# Zersetzungsstadien bei Wildschweinkadavern – und wie die Liegezeit geschätzt werden kann

## Decomposition stages of wild boar carcasses – and how to estimate the postmortem intervall

Carolina Probst[1]*, Jörn Gethmann[1], Ulf Hohmann[2], Bent Knoll[3], Jens Amendt[4], Jens Peter Teifke[5], Franz J. Conraths[1]

**Schlüsselwörter:** Wildschwein; Sus scrofa; Kadaver; Todeszeichen; Postmortem-Intervall; Erhebungsbogen

**Keywords:** wild boar; Sus scrofa; carcass; decomposition; postmortem interval; checklist

***Zusammenfassung:*** *Bricht die Afrikanische Schweinepest (ASP) in einer Wildschweinpopulation aus, liefert die Schätzung des Todeszeitpunkts der ersten tot aufgefundenen Tiere einen wichtigen Hinweis auf den Eintragszeitpunkt des Virus und ermöglicht es, die Größe des betroffenen Gebiets abzuschätzen. Für die Eingrenzung des postmortem-Intervalls (PMI) beim Wildschwein (Sus scrofa) gibt es jedoch kein standardisiertes Verfahren, da der Zersetzungsprozess und die daraus resultierenden postmortalen Veränderungen von einer Vielzahl verschiedener Faktoren abhängen, allen voran der Temperatur, Luftzutritt, Feuchtigkeit, dem Mikrohabitat und der Aktivität von Aasfressern. Daher bleibt die PMI-Abschätzung stets eine Einzelfallentscheidung und oft ungenau. In diesem Beitrag beschreiben wir anhand einer Reihe von Beispielen Wildschweinkadaver in unterschiedlichen Zersetzungszuständen und erläutern Einschätzungen zu ihrer Liegezeit. Im zweiten Abschnitt stellen wir einen Erhebungsbogen vor, der am Fundort eines verendet aufgefundenen Wildschweins genutzt werden kann, um auch zu einem späteren Zeitpunkt eine nachvollziehbare und möglichst genaue Schätzung des PMI zu ermöglichen. Besonders wichtig ist die fotografische Dokumentation des Kadavers und seiner Umgebung („ein Bild sagt mehr als tausend Worte").*

***Summary:*** *In the event of an outbreak of African swine fever (ASF) in a wild boar population, estimating the postmortem interval (PMI) of the first animals found dead in the field can serve as an important indicator to assess the time of disease introduction and the extent of the affected area. However, little is known about the decomposition process of wild boar (Sus scrofa), which depends on many different factors, including temperature, humidity, microhabitat and scavenger activity. Thus, systematic guidelines for PMI estimation in wild boar have so far not been available. Estimating the PMI in wild boar remains a process that depends on individual circumstances and it is often not precise. Based on several examples, we here describe the visual appearance of wild boar carcasses in different decomposition stages and explain assessments of their PMI. In the second part, we present a checklist tailored to wild boar carcasses found in the field that may later provide the basis for a reasonable and relatively accurate PMI estimate. The photographic documentation of the carcass and its surrounding is particularly important ("a picture is worth a thousand words").*

### Einleitung

Die Gefahr einer Einschleppung von Afrikanischer Schweinepest (ASP) nach Deutschland wird angesichts der aktuellen Seuchensituation in Europa als hoch eingeschätzt (FLI 2019). Da die ASP bei Haus- und Wildschweinen zu einer Mortalität von bis zu 100 % führen kann (Blome et al. 2013), ist die Meldung von aufgefundenem Fallwild an die zuständige Behörde, beispielsweise über die kostenfreie App tierfund-kataster.de eine wichtige Säule der Früherkennung.

Nach § 14a (1) Schweinepest-Verordnung[1] führt die zuständige Behörde im Falle eines Verdachts auf ASP bei einem Wildschwein epidemiologische Nachforschungen durch. Gemäß § 5 Absatz 1 Tiergesundheitsgesetz[2] gehört dazu auch die Ermittlung des Zeitpunkts der Einschleppung der Tierseuche. Um den Einschleppungszeitpunkt der ASP in eine Wildschweinpopulation zu ermitteln, werden Informationen zur Inkubationszeit, Krankheitsdauer und zum postmortem-Intervall (PMI) der ersten aufgefundenen ASP-positiven Wildschweinkadaver benötigt. Das PMI ist der Zeitraum zwischen Verenden eines Tieres und Auffinden seines Kadavers. Für die Abschätzung des PMI bei Wildschweinkadavern gibt es bislang wenige wissenschaftliche Studien. Trotzdem ist es sinnvoll, den Todeszeitpunkt zu schätzen, bevor die Gebietskulisse (Kerngebiet bzw. gefährdetes Gebiet nach § 14d Absatz 2 Satz 1 Nummer 1 und 2 Schweinepest-Verordnung) festgelegt wird.

Zur PMI-Schätzung müssen die Todeszeichen sowie intrinsische und extrinsische Einflussfaktoren berücksichtigt werden.

Unter **Todeszeichen** (Leichenerscheinungen) werden die Veränderungen zusammengefasst, die sich nach dem Gesamttod entwickeln und bereits am ungeöffneten Körper zu erkennen sind. Todeszeichen im engeren Sinne sind Totenblässe, Totenkälte, Totenauge, Totenstarre sowie durch Autolyse, Fäulnis oder Austrocknung bedingte Veränderungen,

1) Friedrich-Loeffler-Institut, Institut für Epidemiologie, Greifswald-Insel Riems

2) Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft, Forschungsgruppe Wildökologie, Trippstadt

3) Stadtforst der Universtitäts- und Hansestadt Greifswald

4) Goethe-Universität, Institut für Rechtsmedizin, Frankfurt am Main

5) FLI, Abteilung für experimentelle Tierhaltung und Biosicherheit, Greifswald-Insel Riems

[1] „Schweinepest-Verordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 16. Dezember 2018 (BGBl. I S. 2594)"

[2] Tiergesundheitsgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 21. November 2018 (BGBl. I S. 1938), das zuletzt durch Artikel 100 des Gesetzes vom 20. November 2019 (BGBl. I S. 1626) geändert worden ist.

die letztlich zur Zersetzung der Leiche führen (Weiss 1990). Der Zersetzungsprozess wird von zahlreichen Faktoren beeinflusst, die sich in ihrer Summe schwer vorhersagbar auf den Gesamtablauf auswirken. Deshalb sind alle Methoden zur Schätzung des PMI ungenau, wobei das Schätzintervall und der Grad der Ungenauigkeit mit zunehmendem PMI zunehmen (Merck and Miller 2012).

Zu den **intrinsischen** Faktoren gehören u.a. Körpergröße und Körpergewicht (Sutherland et al. 2013). Bei großen Kadavern ist die Fäulnis ausgeprägter als bei kleinen, was sich in einem früheren Einsetzen und einer länger anhaltenden Phase der mikrobiellen Gasblähung manifestiert (Matuszewski et al. 2014). Bei Neugeborenen laufen Fäulnisprozesse langsamer ab (Roberts and Dabbs 2015), Wunden beschleunigen sie (Campobasso et al. 2001).

