Außerdem reguliert es den Wasser- und Nährstoffhaushalt.

Dabei ist Totholz nicht gleich Totholz. Das Zusammenspiel aus verschiedenen Faktoren, wie zum Beispiel der Dicke des Holzes, der Standort des Holzes (wobei besonders wichtig ist, ob es in der Sonne oder im Schatten steht) oder die Dicke und Art des Baumes ergeben eine große Vielfalt an Totholzarten.

Entscheidend ist auch, ob der tote Baum liegt oder steht. In einem natürlichen Wald sind etwa zwei Drittel des Totholzes sogenanntes liegendes Totholz. Am Waldboden saugt sich das tote Holz stark mit Wasser voll und wird durch Pilze und Kleinstlebewesen langsam zersetzt. Die Wurzelteller sind noch dazu eine wichtige Möglichkeit für Auerhühner und andere Hühnervögel, auch bei einer dicken Schneedecke noch an Steinchen zu gelangen, die für ihre Verdauung wichtig sind. Aus einem ähnlichen Grund wachsen Junge Fichten oft auf liegenden Totholzstämmen, denn durch den Höhenvorteil ragen sie früher aus der Schneedecke heraus. Diese Rannenverjüngung macht sich später noch bemerkbar, wenn mehrere Bäume in einer perfekten Linie stehen. In Österreich hat dieses Phänomen übrigens einen spannenderen Namen: Kadaververjüngung.

Stehende Bäume hingegen haben eine längere Alters- und Sterbephase, wodurch sich auch die Besiedlungsabfolge von liegenden Bäumen unterscheidet. Vor allem als Höhlenbäume sind sie für Vogel- und Säugetierarten wichtig.



Zersetzerpilze und Insekten sind häufig auf Nadel- oder Laubholz spezialisiert. Sogenannte Pionierbesiedler wie der **Borkenkäfer** haben sich noch dazu oft auf eine Baumart spezialisiert. Der Grund dafür ist, dass Holz am Anfangsstadien schwerer zu zersetzen ist. Bei der Eiche erschwert zum Beispiel der hohe Gerbstoffanteil die Zersetzung. In späteren Zersetzungsstadien wird die Verwertung leichter und das Holz der Baumarten weist weniger Unterschiede auf. Dann lassen sich vor allem universellere Arten nieder.



Bild: verschiedene Formen von Totholz (Lachat, Thibault, et al.2019)

25 % aller europäischen Waldarten sind am Zersetzungsprozess von Totholz beteiligt. Von den ca. 100 waldbewohnenden Vogelarten in Deutschland sind mindestens 2/3 auf Totholz angewiesen. Bei den holzbesiedelnden Pilzen steigt die Artenzahl mit zunehmendem Totholzdurchmesser. Stärkeres Totholz ist auch bei ungünstigem Mikroklima (z. B. stärkere Sonneneinstrahlung) in der Lage, Wasser zu binden und damit die Verhältnisse für Pilze stabiler zu halten.

Da sich stärkeres Totholz länger zersetzt haben verschiedene Organismen die Möglichkeit, das Substrat im Laufe der Zeit zu besiedeln.

Für die Erhaltung von xylobionten Arten ist also nicht nur die Menge, sondern auch eine große Vielfalt an Totholz notwendig.

5.3.3 Abbaustadien des Totholzes



Abbildung: Die Zersetzungsstadien von Totholz mit Erkennungsmerkmalen

Die Zersetzung des Holzes fängt spätestens direkt nach dem Tod des Baumes an, oft sogar schon davor. Je nach Baumart und Position des Holzes dauert es dann 25-90 Jahre, bis der Großteil des Holzes zersetzt ist. Besonders lange dauert es bei Nadelhölzern und stehenden Bäumen.

In der Besiedlungsphase dringen sogenannte primäre Xylobionten in das Totholz ein. Diese sind oft sehr spezifisch auf eine Totholzart angewiesen. Beispiele für pionier-Insektenarten sind Borkenkäfer (Scolytidae) oder die Bock- und Prachtkäfer (Cerambycidae, Buprestidae) sowie die Holzwespen (Siricidae), alle diese Arten ermöglichen durch ihre Bohr- und Frasstätigkeit das Holz für weitere Insekten und für Pilze und locken Spechte wie den **Schwarzspecht** an. Auch die mikrobielle Zersetzung ist in dieser ersten Phase wichtig.

Wenn sich das Holz weiterhin zersetzt, fallen Zweige und Äste ab und es löst sich

die Rinde ab. In dieser Phase ändern sich auch die dominierenden Käferfamilien. Feuerkäfer (Pyrochroidae), Schröter (Lucanidae), Schwarzkäfer (Tenebrionidae) und Schnellkäfer (Elateridae) bevorzugen diese Phase. Viele Arten benötigen schon vorgebohrte Gänge oder ernähren sich räuberisch von anderen xylobionten Arten.

In der Humifizierungsphase zerfällt das Holz und geht langsam in Boden über. Das Substrat besteht zu einem grossen Teil aus Kot der bisherigen Besiedler. In diesem Moderholz, dass schon sehr weit zersetzt ist, siedeln sich die eigentlichen Bodenlebewesen an, es finden sich verschiedene Würmer, Schnecken, Asseln, Tausendfüssler, Fadenwürmer. Diese "Mesofauna" zerkleinert die Partikel und macht sie für Mikroorganismen besser zugänglich.