Zu den **extrinsischen** Faktoren gehören Temperatur, Sonneneinstrahlung, Niederschlag, Luftzutritt, Luftfeuchtigkeit, Wind, Bodenbeschaffenheit etc. (Carter et al. 2010, Lutz et al. 2019) sowie die Aktivität von Aasfressern (Rescher 2014). Je niedriger die Temperatur, umso langsamer laufen Fäulnis und Verwesung ab und umso weniger aktiv sind die an ihr beteiligten Insekten. Dann ist die Wahrscheinlichkeit geringer, dass sie einen Kadaver entdecken, und der Besiedlungszeitpunkt verschiebt sich nach hinten. Auch die Entwicklungsgeschwindigkeit vom Ei zum adulten Insekt verlangsamt sich. In der kalten, insektenarmen Jahreszeit kann sich die Zersetzung eines Wildschweinkadavers über mehrere Wochen hinziehen, während in der warmen Jahreszeit Maden in der Lage sind, mehrere Tonnen Schweinekadaver binnen weniger Tage zu skelettieren, wie ein außergewöhnliches Experiment kürzlich gezeigt hat (Lashley et al. 2018). Feuchtigkeit in Bodennähe bzw. Wasser kann den Zersetzungsprozess beschleunigen oder bremsen, abhängig davon ob der Kadaver an der Oberfläche oder komplett untergetaucht ist, sowie von der Menge des Wassers, dessen Temperatur, Salzgehalt und pH-Wert (van Daalen et al. 2017, Ayers 2019). Dies ist von Bedeutung für ASP-infizierte Tiere, da diese häufig die Nähe zu Wasserquellen bzw. kühlen, feuchten Rückzugsorten suchen (Morelle et al. 2019). Sterben sie dort, können ihre Körper ggf. besser konserviert bleiben als solche, die auf trockener Oberfläche verwesen (Rattenbury 2018). Werden Kadaver begraben, hängt ihre Zersetzungsgeschwindigkeit vor allem von der Temperatur, der Bodenbeschaffenheit und -zusammensetzung sowie der Grabtiefe ab (VanLaerhoven and Anderson 1999, Marais-Werner et al. 2017).

Kommen Aasfresser ins Spiel, ist der Zersetzungsprozess besonders variabel. Selbst in der gleichen Region und unter ähnlichen Wetterbedingungen kann er sich über einen Zeitraum von wenigen Tagen bis mehreren Monaten erstrecken (Probst et al. 2019a). Aasfresser können innerhalb kurzer Zeit größere Mengen Innereien vertilgen, Muskulatur lösen, das Knochengerüst freilegen und Gliedmaßen exartikulieren (Probst et al. 2019b). Dadurch wird der weitere Zersetzungsablauf erheblich beschleunigt. Die Ergebnisse forensischer Studien, die üblicherweise Kadaver in Käfigen vor Aasfressern schützen, sind also nicht direkt auf Situationen in freier Wildbahn übertragbar.

Den Begriff „Aasfresser“ verwenden wir in diesem Artikel für Wirbeltiere, die sich zumindest zeitweise den leichten Zugang zu Nahrung in Form eines Kadavers zunutze machen und sich von Tieren ernähren, die sie nicht selbst getötet haben. So fassen wir unter diesen Begriff insbesondere Rotfüchse (*Vulpes vulpes*), Marderhunde (*Nyctereutes procyonoides*) und Waschbären (*Procyon lotor*), die auch aktive Jäger sind, Nagetiere wie Schermäuse (*Arvicola terrestris*), die an Knochen nagen um sich mit Kalzium zu versorgen, Vögel wie Seeadler (*Haliaeetus albicilla*), die sich hauptsächlich von Fischen ernähren, Kolkraben (*Corvus corax*) und Elstern (*Pica pica*), die im Sommer vorwiegend Prädatoren und im Herbst Pflanzenfresser sind, sowie kleinere Singvögel wie Amseln (*Turdus merula*), Kohlmeisen (*Parus major*) und Rotkehlchen (*Erithacus rubecula*).

Alle Todeszeichen und wichtigen Einflussfaktoren zu erheben bzw. abzuschätzen, in ihrer Bedeutung abzuwägen und letztlich das PMI einzugrenzen, ist eine große Herausforderung. Zahlreiche Referenzdaten zur Verwesung und Insektensukzession basieren auf forensischen Studien an Hausschweinen (*Sus scrofa domesticus*) (Matuszewski et al. 2020). Der Zersetzungsablauf bei Wildschweinen wurde bisher nicht systematisch analysiert, erste Untersuchungen deuten aber darauf hin, dass er langsamer abläuft als bei Hausschweinen (Probst et al. 2020). Ursache dafür könnte die widerstandsfähigere Körperdecke sein, die die Bauchhöhle vor Aasfressern und Aasinsekten schützt und möglicherweise durch das feuchte, sauerstoffarme Milieu die Bildung von Fettwachs (Adipocire) fördert.

In diesem Beitrag beschreiben wir Wildschweinkadaver in unterschiedlichen Zersetzungsstadien und erläutern Hypothesen zu ihrer Liegezeit. Im zweiten Teil stellen wir einen Erhebungsbogen vor, der unter www.fli.de veröffentlicht ist und mit dem eine einheitliche Datengrundlage geschaffen wird, um (i) auch zu einem späteren Zeitpunkt weitere Experten in die PMI-Schätzung einbeziehen und (ii) die Schwankungsbreite zwischen geschätztem minimalen und maximalen PMI reduzieren zu können.

## Forensische Methoden zur Bestimmung des PMI

Forensikern stehen zahlreiche, auf unterschiedlichen Ansätzen beruhende Methoden zur Verfügung, um den Todeszeitpunkt einer Leiche zu ermitteln. Sie umfassen entomologische, physiologische, mikroskopische, molekulare, biochemische und mikrobielle Untersuchungen (Henssge and Madea 2007).

Ähnlich wie bei der intravital auftretenden „Myiasis“, der Fliegenmadenkrankheit, die durch Larven der Familien

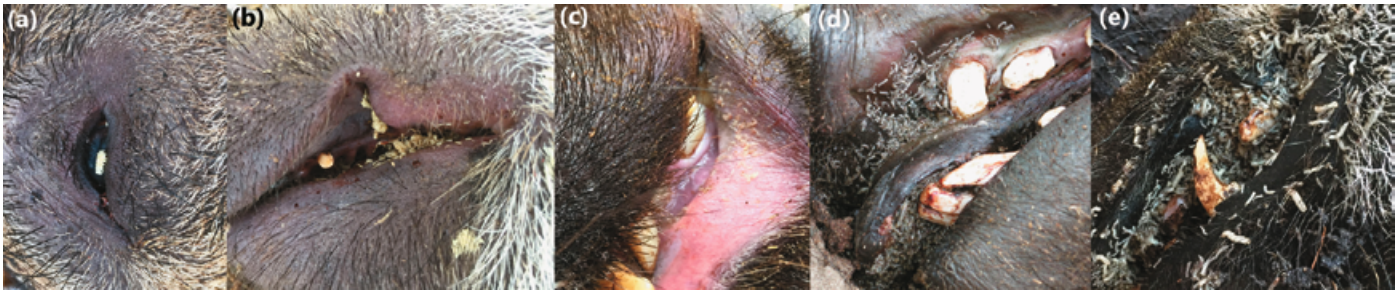


***Abbildung 1:*** *Erste Insekten-Besiedlung an einem Wildschweinkadaver. In der warmen Jahreszeit werden die ersten Fliegeneier bereits am ersten Tag an Auge* ***(a)*** *und Maul* ***(b)*** *abgelegt. Einen Tag später ist das erste Larvenstadium aus dem Ei geschlüpft* ***(c)****, wiederum einen Tag später hat sich das zweite Larvenstadium aus dem ersten entwickelt* ***(d)*** *und das dritte aus dem zweiten* ***(e)****. Fliegenlarven sind durchsichtig, so dass der dunkle Brei in ihrem Verdauungstrakt erkennbar ist.*

*Calliphoridae* (Goldfliegen, Schmeißfliegen) und *Sarcophagidae* (Fleischfliegen) verursacht und bei der im Auftreten der verschiedenen Fliegen eine bestimmte Reihenfolge (Sukzession) beobachtet wird, zieht auch ein Kadaver in seinen verschiedenen Zersetzungsstadien verschiedene nekrophage und nekrophile Gliederfüßer (Arthropoden) an (Amendt et al. 2013). Daher ist vor allem während der Insektenaktiven Zeit (in Deutschland etwa April bis Oktober) die forensische Entomologie die zuverlässigste Methode, um in den ersten vier bis sechs Wochen post-mortem das PMI auf den Tag genau einzugrenzen (Amendt et al. 2011).

Zu den ersten Ankömmlingen gehören in unseren Breitengraden die metallisch grünen Goldfliegen (*Lucilia* spp.). Diese beginnen je nach Temperatur bereits nach wenigen Minuten damit, winzige Eier an feuchten Stellen (Augen, Maul, Ohren, Anus, Wunden) abzulegen (**Abbildung 1a**, **b**). Von frischen bzw. in der frühen Verwesung befindlichen Kadavern profitieren auch die Maden anderer Schmeiß- und Fleischfliegen. Später besuchen andere Fliegengruppen wie z.B. Käse- oder Latrinenfliegen (*Piophilidae, Fanniidae*), Aaskäfer (*Silphidae*), Kurzflügelkäfer (*Staphylinidae*), Stutzkäfer (*Histeridae*), parasitische Wespen (*Hymenoptera*), Spinnen, Milben und Ameisen in Intervallen den Kadaver (Goff 2009). An mumifizierten Kadavern finden sich vor allem Pelz-, Schinken-, Teppich- und Totengräberkäfer. Speckkäfer (*Dermestidae*) verwerten schließlich Knorpel, Fell, Haut und Sehnen, weshalb sie in Museen für die Skelettpräparation genutzt werden (Silverman 2018).

Zusätzlich zur Artzusammensetzung liefert auch das Alter der ältesten gefundenen Entwicklungsstadien der Insekten einen Hinweis auf das PMI, da die Zeiträume, in denen sich Fliegen und Käfer über Ei, Larve und Puppe zu ausgewachsenen Insekten entwickeln, temperaturabhängig sind. Ist es warm genug, schlüpfen die Eier der Schmeißfliege bereits nach acht Stunden. Anschließend häuten sie sich zweimal hintereinander, etwa einmal am Tag, um in ihrem dritten Larvenstadium deutlich an Größe zuzunehmen (**Abbildung 1c, d**). Dann stellen die Larven die Ernährung ein und die meisten Arten verlassen einzeln oder in Gruppen den Kadaver (**Abbildung 2a, b**). Im umliegenden Boden bildet jede Fliegenlarve ein Tönnchen (**Abbildung 2c, d**) (die Verpuppung der Käfer findet ohne solch eine Hülle statt), und entwickelt sich zum adulten Insekt (Amendt et al. 2013). Diese Metamorphose nimmt je nach Temperatur unterschiedlich viel Zeit in Anspruch. Ein weiterer Aspekt, der bei der PMI-Abschätzung Berücksichtigung finden muss, ist die Artspezifität der Entwicklung: Ein und dieselbe Temperatur bedingt je nach Insektenart eine andere Wachstumsrate. In Abhängigkeit von Temperatur und Art benötigt ein Zyklus vom abgelegten Ei bis zur fertig entwickelten Fliege in unseren Breiten ca. 2-6 Wochen. Käfer brauchen oft deutlich länger.

Durch die Mischung aus Zersetzungsflüssigkeit und Stoffwechselprodukten von Bakterien, Pilzen, Protozoen und Gliederfüßern entsteht um den Kadaver herum eine so genannte Zersetzungsinsel (Carter 2005, Carter et al. 2007). Durch die Änderungen der Bodenzusammensetzung (Feuchte, pH-Wert etc.) verschiebt sich das Mengenverhältnis der Bodenorganismen, was man sich ebenfalls zur PMI-Bestimmung zunutze machen kann (Benninger et al. 2008, Pechal et al. 2014, Larizza 2010).

Im Fall eines ASP-Ausbruchs sind die oben zitierten Untersuchungen kaum anwendbar, da andere Maßnahmen (Bergung des Kadavers, Festlegung der Restriktionsgebiete und Bekämpfungsmaßnahmen, Ermittlungen im Ausbruchsgebiet, Öffentlichkeitsarbeit, etc.) Priorität haben, während der PMI-Bestimmung oft wenig Aufmerksamkeit geschenkt wird und es meist bei einer ersten visuellen Inspektion bleibt. Deshalb beschränken wir uns im Folgenden auf die morphologischen Merkmale der Verwesung.

**Postmortale Veränderungen**

In den ersten ein bis zwei Tagen nach Todeseintritt erlauben die so genannten frühen Todeszeichen bzw. Todeszeichen im engeren Sinne (Totenkälte, einsetzende Totenstarre) sowie Blutsenkung, postmortale Blutgerinnung oder Hämolyse, Totenblässe der Haut, Austrocknung der Schleimhäute und Totenauge mit Tonusverlust der Augäpfel sowie glanzlos trübe Hornhaut relativ sichere Rückschlüsse auf das Alter einer Leiche. Im Rahmen eines ASP-Ausbruchs sind sie jedoch weniger relevant als in der Kriminalistik, da hier das PMI nicht auf die Stunde genau beziffert werden muss. Falls ein Kadaver bereits in den ersten 24 Stunden nach Todeseintritt gefunden wird (was eher unwahrscheinlich ist, da er häufig erst durch den Fäulnisgeruch auffällt), wäre es ausreichend, seinen Zersetzungsgrad als „frisch“ zu bezeichnen und das PMI auf ein bis zwei Tage einzugrenzen. Eine größere Relevanz besitzen die später einsetzenden postmortalen Veränderungen, die vor allem durch die Aktivität von Insekten und Aasfressern verursacht werden und die wir in den folgenden Beispielen beschreiben.