Während der Zersetzung nimmt das Totholz ab, die verschiedenen Stadien sind dennoch ungefähr in gleichen Mengen im natürlichen Waldökosystem vorhanden. Grund dafür sind die längeren Perioden in späteren Abbaustadien.

In der Abbildung sieht man eine Möglichkeit, Totholz in verschiedene Zersetzungsstadien einzusortieren.

5.3.4 Saprobionte Pilze

Saprobionte Pilze, bezeichnet diese Arten, die sich von toter organischer Materie ernähren. Dieses beschränkt sich nicht nur auf Totholz. Der Wiesenchampignon ist zum Beispiel ein bekanntes Beispiel für eine am bodenwachsende saprobionte Art.

Auch auf Kadavern finden sich Pilzarten, vor Allem Schimmelpilze.

Eine wichtige Gruppe sind jedoch die holzzersetzenden (lignicolen) Pilze. Holz besteht vor Allem aus Zellulose und Lignin. Je nachdem welchen der beiden Stoffe die Pilze zuerst abbauen, teilt man sie in Weißfäule- und Braunfäule-Erreger ein.



Bild: Maus mit Schimmelbefall

Lignin können ausschließlich Pilze abbauen können, wenn dieses zuerst abgebaut wird, entsteht die Weißfäule. Übrig bleibt dann nämlich Zellulose, welches von der Struktur und Farbe Papiertaschentüchern ähnelt. Braunfäulepilze zersetzen überwiegend Zellulose und das übrigbleibende Lignin hat eine braune, würfelförmige Struktur.

5.3.4.1 Zunderschwamm (*Fomes fomentarius*)

Einer der häufigsten Weißfäule-Erreger im Nationalpark ist der Zunderschwamm. Schon vor dem Tod des Baumes kommt er als Wundparasit vor und schwächt die befallenen Bäume durch seine Zersetzungsarbeit. Wie viele Holzpilze, weißt er auch einige Käferarten auf, die von ihm abhängig sind u.A. der Kerbhalsige Baumschwammkäfer oder der Gehörnte Zunderschwamm-Schwarzkäfer.

Auch die Bevölkerung des Bayerischen Waldes profitierte früher von dem Pilz, der im Dialekt „Hudersau“ genannt wird. Sie nutzten ihn als Lappen („Huder“), Lederersatz, Wundaufgabe oder zum Feuermachen. Aus letzteren entstand der Spruch etwas „brennt wie Zunder“.



5.3.4.2 Tannenstachelbart (*Heridium flagellum*)

Aus der Handreichung „Alt und Reich“

Ebenfalls ein Weißfäuleerreger und dazu einer der auffälligsten und imposantesten Holzpilze im Nationalpark ist der Tannenstachelbart (*Heridium flagellum*). Wie der Name schon ausdrückt erscheint er fast ausschließlich an Tanne und benötigt mächtige, stehend tote oder liegende Stämme mit mittlerem oder fortgeschrittenem Zersetzungsgrad. An stehenden toten Tannen kann er bis in Höhen von 10 bis 15 Meter wachsen. Die Fruchtkörper an liegenden Stämmen erreichen eine Länge von bis zu 80 cm und eine Dicke von bis zu 40 cm.

Er kann mit dem Ästigen Stachelbart (*Heridium coralloides*) verwechselt werden, der allerdings Laubholz wie Buche und Bergahorn besiedelt und im Nationalpark deutlich seltener anzutreffen ist. Beide „Stachelbärte“ zählen zu den seltenen und anspruchsvollen Holzpilzarten und stehen auf der Roten Liste der gefährdeten Pilzarten Bayerns. Im Nationalpark ist der Tannenstachelbart noch häufig zu finden, auch außerhalb der Urwaldgebiete Watzlik-Hain und Mittelsteighütte.

5.3.4.3 Der Rotrandige Fichtenporling (*Formitopsis pinicola*) und die Zitronengelbe Tramete (*Antrodiella citrinella*)

Mit Teilen aus der Handreichung „Alt und Reich“

Ein auffälliger Braunfäule-Erreger ist der Rotrandporling. Noch dazu ist er einer der häufigsten Pilze im Nationalpark. Er ist ein besonders leistungsfähiger Zersetzer und auch im Wirtschaftswald häufig zu finden. Seine hohe Dichte an Fruchtkörpern ist auch besonders wichtig für Arten, die von ihm profitieren. Neben dem Rotrandigen Schildjagdkäfer zählt auch die Zitronengelbe Tramete (*Antrodiella citrinella*) dazu.

Die Zitronengelbe Tramete gehört ebenfalls zu den Porlingen und sieht auf den ersten Blick äußerst unscheinbar aus: Sie wächst flach am Substrat und erreicht nur wenige Zentimeter Ausdehnung, die Fruchtschicht ist blassgelb bis zitronengelb gefärbt. Sie ist weltweit sehr selten und in der Regel an alte Schutzgebiete mit Urwaldcharakter gebunden.