Kadaver stellen für Bakterien, Pilze, Arthropoden, Vögel und Säugetiere eine wertvolle Lebensgrundlage dar, sei es als Nahrungsquelle, Brutstätte, Schutzraum oder Jagdrevier. Da diese Organismen wiederum ihre eigenen Fressfeinde anlocken, entwickeln sich an einem Kadaver komplexe, miteinander in Wechselwirkung stehende Nahrungsnetze, die in zahlreichen Studien untersucht und besonders eindrucksvoll in einem kürzlich veröffentlichten Buch (Heinrich 2019) beschrieben sind.

***Abbildung 2:*** ***(a)*** *In ca. 1 m Entfernung von einem Kadaver abwandernde Fliegenmaden auf Waldboden.* ***(b)*** *Von Fliegenmaden (3. Stadium) überdeckter Kadaver eines Frischlings (14 Tage PMI) in einer Suhle; Unterkiefer bereits skelettiert; abwandernde Fliegenmaden treiben im Wasser.* ***(c)*** *Tönnchenpuppe einer Fliege, Fund auf Waldboden, ca. 1 m von einem Kadaver in fortgeschrittener Verwesung entfernt.* ***(d)*** *Tönnchenpuppe einer Fliege unter dem Lichtmikroskop.*

***Abbildung 3:*** *Zersetzung eines Keilers (80 kg, † 01. April, Skelettierung nach ca. zehn Wochen). Der Kadaver wurde zum Großteil von Aasfressern verwertet: ab Tag 1 von Fuchs und Rotmilan (Milvus milvus), ab Tag 2 von Kolkraben und ab Tag 3 von Marder und Marderhund.* ***(a)*** *Tag 6: Frühe Verwesung. Haut am Rumpf gespannt, Totenflecken (Livores) am Abdomen deutlich sichtbar; Bauchdecke geschlossen und aufgebläht; Austritt von Flüssigkeit aus Nase und Maul.* ***(b)*** *Tag 21: Fortgeschrittene Verwesung. Mikrobielle Gase sind durch die von Aasfressern im Analbereich geschaffene Öffnung entwichen, der Körper ist erschlafft.* ***(c)*** *Tag 31: Aasfresser haben die Bauchdecke eröffnet und damit begonnen, Innereien und Muskulatur zu entfernen; Erste Knochen liegen frei; Borsten fallen büschelweise aus.* ***(d)*** *Tag 41: Großteil der Weichteile ist entfernt, die verbliebenen Gewebe sind hart und trocken.* ***(e)*** *Tag 63: Rumpf in der Skelettierung, Kopf in fortgeschrittener Verwesung; Haut am Abdomen mumifiziert.* ***(f)*** *Tag 68 und* ***(g)*** *Tag 73: Fortschreitende Skelettierung; Alopezie; mumifizierte Haut.* ***(h)*** *Tag 85 Abgeschlossene Skelettierung; einzelne blanke Knochen liegen verstreut im Umkreis von wenigen Metern.*

***Abbildung 4:*** *Zersetzung eines Überläufers (35 kg, † 18. Mai, Skelettierung nach zwei Wochen). Der Kadaver wurde nahezu vollständig von Maden verwertet. Zwar wurde der Standort regelmäßig von Marderhund (ab Tag 2), Fuchs (ab Tag 5) und Rotmilan (ab Tag 2) aufgesucht, diese nahmen jedoch keinen Kontakt zum Kadaver auf.* ***(a)*** *Tag 6: Frühe Verwesung. Ansammlungen von Fliegeneiern und Maden als weiße Flecken auf der gesamten Körperoberfläche sichtbar; mikrobielle Gase sind über die durch die Madenaktivität porös gewordene Haut entwichen.* ***(b)*** *Tag 9: Fortgeschrittene Verwesung. Körperhöhle mit Madenmassen gefüllt. Diese wanderten an Tag 14 in großen Mengen über Kopf und Analbereich in das umgebende Erdreich aus, so dass nur der vordere Teil des Brustkorbs übrigblieb.* ***(c)*** *Tag 16: Mit Ausnahme der (noch in früher Zersetzung befindlichen) Vordergliedmaßen ist die Skelettierung abgeschlossen (mosaikartige Zersetzung). Deutlich sichtbar ist der skelettierte Unterkiefer und einzelne, lose Knochen, wenige Fellbüschel und die dunkel verfärbte, feuchte Zersetzungsinsel mit einzelnen Maden.* ***(d)*** *Tag 21: Trockene Zersetzungsinsel.*

***Abbildung 5:*** *Zersetzung eines Keilers (80 kg, † 05. Juli, Skelettierung nach knapp zwei Wochen). Der Kadaver wurde zum Großteil von Maden sowie von Marderhund (ab Tag 1) und Fuchs (ab Tag 7) verwertet.* ***(a)*** *Tag 4: Frühe Verwesung. Obere Hautschicht im Nabelbereich von Fliegenmaden durchbrochen, Fäulnisgase sind jedoch noch nicht vollständig aus der Bauchhöhle entwichen.* ***(b)*** *Tag 8: Schädel und Hintergliedmaßen nahezu vollständig skelettiert, Rumpf und Vordergliedmaßen in fortgeschrittener Verwesung (mosaikartige Zersetzung). Deutlich sichtbar die dunkel verfärbte, feuchte Zersetzungsinsel.* ***(c)*** *Tag 12: Skelettierung abgeschlossen; Zersetzungsinsel schmierig-feucht und mit zahlreichen organischen Restbestandteilen.* ***(d)*** *Tag 14: Zersetzungsinsel in Trocknung begriffen. Übrig sind der blanke Schädel sowie einzelne, lose Knochen und ein Stück Haut mit Fell. Schädel und Wirbelknochen bleiben, falls sie nicht von Aasfressern (oder Trophäenjägern) verschleppt werden, am längsten erhalten.*

***Abbildung 6:*** *Zersetzung eines Keilers (80 kg, † 19. August, Skelettierung nach zehn Tagen; Video unter www.fli.de). Der Kadaver wurde praktisch vollständig von Maden verwertet. Tag 2: Beginn der Blähung. Ab Tag 5 besuchte der Fuchs den Kadaver, hielt aber zunächst Abstand; erst ab Tag 7 (als sich der Kadaver bereits in fortgeschrittener Verwesung/ beginnender Skelettierung befand) fing der Fuchs an, Haut abzuziehen. Marderhunde erschienen ab Tag 6, aber sie näherten sich dem Kadaver immer nur kurz.* ***(a)*** *Tag 3: Frühe Verwesung. Höhepunkt der Blähung, Kadaver liegt fast auf dem Rücken; Deutlicher Fliegenmadenbefall an allen Körperöffnungen. Ab Tag 4 Entweichen der Fäulnisgase. Ab Tag 5 war der gesamte Kadaver mit großen Madenmengen bedeckt, erste Madenwelle schwärmte in den umliegenden Boden aus.* ***(b)*** *Tag 6: Fortgeschrittene Verwesung. Deutlicher Masseverlust und Kollaps des Tierkörpers.* ***(c)*** *Tag 8: Skelettierung im Rumpfbereich weitestgehend abgeschlossen; Hintergliedmaßen in fortgeschrittener Verwesung, während z.B. die Skapula bereits sauber skelettiert ist; Zersetzungsinsel breiig.* ***(d)*** *Tag 22: Lose Knochen, ausgeschuhte Klauen und Fell übrig; Zersetzungsinsel trocken und mit Laub bedeckt.*

***Abbildung 7:*** *Momentaufnahmen unterschiedlicher Zersetzungszustände drei verschiedener Tiere. (a-b) Frischling (15 kg, † 28. Januar), der hauptsächlich von Bussarden und Raben, später auch von Marderhunden (ab Tag 7), Schermäusen (ab Tag 19) und Fuchs (ab Tag 27) verwertet wurde.* ***(a)*** *Tag 9: Frühe Verwesung. Körperdecke weitestgehend intakt; keine Hinweise auf Fäulnis oder Insektenaktivität.* ***(b)*** *Tag 17: Skelettierung abgeschlossen. Aasfresser haben den Kadaver bis auf die Körperdecke, eine Gliedmaße, Wirbelsäule und einzelne Knochen reduziert.* ***(c)*** *Überläufer (40 kg, Auslage 17. Juni), der hauptsächlich von Maden und von einer achtköpfigen Familie Marderhunde verwertet wurde. Tag 3: Frühe Verwesung. Kadaver aufgebläht, Haut bläulich-grün verfärbt, rege Insektenaktivität, Schädel nahezu skelettiert (mosaikartige Zersetzung).* ***(d)*** *Überläufer (60 kg, Auslage 18. September), der hauptsächlich von Maden und, in geringerem Maße, von Marderhunden verwertet wurde. Tag 5: Fortgeschrittene Verwesung. In knapp zwei Wochen war die Skelettierung abgeschlossen.*

***Abbildung 8:*** *Zersetzung eines Überläufers in einer trockenen Periode (40 kg, † 19. Juni, obere Reihe) vs. einer Periode mit hoher Luftfeuchtigkeit/ Niederschlagsmenge (30 kg, † 05. August, untere Reihe) unter Ausschluss großer Aasfresser. In der warmen Jahreszeit schreitet die Zersetzung allein durch die Metabolisierung durch Insekten sehr rasch voran.* ***(a, e)*** *Tag 4: Frühe Verwesung. Geschlossene Bauchdecke, abstehende Gliedmaßen (Blähstadium); Fliegenmaden an allen Körperöffnungen (v.a. im Maul erkennbar).* ***(b, f)*** *Tag 6: Mosaikartige Zersetzung: Schädel bereits skelettiert, Rumpf in fortgeschrittener Zersetzung (Weichteile verflüssigen sich, dadurch deutlicher Masseverlust und Kollaps des Tierkörpers); Zersetzungsinsel deutlich erkennbar (Zersetzungsflüssigkeit, Borsten, migrierende Fliegenmaden).* ***(c, g)*** *Tag 8: Erste Extremitäten-Knochen sichtbar. Ist der Tierkörper Trockenheit ausgesetzt, verliert er deutlich schneller an Volumen, die Weichteile mumifizieren* ***(c)****. Bei Regen erhalten die Weichteile eine pastöse Konsistenz, der Masseverlust ist deutlich weniger ausgeprägt* ***(g)****.* ***(d)*** *Tag 28: Am trockenen Tierkörper ist die Körperdecke weitgehend erhalten, das innere Zersetzungsstadium wäre nur durch Anheben des Bauchlappens beurteilbar.* ***(h)*** *Tag 30: Am Tierkörper, der starkem Regen ausgesetzt war, ist die Skelettierung weitestgehend abgeschlossen; Haut, Borsten und wenige Gewebereste übrig. Da keine großen Aasfresser beteiligt waren, liegen die Skelettteile beider Tiere an der anatomisch korrekten Position.*

An der Zersetzung eines Kadavers sind folgende Prozesse beteiligt: Autolyse (Auflösung durch körpereigene Enzyme), Fäulnis (mikrobieller Abbau in Abwesenheit von Sauerstoff), Verwesung (in Anwesenheit von Sauerstoff) und Nutzung durch Aasfresser. Wird der mikrobielle Gewebeabbau gehemmt, kommt es bei Wassermangel (zum Beispiel bei Trockenheit oder Dauerfrost) zur Mumifizierung und bei Sauerstoffmangel (zum Beispiel im Wasser oder in feuchtem Lehmboden) zur Fettwachsbildung (Leichenwachs, Adipocire) (Byard and Tsokos 2013, Ubelaker and Zarenko 2011, Benbow et al. 2016). Fettwachs ist eine gräulichweiße, anfänglich schmierig-weiche, später krümelig-feste bis harte Substanz. Bei Wildschweinkadavern, die in Käfigen vor großen Aasfressern geschützt waren, wurde die Bildung von Fettwachs immer dann beobachtet, wenn sie im Spätsommer ausgelegt wurden und die Bauchhöhle nicht rasch genug (vor dem ersten Kälteeinbruch) durch mikrobielle Prozesse, Insekten oder Nagetiere eröffnet wurde. Das Fettwachs führte dazu, dass sich die weitere Zersetzung verlangsamte oder sogar ganz zum Erliegen kam und die äußere Körperform über lange Zeit (in einem Fall über zwei Jahre) fast vollständig erhalten blieb (Probst et al. 2020).

## 1. Beispiele für Wildschweinkadaver in unterschiedlichen Zersetzungsstadien

**Abbildungen 3 bis 6** zeigen den Zersetzungsablauf von Wildschweinkadavern, die – im Rahmen einer Studie zum Verhalten von Wildschweinen gegenüber ihren toten Artgenossen – in Waldlichtungen in der Umgebung von Greifswald ausgelegt und dadurch Aasfressern ausgesetzt wurden (Tag der Auslage = † Tag 1) (Probst et al. 2017). **Abbildung 7** zeigt Momentaufnahmen von drei weiteren Kadavern aus dieser Freilandstudie.