Dieser Weißfäulepilz verwertet häufig die Reste des Rotrandigen Fichtenporlings, schließlich lässt dieser als Braunfäule-Erreger genügend Lignin übrig. Darüber hinaus wächst die Zitronengelbe Tramete auch parasitisch auf alten Fruchtkörpern des Rotrandporlings. Statistisch betrachtet tritt diese deshalb erst ab einer Menge von 140 m³ Totholz pro Hektar signifikant häufiger auf – eine Menge, die in keinem Wirtschaftswald erreicht wird. Auch naturnah bewirtschaftete Wälder reichen zur Erhaltung solcher Arten nicht aus.

Obwohl das komplette Rachel-Lusen-Gebiet des Nationalparks Ende der 1980er intensiv mykologisch untersucht wurde und die Zitronengelbe Tramete eher zu den auffälligen Pilzen gehört, konnte diese Art nicht gefunden werden. Erst 1990 bzw. 1991 konnte sie im Bayerisch-Böhmischen Grenzgebirge nachgewiesen werden. Die Mittelsteighütte war damals der einzige Fundort für diese Art in ganz Deutschland, die moderne Forstwirtschaft hat sie nur in diesem Refugium überlebt.

Im Jahr 2006 wurden im Rahmen des BIOKLIM-Projektes erneut Pilze im gesamten Nationalparkgebiet auf knapp 300 Probekreisen erfasst. Diesmal konnte die Zitronengelbe Tramete an nahezu jedem Probekreis im Rachel-Lusen-Gebiet nachgewiesen werden – über 30 Kilometer von ihrem ursprünglichen Fundort, dem Urwald Mittelsteighütte entfernt.



Wie gelang diese Rückkehr? Die Zitronengelbe Tramete benötigt große Mengen Totholz in einem fortgeschrittenen Zersetzungsgrad. Zwar gab es bereits Ende der 80er Jahre größere Mengen Totholz im Nationalparkgebiet (u. a. durch die Windwürfe 1983 und 1984), dieses war jedoch noch am Anfang des Zersetzungsstadiums. Große Flächen mit viel Totholz unterschiedlicher Zersetzungsgrade sind allerdings erst in den 1990er Jahren durch die Massenvermehrung des Buchdruckers entstanden.

Die Artenfolge von Rotrandporling und Zitronengelber Tramete ist ein spannendes Beispiel, dass auch die Artensukzession am Totholz voranschreitet.

5.3.5 Zersetzungsstadien eines Kadavers

Schon kurz nach dem Todeszeitpunkt beginnt die sogenannte Autolyse, bei der Teile des Körpers durch körpereigene Stoffe (z.B. Enzyme) abgebaut werden. Beispielsweise kann die Magenschleimhaut angedaut werden, woraufhin der Mageninhalt in die Bauchhöhle austreten kann. Solche Prozesse sind jedoch Äußerlich erst später bemerkbar.

Bei der Fäulnis handelt es sich um meist anaerobe (also ohne den Einfluss von Luft) und hauptsächlich bakteriell ausgelöste

Zersetzungsprozesse, wodurch sich faulig riechende Gase entwickeln. Dabei lassen sich fünf Stadien der Zersetzung feststellen (rechts).

Die Säuren, die sich im Kadaver entwickeln, haben nach dessen Verwesung noch über einen langen Zeitraum einen wichtigen Einfluss auf das Ökosystem, in dem das Tier

starb. Während in der ersten Zeit, die Pflanzen im näheren Umkreis absterben, da der Boden zu sehr versauert, siedeln sich nach einiger Zeit zuerst vermehrt säureliebende Arten an. In einen Umkreis um den Kadaver von wenigen Metern profitiert hingegen die Vegetation von dem Nährstoffreichtum der Fettsäuren. Ein Kadaver sorgt für einen massiven Nährstoffeintrag, was einer landwirtschaftlichen Düngung von 100 Jahren entspricht. **Dungkäfer** sind hierbei wichtige Arten, welche die organischen Säuren in den Boden einarbeiten.

5.3.6 Die Artenabfolge am Kadaver

Viele Tiere am Kadaver kommen nur in einem gewissen Intervall der Verwesung vor. Dieser Umstand ist besonders bei den Invertebraten, den (Fliegen-)Maden und Käfern den meisten aus Krimis bekannt. Tatsächlich lässt sich aus dem Vorhandensein bestimmter Arten die Zeit nach dem Tod bestimmen.

Allgemein ist es hilfreich, die Arten am Kadaver in vier Gruppen einzuteilen:

1. Nekrophage Arten: Arten, die sich von totem Gewebe ernähren

	0-2 Tage	Beginnende Fäule: Grünfärbung der Haut Ausgehend von Stellen an denen sich viele schnellvermehrnde Bakterien befinden (Bsp. Dickdarm)
	2-6 Tage	Gasgeblähtes Stadium: Entstehung von organischen Säuren und Gasen (z.B. Propan- und Milchsäure, Methan und Ammoniak) Hautverfärbung und starke Geruchsbildung
	5-11 Tage	Aktiver Verwesung: Ab diesen Stadium kommt es zu aeroben Verfall und man kann wirklich von Verwesung sprechen Abwanderung von großen Madenmassen
	10-25 Tage	Fortschreitende Verwesung: Der Körper verliert an Flüssigkeit
	>25 Tage	Skelettierung: Nur Knochen und Zähne bleiben zurück, selten auch Haare und getrocknete Gewebereste

2. Räuber und Parasiten: Arten, die sich von nekrophagen Arten ernähren
3. Omnivore Arten: Arten, die sich sowohl von der Leiche als auch von den darauf befindlichen Insekten ernähren.
4. Sonstige Arten: Besucher des Kadavers, die eher zufällig dort auftauchen

Dabei sollte beachtet werden, dass einige Arten in verschiedenen Entwicklungsstadien zu verschiedenen Gruppen gezählt werden. Als Made ernähren sie sich zum Beispiel noch vom totem Gewebe und werden im ausgewachsenen Stadium zum Räuber.