**Abbildungen 8 bis 10** zeigen den Zersetzungsablauf von Wildschweinkadavern, die – im Rahmen einer Studie zur Anwendbarkeit von Infrarotkameras bei der Fallwildsuche – auf einem vor Kaninchen (und somit großen Aasfressern) geschützten Baumschulgelände ausgelegt wurden. **Abbildung 8** zeigt die Zersetzung während der Insekten-aktiven Zeit in einer Trockenphase vs. einer von Gewittern und Regengüssen geprägten Periode. **Abbildung 9** zeigt die Zersetzung gegen Ende der Insekten-aktiven Zeit an einem sonnigen vs. schattigen Standort. **Abbildung 10** zeigt, welche Menge Kadaversubstanz Mäuse in der kalten Jahreszeit entfernen können.

Häufig steht für die PMI-Bestimmung eines Wildschweinkadavers nur ein einzelnes

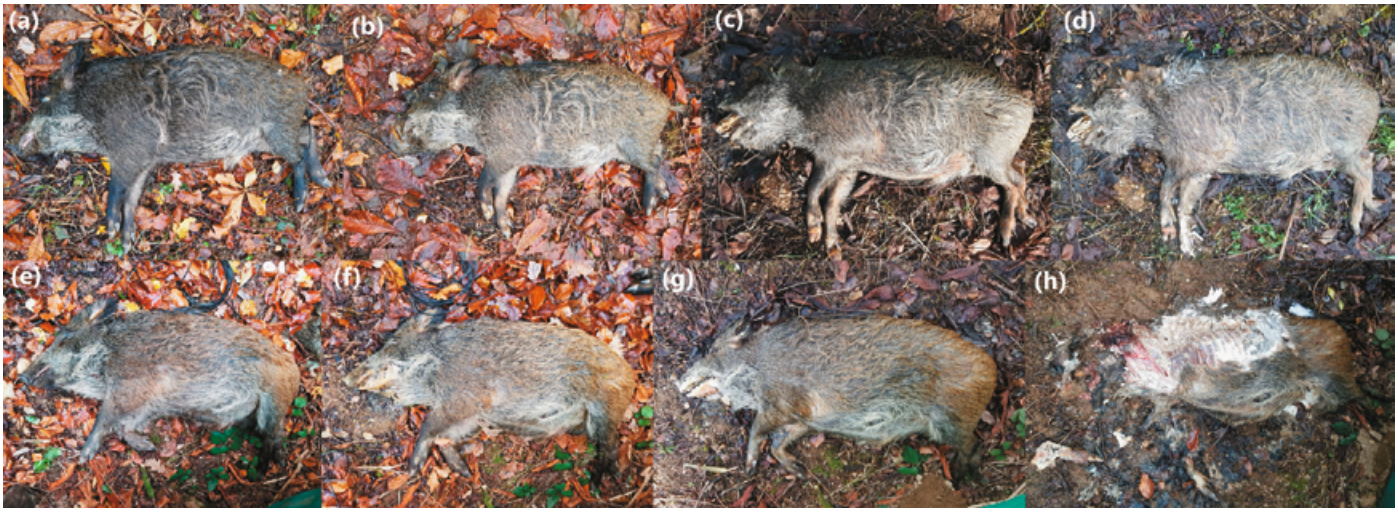


***Abbildung 9:*** *Zersetzung eines Überläufers an der Sonne (25 kg, obere Reihe) und im Schatten (25 kg, untere Reihe) († 30. Oktober). Tag 9* ***(a, e)*** *Tag 48* ***(b, f)*** *Tag 109* ***(c, g)*** *Tag 144* ***(d, h)****. Die Kadaver wurden zu Beginn der insektenarmen Jahreszeit ausgelegt und vor großen Aasfressern geschützt. Das heißt, die Zersetzung wurde hauptsächlich durch Autolyse und die Einwirkung kleiner Aasfresser verursacht. Solange weder Insekten noch größere Aasfresser aktiv werden, ist der Unterschied im Winter zwischen sonnigem und schattigem Standort kaum wahrnehmbar. Bei beiden Tieren schritt die Zersetzung am raschesten am Maul fort, jedoch insgesamt sehr langsam. Bleiben im Winter größere Aasfresser aus (obere Reihe), können fünf Monate vergehen, ohne dass sich das äußere Erscheinungsbild des Kadavers wesentlich ändert. Die Freilegung von Knochen und Exartikulation von Gliedmaßen nach fünf Monaten Liegezeit* ***(h)*** *ist das Ergebnis von Mäusefraß.*

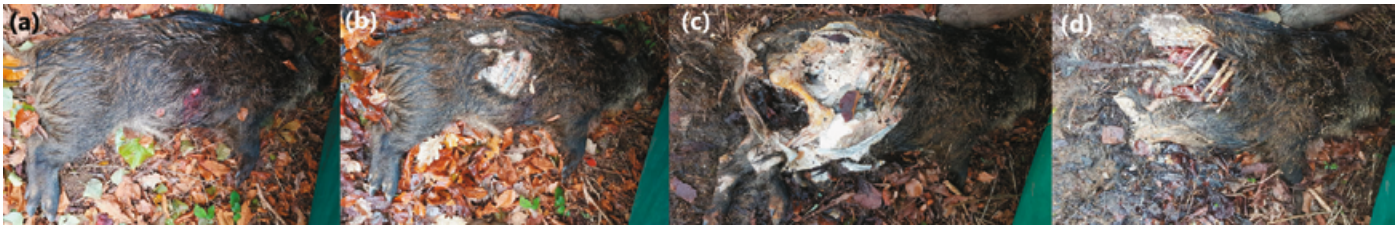


***Abbildung 10:*** *Zersetzung eines Überläufers (25 kg, † 21. November) unter Ausschluss großer Aasfresser. Ähnlich wie in Abbildung 9, wurde auch dieses Tier hauptsächlich durch körpereigene Enzyme und Bakterien sowie Nagetieren metabolisiert.* ***(a)*** *Tag 5: Mit Ausnahme der Schusswunde nahezu intakter Tierkörper.* ***(b)*** *Tag 25: Punktuelle Einwirkung von Nagetieren: Rippenbögen unter abgenagter Haut erkennbar, restlicher Tierkörper nahezu intakt.* ***(c)*** *Tag 87: Mosaikartige Zersetzung: Hintere Körperhälfte in beginnender Skelettierung, vordere Hälfte unverändert.* ***(d)*** *Tag 122: Hintere Hälfte des Kadavers ist skelettiert bzw. entfernt, während die vordere Hälfte nahezu unverändert scheint. Der Gewebeschwund in* ***(b)*** *bis* ***(d)*** *wurde durch Mäuse verursacht.*

Foto zur Verfügung. Abgesehen davon, dass in so einer Situation die lokalen Bedingungen wie Temperatur oder vorkommende Aasfresser und Details wie Geruch, Konsistenz oder Insektenaktivität nicht bekannt sind, wird die „Remote-Diagnose“ dadurch erschwert, dass die Bilder oft unscharf sind, den Kadaver nicht vollständig abbilden oder in zu großer Entfernung vom Kadaver aufgenommen wurden. Die geschätzten Intervalle sind dann sehr groß und kaum aussagekräftig. Gleichwohl ist jedes Bild eine wertvolle Informationsquelle und meist besser als eine schriftliche Beschreibung. In **Abbildungen 11 bis 13** erläutern wir anhand einer Reihe von Beispielen von Fallwild in unterschiedlichen Zersetzungsstadien die Hinweise, die in einem Bild enthalten sein und wie sie in die Hypothesengenerierung einfließen können. **Abbildung 14** zeigt Beispiele für die Einwirkung von Nagetieren.