Die Artenabfolge ist stark Wetter- und Temperaturabhängig, denn bei zu niedrigen Temperaturen sind die Insekten nicht aktiv. Wenn ein Kadaver im Winter von Schnee bedeckt ist und dadurch häufig auch von Wirbeltieren nicht aufgefunden wird, ist der Zersetzungsprozess im wahrsten Sinne des Wortes eingefroren.

Die verschiedenen Tierarten haben folgende Vorlieben:

Frisch tot	Gasgebläht	Aktive Verwesung	Fortgeschrittene Verwesung	Skelettierung
Seeadler, Rotmilan, Mäusebussard, Luchs				
Kolkrabe				
Rotfuchs, Baumarder				
Wildschwein				
				Eurasisches Eichhörnchen
Goldfliege, schwarzblaue Schmeißfliege				
Larven der schwarzblauen Schmeißfliege, Larven der grauen Fleischfliege				
Speckkäfer				
Speckkäferlarven				
		Dungkäfer, Rothalsige Silphe, Totengräber		
Buntkäfer, Uferaaskäfer				

In der Rechtsmedizin wird darüber hinaus auch der Entwicklungsstand von Insekten Eiern oder Maden beachtet.

5.4 Erwähnenswerte Arten und Anpassungen

5.4.1 Die schwarze Rossameise und der schwarze Specht

Die schwarze Rossameise (*Camponotus herculeanus*) ist eine der größten Ameisen Mitteleuropas, die Arbeiterinnen werden bis zu 14mm groß. Sie baut ihre Nester in tote Holzstümpfe oder in das Holz von noch stehenden Bäumen, vorwiegend in Fichten. Im Nationalpark ist sie weit verbreitet bis 1.400 m Höhe. Ganz besonders freut dies die größte Europäische Spechtart, den Schwarzspecht.

Dieser ernährt sich von den Ameisen und ihren Eiern, in dem er ihre Gänge und Nester freilegt. Die großen, leicht verzogenen Löcher, die er dabei ins Holz schlägt, sind eines der deutlichsten Zeichen auf das Vorkommen der Rossameise. Meistens befinden sich die Löcher ungefähr auf Augenhöhe, wodurch sie offensichtlich von Nisthöhlen zu unterscheiden sind. Ohne die Schwarzspechtlöcher, ist die Aktivität der Ameise nur schwer zu erkennen. Weitere Merkmale sind ein unten verbreiteter oder hohlklingender Baumstamm. Die Bäume an sich sehen jedoch meist noch gesund aus.



Ein Grund dafür ist, dass bei den meisten Bäumen das Holz vor Allem aus abgestorbenen Zellen besteht. Nur die äußersten Jahresringe haben noch lebende Zellen. In diesem Splint (Weichholz) findet die Speicherung von Reservestoffen und die Wasserleitung statt. Das Kernholz wiederum ist für die Stabilität zuständig, es besteht aus abgestorbenen mit Luft gefüllten Zellen, die dadurch von dem Baum keine Versorgung mit Kohlenstoff oder Nährstoffen mehr brauchen. Bei den sogenannten Kernholzarten (Kiefer, Lärche, Eiche, Ulme) findet zusätzlich noch eine Einlagerung von verschiedenen Substanzen in den Zellen statt, die diese härter und widerstandsfähiger macht. Die Fichte zählt genauso wie Tanne, Buche und Linde zu den Reifholzbäumen, bei denen dieses nicht erfolgt. Ihr Kernholz ist dadurch anfälliger gegenüber Pilzbefall. Gar keine Trennung von Splint- und Kernholz haben die Splintholzbäume, dazu zählen Erle, Birke, Pappel und Hainbuche.

Dadurch zeigt die schwarze Ameise und der schwarze Specht auf spannende Weise, dass in einem Baum totes und lebendes Holz Hand in Hand gehen. Die Rossameise ist jedoch auch ein gutes Beispiel, dass Totholzbewohnende Arten auch lebende, meist geschwächte Bäume angreifen können, wenn sie durch die lebende äußere Splintschicht ins tote Kernholz gelangen.

5.4.1.1 Höhlenbäume

Aus der Handreichung „Alt und Reich“

Baumhöhlen in allen Größen und Formen – von der Halb-höhle bis zur ausgereiften Mulmhöhle - stellen eine Schlüsselstruktur für eine Vielzahl von Lebewesen in Wäldern dar. Sie sind ein wichtiger Grundstein für eine hohe Artenvielfalt im Wald, da sie von einer ganzen Reihe von Säugetierarten, aber auch von vielen Insekten und Vögeln genutzt werden. In Höhlen brütende Vögel werden als Höhlenbrüter bezeichnet.