## 2. Erhebungsbogen für verendet aufgefundene Wildschweine

Falls keine Abschätzung des PMI direkt am Fundort des Kadavers durch eine erfahrene Person möglich ist, sollten alle relevanten, vor Ort verfügbaren Informationen fotografisch und schriftlich dokumentiert werden, insbesondere der Zustand und die Umgebung des Kadavers. Später können diese Daten durch die Wetterdaten (z.B. über den Deutschen Wetterdienst) im geschätzten Zeitfenster (Tage bis Monate, abhängig vom Zersetzungsgrad) ergänzt werden (v.a. Temperatur, Niederschlag, Luftfeuchtigkeit und Windgeschwindigkeit). Auf dieser Datengrundlage kann zu einem späteren Zeitpunkt das PMI (Minimum und Maximum) eingegrenzt werden. Um sicherzustellen, dass alle relevanten Daten erhoben werden, sollte die Erhebung bei ausreichenden Lichtverhältnissen erfolgen. Zudem empfehlen wir die Nutzung eines standardisierten Erhebungsbogens, wie er auf www.fli.de zu finden ist. Dieser ist in zwei Abschnitte unterteilt und wird im Folgenden beschrieben.

### 2.1. Wesentliche Daten

Die „**wesentlichen Daten**“ sind für eine grobe PMI-Einschätzung unerlässlich und umfassen (1) das Funddatum, (2) den Fundort und (3) den Kadaver und seine Umgebung dokumentierende Fotos.

Im Wald kann die Bestimmung der XY-Koordinaten des Fundorts schwierig sein, da hier an vielen Stellen das GPS-Signal nicht genügend durchdringt bzw. nur wenige Satelliten empfangen werden. In diesem Fall kann der Fundort – falls man keinen speziellen GPS-Empfänger besitzt, der ein landgestütztes Korrektursignal empfängt – analog auf einer Landkarte mit einem Punkt markiert und die Karte dem Erhebungsbogen beigefügt werden. Später kann eine Digitalisierung des Fundorts erfolgen. Umgekehrt sollte bei der Auswertung bedacht werden, dass die angegebenen XY-Koordinaten möglicherweise nicht mit dem Fundort übereinstimmen, sondern mit dem nächsten Ort, an dem wieder ein GPS-Signal empfangen wurde. Hilfreich ist es, ein Gerät (z.B. Smartphone) zu nutzen, das über Geotagging verfügt, bei dem die geographischen Koordinaten den Bildinformationen automatisch zugeordnet werden.

Bei der fotografischen Dokumentation des Kadavers ist folgendes zu beachten: Laien sollten Kadaver nicht anfassen. Falls möglich, sollte jedoch (zum Beispiel zum Zeitpunkt der Bergung) auch der Boden unter dem Kadaver fotografiert werden. Falls die Bauchdecke geöffnet ist, kann eine geschulte Person unter Einhaltung von Biosicherheitsmaßnahmen (Einmalhandschuhe) die obenliegenden Gliedmaßen anheben, um das Innere der Körperhöhle zu fotografieren. Grund für diese Untersuchung bzw. Dokumentation ist, dass die Körperdecke dem Tierkörper über lange Zeit ein voluminöses Aussehen verleihen kann. Dadurch suggeriert der äußere Anblick eines Kadavers einen niedrigen Zersetzungsgrad, auch wenn nekrophage Insekten über natürliche Öffnungen ins Körperinnere eingedrungen sind und die inneren Gewebe bereits abgebaut haben. Wenn der Kada-

***Abbildung 11:*** *Im Rahmen des ASP-Geschehens 2017/2018 in der Tschechischen Republik in der Region Zlín aufgefundene Falltiere.* ***(a)*** *Frischling in frischem Stadium; Maulbereich von Fliegeneiern und Maden mazeriert; grünliche Verfärbung des Abdomens. Geschätzte Liegezeit 2-5 Tage.* ***(b)*** *Frischling ähnlich wie (a), nur ist der Maulbereich noch nicht so stark von Maden befallen. Geschätzte Liegezeit 1-5 Tage.* ***(c)*** *Frischling in früher Verwesung; Augenhöhle leer; dunkle Verfärbung des Bodens durch ausgetretene Flüssigkeit aus Maul und Nase; geschätzte Liegezeit länger als* ***(b)****, aber nicht länger als eine Woche.* ***(d)*** *Bache in früher Verwesung; stark aufgeblähtes Abdomen, rötlich-bläuliche Verfärbung der Haut, zahlreiche Fliegen; Fliegenmaden und Eier im Maulbereich. Geschätzte Liegezeit wenige Tage.* ***(e)*** *Reste von Fell, wenig mumifizierte Haut, einzelne Knochen, vermutlich von einem Frischling; trockene Zersetzungsinsel. Wären Aasfresser aktiv gewesen, lägen die Überreste nicht so dicht und ordentlich beieinander. Geschätzte Liegezeit 1-6 Wochen, je nach Wetterbedingungen.* ***(f)*** *Zum Großteil erhaltene, mumifizierte Haut, skelettierter Schädel und losgelöste Fellreste. Auch hier scheinen keine Aasfresser aktiv gewesen zu sein, die Skelettteile liegen nahezu unberührt an „ihrem Platz“. Geschätzte Liegezeit wenige Wochen.* ***(g)*** *In einem Wassergraben zum Großteil erhaltenes Skelett eines erwachsenen Wildschweins. Bemerkenswert ist, dass die einzelnen Schwanzwirbel noch in Reih und Glied liegen. Geschätzte Liegezeit mindestens drei Monate. Falls der Fund also im Herbst war, könnte das Tier im Frühsommer gestorben sein. Treibt ein Kadaver in einem Fließgewässer oder See, können auch Seevögel, Fische, Schnecken oder Krebse an der Zersetzung beteiligt gewesen sein.* ***(h)*** *Einzelne Reste skelettierter Knochen, die zusammen mit Erdreich vom Fundort entfernt wurden. Geschätztes Alter der Knochen mehrere Monate.*