Die wichtigsten Höhlenbauer im Bergmischwald sind Spechte, vor allem Bunt-, Dreizehen und Schwarzspecht schaffen Wohnraum für unzählige Nachmieter, u. a. Kohlmeise, Blaumeise, Kleiber und Sperlingskauz. Damit gehören Spechte zu den Schlüsselarten im Waldökosystem – sie schaffen durch den Höhlenbau Quartiere, in denen eine Vielzahl von Vogel-, Säugetier- und Insektenarten als „Nachmieter“ leben.

Selbst Pilze nutzen häufig diese Höhlen als Eintrittspforten in noch lebende Bäume. Viele dieser Arten sind auf bestimmte Stadien, Formen oder Strukturen von Baumhöhlen spezialisiert.

In unbewirtschafteten und alten Wäldern sind deutlich mehr Höhlen zu finden als in Wirtschaftswäldern: Die wichtigsten Faktoren für das Vorkommen von Höhlen sind das Alter des Baumbestandes und das Volumen an Totholz. Die meisten Höhlen findet man in Bäumen, die einen höheren Durchmesser als 45 cm haben. Die Stärke der Bäume hängt dabei eng mit ihrem Alter zusammen. Mit steigendem Alter eignen sich Bäume deshalb besser zum Höhlenbau. Außerdem sind Höhlen in stärkeren Stämmen in der Regel frostfrei und unterliegen weniger Temperaturschwankungen.

Darüber hinaus gehen Wälder mit zunehmendem Alter in eine natürliche Zerfallsphase über. Dabei häufen sich Strukturen wie Spalten, Risse, Höhlen und Faulstellen. In diesen Strukturen leben Insekten – die Hauptnahrung der Spechte. Alte Wälder sind deshalb für Spechte optimal, da viele geeignete Stellen zum Höhlenbau (morsche und faule Stellen an Bäumen sind auch für die kräftigen Spechtarten wie Dreizehen- und Buntspecht wichtig) bei gleichzeitig hohem Nahrungsangebot vorhanden sind.

Wissenschaftler im Nationalpark haben herausgefunden, dass sich ab fünf Höhlen-bäumen pro Hektar die Anzahl der in Höhlen brütenden Vogelarten verdoppelt.

5.4.2 Der Rotmilan

Milane sind Greifvögel, die besonders gut an ihren gegabelten Schwanz zu erkennen sind. Neben Kleintieren zählt häufig auch Aas zu ihrer Nahrung. Dafür patrouillieren sie oft Gewässerränder nach toten Fischen oder Straßen nach überfahrenen Tieren.

Der Rotmilan (*milvus milvus*) ist mit einer Spannweite von 140-165cm und einer Körpergröße von 61-72cm ziemlich groß und langflügelig. Er brütet in bewaldeten Regionen mit Seen und Feldern, in Nestern aus Reisig, hoch in alten Bäumen.



Bild: Martin Gahbauer

5.4.3 Ambrosiakäfer – Der Gärtner im Totholz

Holzersetzende Arten haben einen entscheidenden Nachteil gegenüber Kadaverfressende Arten: Totholz wird durch eine für organisches Material besondere Stärke und Nährstoffarmheit (vor Allem Stickstoff) gekennzeichnet, wodurch es besonders schwer zu zersetzen ist. Insekten sind meistens nicht dazu in der Lage, diese sogenannte „Lignozellulose“ zu zersetzen, ohne die Hilfe von Enzymen von Mikroorganismen. Dadurch hat sich eine Vielzahl von Symbiosen zwischen Holzersetzenden Insekten und Mikroorganismen entwickelt.

Ein spannendes Beispiel davon sind die Ambrosiakäfer. Der Begriff bezieht sich auf mehrere holzbohrende Käferarten aus den Gattungen der Werftkäfer (*Lymexilidae*), Kernholzkäfer (*Platypodinae*) und der Borkenkäfer (*Scolytinae*), denen es gelungen ist Pilzarten zu domestizieren und kultivieren, um damit Holz abzubauen. Wie erfolgreich dieses Konzept ist, sieht man daran, dass es sich in der Evolution der

Ambrosiakäfer neun Mal unabhängig entwickelt hat. Da scheint ihr Name ganz gut zu passen, schließlich bezieht er sich auf die Speise der Götter: Ambrosia.

Die Käfer besitzen hierfür spezielle Speicherorte, in denen sie die Pilze mit sich tragen können. Fast immer ist hierbei die Pilzart spezifisch für die Käferart. Das Weibchen oder das Pärchen bohrt zuerst in noch relativ frisches Totholz den sogenannten Muttergang senkrecht ins Holz, von dem aus meist weitere Gänge in der Ebene des Stammesquerschnitts angelegt werden. Die Elterntiere legen daraufhin einen Rasen aus Schimmelpilzen an, den die Jungtiere später abweiden.

Beim Kleinen Holzbohrer (*Xyleborinus saxesenhi*) konnte sogar eine Arbeitsteilung bzw. Brutpflege festgestellt werden: Während die Jungtiere die Pilze abweideten, hielten die Erwachsenen das Nest sauber und sicherten den Muttergang nach außen ab. Hierbei halfen neben den Elterntieren auch erwachsene Jungtiere, also die Geschwister. So ein Sozialverhalten ist unter Käfern äußerst selten.

Ambrosiakäfer bevorzugen relativ frisches Totholz von Laubbäumen, ihre Muttertunnel sind zwar meist in der Borke gut versteckt, können jedoch durch das ausgestoßene Bohrmehl erkannt werden.

5.4.4 Die Totengräber – eine umsorgte Kinderstube im Kadaver

Der Totengräber sind Käfer, die sich vom Aas ernähren und haben dadurch ganz andere Probleme als die Ambrosiakäfer. Totes tierisches Material ist zwar viel einfacher zu verdauen viel nährstoffreicher als Totholz, dadurch aber auch viel schneller von anderen Arten oder Totengräber weggefressen. Totengräber haben wegen der Kurzlebigkeit ihrer Nahrung eine Superkraft: Sie können Aas aus bis zu drei Kilometer Entfernung riechen und es dann schnellstmöglich anfliegen.

Genauso wie Ambrosiakäfer betreiben nämlich auch sie Brutpflege. Hierfür muss ein Totengräberpaar zuerst einen kleinen Kadaver zum Beispiel von einer Maus oder einen Vogel finden. Dieser wird dann schnell eingegraben und von Konkurrenten geschützt. Pilze und Mikroorganismen sind hierbei aber eher weniger beliebt. Totengräber stellen sogar besondere Sekrete her, das dafür sorgt, dass Mikroorganismen ihre Kinderstube nicht zersetzen können.



Foto: Heiko Bellmann

Das Weibchen legt circa sechs Eier. Wenn die Larven daraus schlüpfen, haben ihre Eltern den Kadaver schon zu einem kleinen Nest umgewandelt. Hier werden die Larven von ihren Eltern umsorgt, praktischerweise können sie ihrem Nachwuchs gleich das Aas füttern.

Nach ungefähr zwei Wochen schlüpfen erwachsene Totengräber. Diese suchen dann große Kadaver auf, um sich an den dort vorhandenen Fliegenlarven die Bäuche vollzuschlagen. Totengräber brauchen also zwei verschiedenen Arten von Kadavern. Zuerst große Tiere, an denen sie sich ernähren können und später kleine für ihre Brut.

An großen Wirbeltierkadavern erscheinen die Totengräber, sobald die ersten Fliegenmaden vorhanden sind (ca. Tage 2 bis 6 nach dem Tode), was natürlich von der Umgebungstemperatur und der Luftfeuchtigkeit abhängt. Die Totengräber fressen eher an der Made als am Kadaver selbst. Sie sind sehr effektive Prädatoren.

Totengräber ist eine Bezeichnung von Arten der Gattung *Nicrophorus*. Die Käfer sind circa 20-30 mm groß und besitzen eine Endkeule am Fühler. Besonders auffällig sind die Arten *N. vespillo* und *N. vespilloides*, denn beide besitzen zwei orange Streifen auf den Flügeldecken. **Eine artgenaue Bestimmung ist für diese Führung nicht erforderlich**, wäre aber anhand der Endkeule am Fühler möglich.

5.4.5 Der Dungkäfer

Der Dungkäfer ist ein Generalist, der sowohl Kot als auch Kadaverflüssigkeiten (flüchtige Fettsäuren) frisst. Diese Kopronekrophagie ist eine wichtige Systemdienstleistung, da eine einzige Art beide kurzlebige und zeitlich unvorhersehbaren Ressourcen Kot und Aas effektiv beseitigen kann.

Die vorrangige Aufgabe von Dungkäfern ist der aktive Eintrag von Kadaverflüssigkeiten in den Boden.

Diese sehr nährstoffreichen Substanzen düngen das naheliegende Ökosystem so stark, dass es vergleichbar ist, mit der Düngung in einem Agrarsystem über 100 Jahre.

5.4.6 Der Dornspeckkäfer und der Duft der Liebe

Der Speckkäfer ist ein hochgradiger Spezialist, der eine Keratinase besitzt und somit Haut und Haare verdauen kann. Seine vorrangige Aufgabe im Zersetzungsprozess ist die Verwertung der gesamten tierischen Biomasse (als Larve) bis auf die Knochen und die Verwertung von Haut und Haaren, die ansonsten im System verbleiben würde.

Bei Museumsinhabern ist er als „Museumskäfer“ bekannt und gefürchtet, da er auch vor deren tierischen Beständen nicht haltmacht. Er würde sich auch durch Kleidung fressen, die aus Leder besteht.

Für männliche Dornspeckkäfer ist der Geruch von verwesenden Fleisch besonders wichtig. Diesen Geruch folgen sie nicht nur selbst, um an ihre Nahrung zu gelangen, sondern sie benötigen ihn auch, um junge Weibchen anzulocken. Denn diese reagieren auf die Sexualpheromone nur dann, wenn sie mit Aasgeruch gemischt sind. Das zeigt ihnen, dass sie sowohl Männchen zur Paarung als auch eine gute Stelle zur Eiablage finden können.

Nach Paarung und Eiablage schlüpfen deren Larven erst dann, wenn bereits kein Fleisch mehr vorhanden ist. Besteht der Kadaver nach drei bis vier Wochen nur noch aus Knochen, Haaren und trockener Haut, dominieren neben Bunt- und Mistkäfern die Larven der Speckkäfer, die sich schließlich verpuppen. Etwa sechs Wochen nach der Eiablage schließt sich deren Lebenszyklus auf dem Kadaver mit der Entwicklung erwachsener Käfer. Diese müssen dann neues Aas aufspüren

5.4.7 Schmeißfliegen – schneller als der Geruch

Da die ersten Fliegen bereits innerhalb von Minuten nach dem Tod da sind, liegt die Vermutung nahe, dass sich diese bereits im Forsthabitat befinden und nur übersiedeln müssen. Schmeißfliegen findet man oft an weißblühenden Pflanzen bei der Nektaraufnahme oder an kleinen Weichtierkadavern in denjenigen Zeiten, in denen kein größeres Wirbeltieraas zur Verfügung steht.

Erste Autolyseprozesse treten erst später ein und somit steht ganz am Anfang des Todes noch keine Duftinformation zur Verfügung. Die Fäulnisgase können erst entweichen, wenn diese auch im Körper mikrobiell angestoßen wurde. Ein gutes Beispiel ist der Fliegenbefall bei einem Besuch im Biergarten. Wir sind ständig beschäftigt, die Fliegen von unseren Extremitäten zu verscheuchen. Würden wir zufällig in einem solchen Moment sterben, wäre die erste Fliege natürlich augenblicklich vor Ort. Wertvolle Informationen über den tatsächlich toten Organismus sind dann erschlaffte Haaraufstellermuskeln und

fehlender Pulsschlag. Daher werden auch auf einem lebenden Menschen niemals Eipakete (außer bei Vernachlässigungsfällen) abgelegt. Entweichende Fäulnisgase führen daher erst in der Folge (ca. Tage 2 bis 3) zur Besiedlung des toten Körpers durch zahlreiche weitere Fliegen.

Schmeißfliegen legen in den sogenannten „Geschmeiße“ bis zu mehrere Hundert Eier auf einmal ab. Die Eientwicklung kann dabei schon so weit fortgeschritten sein, dass die Maden schon während der Ablage schlüpfen.

5.4.8 Borkenkäfer – Geschichte, Streit und Erfolg

Der große achtzählige Fichten-Borkenkäfer oder Buchdrucker (*Ips typographus*) ist im Bayerwald wegen seines großflächigen Wirkens berühmt-berüchtigt. Als Folge von großflächigen Windwürfen setzten in den 1980er-, 1990er und Mitte der 2000er Jahre drei intensive Borkenkäferwellen ein. Sie ließen rund 60 Prozent der Altlichten absterben, so die Nationalparkverwaltung in einem Bericht.

Zu ähnlichen Phänomenen kommt es jedoch auf der gesamten Nordhalbkugel, auf Grund von verschiedenen Borkenkäferarten. Dabei zählen von den weltweit mehr als 3.500 Borkenkäferarten nur 0,4% zu den Schädlingen. Der Großteil kann weder lebendige Bäume befallen noch beschädigen, sondern kommt vor Allem im Totholz vor und ernährt sich von dort wachsenden Pilzen.

Während der Buchdrucker normalerweise bevorzugt geschwächte Fichten befällt, kommt es bei für ihn günstigen Bedingungen auch zu sogenannten Massenvermehrungen. Während diesen werden auch gesunde Fichten angegriffen. Bei einer großen Menge an Borkenkäfer (200-400 Tiere pro Fichte) können sich die Bäume nicht mehr gegen alle Tiere durch Ausharzen wehren. Infolgedessen werden sie von den Käfern befallen und sterben schließlich ab, da die Gänge ihre Saftzufuhr unterbrechen.

Die Folgen des Klimawandels, vor Allem die wärmeren, längeren Sommer und die geschwächten Baumbestände, sorgen für bessere Bedingungen für schadhafte Borkenkäfer und dadurch häufig zu Massenausflügen und großflächigen Schäden. Der Buchdrucker kann dazu in guten Jahren drei Generationen ausbilden. Bei den Waldbauern sind diese Arten entsprechend ungern gesehen. Der Nationalpark setzt sich für den Schutz der Privatwälder in seinem Umkreis ein. Eine 500 Meter breite Schutzzone, in der gezielt Borkenkäferschutz betrieben wird, ist eine wichtige Maßnahme. Darüber hinaus beschäftigt sich auch die Forschung mit Möglichkeiten für eine naturnahe und schnelle Borkenkäferbekämpfung.

Dennoch sollte auch nicht vergessen werden, dass auch der Buchdrucker eine wichtige Art im Ökosystem ist. Borkenkäferbefall ist eine natürliche Störung und ein bedeutender Prozess der Walddynamik. Das dadurch anfallende Totholz treibt die Artenvielfalt in die Höhe. Auch Besucher des Nationalparks profitieren von den neuentstandenen Aussichten, an Stellen, wo Borkenkäfer blickdicht Bäume zu Fall brachten. Die Forschung und alle Interessierte haben wiederum die Chance zu beobachten, wie sich ein Ökosystem nach einer solchen Störung erholt.

Borkenkäferbefälle und alle ihre Folgen sind demnach bedeutende und spannende Naturprozesse in den Zonen des Nationalparks.

5.4.9 Der Fliegentöterpilz

Bei einer intensiven Kadaverexposition im Jahre 2018 im Nationalpark konnten an Holzpflocken -die zur Kadaverfixierung dienen - mit einem Pilz befallene Schmeißfliegen (der Gattung *Calliphora*) entdeckt werden.

Nach der Nahrungsaufnahme ist es für Fliegen eine typische Verhaltensweise, sich auf glatten Oberflächen niederzulassen um zu regurgitieren, also die zugenommene Nahrung herauszuwürgen, um sie nach der Zugabe von Exoenzymen erneut aufzunehmen. Die am Holzpflock vorgefundenen Fliegen verharrten genau in der beschriebenen Regurgierhaltung, waren allerdings nicht mehr lebendig.

Sie waren mit dem Fliegentöterpilz (*Entomophthora calliphorae*) befallen. Die mit dem Pilz befallenen Schmeißfliegen werden in der Folge bewegungsunfähig und verenden. Der Fruchtkörper beginnt am Hinterleib auszuwachsen. Im fortgeschrittenem Befall sind in Streifen gewachsene Fruchtkörper erkennbar, die das Hinterleib des Weibchens größer erscheinen lassen. Männliche Schmeißfliegen zeigen hierbei ein verstärktes Interesse mit infizierten Fliegen zu kopulieren. (Bei Schmeißfliegenweibchen ist ein größeres Hinterleib Anzeichen für höhere Fertilität bzw. für das Legen größerer Eimengen.)

Da die Männchen anschließend auch mit nicht befallenen Weibchen an neu aufgesuchten Kadavern kopulieren, dienen Tierkadaver als Übertragungshotspots. Die Zeit nach der Infektion bis zum Tod beträgt in der Regel eine Woche. Ungefähr 12 Stunden nach dem Tod der Fliege erscheinen die wulstförmigen Sporenträger



5.5 Links zu weiteren Informationen

- [Wildnis schafft Wissen: Totholz ist voller Leben \(Podcast\) - YouTube](#)
- [Wildnis schafft Wissen: Von Aas und Kadavern \(Podcast\) - YouTube](#)
- [Wildnis schafft Wissen: Borkenkäfer im Portrait \(Podcast\) - YouTube](#)
- [Der Wert von Aas für das Ökosystem - Wissenschaftlicher Vortrag - YouTube](#)
- [EP54: Wenn wir selbst zum Leichenschmaus werden – BUGTALES.FM](#)
- [Folge 07: Themenblock Pilzlicher Lifestyle: Saprophyten | WaldPilzWelten \(podcaster.de\)](#)

6. Anhang

- Bestimmungshilfe - Fliegen und Käfer am Kadaver
- „Totengräber-Post“, Namenskärtchen
- Zersetzungsreihen
- Baustein „Der gedeckte Tisch“
- Baustein „Wohnungsmarkt“
- Baustein „Restaurantsuche“

7. Quellen

Bajerlein, D., S. Konwerski, and A. Madra. "European beetles of forensic importance. Identification guide." Proceedings of the 9th Meeting of the European Association for Forensic Entomology, Torun, Poland. 2012.

Benbow, M. E., Barton, P. S., Ulyshen, M. D., Beasley, J. C., DeVault, T. L., Strickland, M. S., Tomberlin, J. K., Jordan, H. R., and Pechal, J. L.. 2019. Necrobiome framework for bridging decomposition ecology of autotrophically and heterotrophically derived organic matter. Ecological Monographs 89(1):e01331. 10.1002/ecm.1331

Lachat, Thibault, et al. "Totholz im Wald. Entstehung, Bedeutung und Förderung." Merkblatt für die Praxis 52 (2019): 1-12.

Marciniak, Anett. Forensische Mykologie: Leichenbesiedlung durch Pilze. Diss. 2015.

McNeil, J. (2010). The ecology of death: forensic entomology as a teaching tool. The American Biology Teacher, 72(3), 153-155.

Schmidberger J. (2015). Käfer als Pilzzüchter: Die Biologie der Ambrosiakäfer und wie man sie beobachtet. Biedermann Artenschutzreport

Seiler, Marius. "Integration des Themas Pilze in den Grundschulunterricht. Herausforderungen & Chancen." (2018).

von Hoermann, Christian, Joachim Ruther, and Manfred Ayasse. "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 (2012): 1-11.

Holz - Lexikon der Biologie (spektrum.de)

Wissenschaft aktuell Quelle: „The attraction of virgin female hide beetles (*Dermestes maculatus*) to cadavers by a combination of decomposition odour and male sex phero

Waldführerordner 1,2,3

Handreichung „Alt und Reich“

Podcast: WaldPilzWelten-Folge 07: Themenblock Pilzlicher Lifestyle: Saprophyten, 18.07.2021

Schmeißfliegen – biologie-seite.de

Afrikanische Schweinepest in Deutschland (bundesregierung.de)

Borkenkäfer im Nationalpark Bayerischer Wald (bund-naturschutz.de)

Pioniere - Lexikon der Biologie (spektrum.de)

Insektenbox: *Dermestes murinus*