***Abbildung 12:*** *Im Rahmen des ASP-Geschehens 2019/2020 in West-Polen aufgefundene Falltiere (© Veterinärbehörden in Wschowa, Zielona Góra und Nowa Sól).* ***(a)*** *Überläufer, Fund im November 2019. Mosaikartige Zersetzung, vermutlich durch größere Aasfresser verursacht (Fuchs, Marderhund, Wolf o.ä.). Hüftknochen leicht blutig und skelettiert; Hintergliedmaßen entfernt (vermutlich auch die inneren Organe). Auch wenn die vordere Körperhälfte nahezu intakt scheint, kann die Liegezeit eine bis mehrere Wochen betragen haben. Falls Reste von Insektenaktivität vorhanden wären, könnte das Tier zum Ende der insektenaktiven Zeit verstorben sein, in diesem Fall würde das geschätzte PMI mindestens vier Wochen betragen.* ***(b)*** *Weibliches Tier, Fund am 14. Januar 2020. Beide Hinterschinken entfernt, Hüftknochen liegen frei. Die großflächige Läsion im Maulbereich könnte durch Nagetiere verursacht worden sein. Vermutete Liegezeit wenige Tage bis mehrere Wochen.* ***(c)*** *Frischling, Fund am 13. Januar 2020. Frisches Blut an der Nase möglicherweise Folge einer Verletzung (Verkehrsunfall) oder (falls schaumig) eines Lungenödems. Vermutete Liegezeit wenige Tage.* ***(d)*** *Fund am 13. Januar 2020. Lediglich der (offenbar intakte) Rücken des Tieres ist sichtbar. Möglicherweise ist der Kadaver im frischen Stadium, Wasserleichen können jedoch u.U. länger konserviert bleiben als Kadaver, die auf einer trockenen Oberfläche verwesen. Die Liegezeit kann wenige Tage bis mehrere Wochen betragen haben.* ***(e)*** *Überläufer (80 kg angegeben), Fund am 9. März 2020. Entweder das Tier hat sich im Sterben unter die Baumwurzeln gelegt oder ein Aasfresser hat es in die Nähe seines Baus gezogen. Makroskopisch sind keine Anzeichen für Fraß- oder Insektenspuren erkennbar, der Kadaver könnte noch im frischen Stadium sein. Vermutete Liegezeit wenige Tage bis wenige Wochen.* ***(f)*** *Frischling (40 kg), Fund am 9. März 2020. Helle Flecken an Auge, Rüsselscheibe und Hautpartien könnten durch Fliegeneier/ Maden verursacht sein, allerdings spricht die Jahreszeit dagegen. Es könnte sich auch um Räude oder Verschmutzung handeln. Vermutete Liegezeit wenige Tage bis wenige Wochen.* ***(g)*** *Frischling (40 kg), Fund am 9. März 2020. Makroskopisch intakt; vermutete Liegezeit wenige Tage bis wenige Wochen.*

***Abbildung 13:*** ***(a)*** *und* ***(b)*** *In Nordrhein-Westfalen aufgefundener, skelettierter Wildschweinkadaver (© Klaus Göbel). Die Bilder wurden uns am 14. November 2019 geschickt mit der Angabe, dass in der Woche vor dem Auffinden tagsüber die Temperatur maximal 6°C betragen und es jede Nacht Bodenfrost gegeben hatte. Es scheint sich um einen Überläufer gehandelt zu haben. Es sind keine Reste von Weichteilen, Kadaverflüssigkeit oder Insektenaktivität zu erkennen (möglicherweise wurde das Skelett von Aasfressern verschleppt). Falls doppelreihige Schartenspuren (durch das Gleiten der Schneidezähne über Muskulatur oder Knochen) sichtbar wären, könnte die Skelettierung durch Nagetiere verursacht worden sein. Falls Häutungsreste wie Tönnchenpuppen oder Maden auffindbar wären, könnte dies ein Hinweis sein, dass das Tier spätestens zum Ende der insektenaktiven Periode (ca. Mitte Oktober) gestorben ist. In diesem Fall würde die Liegezeit mindestens vier Wochen betragen. Falls der Kadaver von größeren Aasfressern verwertet wurde (Fuchs, Marderhund, Kolkrabe, Bussard o.ä.), könnte das PMI geringfügig kürzer sein.* ***(c)*** *Am 31. Dezember südlich von Greifswald aufgefundener Kadaver. Mosaikartige Skelettierung: Vordere zwei Drittel des Körpers inkl. Schädel fortgeschrittene Verwesung bzw. Skelettierung, hinteres Drittel inkl. Hinterläufe nahezu intakt. Dies ist ein typisches Bild nach der Einwirkung großer Aasfresser. Liegezeit lässt sich daher schwer schätzen, vermutlich mindestens vier Wochen.* ***(d)*** *Am 03. Januar in Belgien bei einer Temperatur von 3°C aufgefundener, vollständig skelettierter Schädel eines Wildschweins (© Annick Linden, Université de Liège, Belgien). Die saubere Skelettierung deutet darauf hin, dass das Tier während der insektenaktiven Periode (also spätestens Ende September) gestorben ist, möglicherweise aber auch deutlich früher.*

ver also nur von außen begutachtet wird, kann das PMI leicht unterschätzt werden. Vor allem bei adulten, gut genährten Tieren und im Winter, wenn die Speckschwarte besonders dick ist, oder bei Keilern, deren Schulterpartie mit einem Schild geschützt ist, kann es daher sinnvoll sein, den Bauchlappen hochzuheben, um den inneren Zersetzungsgrad zu begutachten.

Bezüglich der Umgebung sind folgende Aufnahmen wertvoll: (i) Das weitere Umfeld (zum Beispiel sonniger Garten im Stadtgebiet, Suhle in dunkler Fichtendickung, abgeerntetes Maisfeld). Das Umfeld erlaubt nicht nur Rückschlüsse auf den Verwesungsablauf und damit auch den Todeszeitpunkt, sondern liefert unter Umständen auch Hinweise zur Eintragsursache. (ii) Der Boden um den Kadaver (zum Beispiel Ameisenhaufen, Fuchsbau, abgewanderte Fliegenlarven). Dieser kann Hinweise auf die Anwesenheit von Aasfressern und die Aktivität von Insekten liefern bzw. Rückschlüsse auf die Liegezeit erlauben (Goff 2009, Matuszewski et al. 2008).

### 2.2. Ergänzende Angaben

Die „**zusätzlichen Angaben**" dienen dazu, das PMI weiter einzuengen. Sie beinhalten Angaben (4) zum geschätzten Gewicht des Tieres zu Lebzeiten, (5) zur Umgebung, (6) zum Erscheinungsbild des Kadavers, (7) zu insektenkundlichen Spuren, (8) zur Zersetzungsinsel sowie (9) zur Aktivität von Aasfressern. Alle Punkte bieten vorformulierte Merkmale oder Kategorien an, so dass ein geringer Schreibaufwand erforderlich ist. Mit Ausnahme von Punkt (4) sind Mehrfachnennungen möglich. Punkt (10) ist ein frei auszufüllendes Feld für Bemerkungen.

#### Erscheinungsbild des Kadavers

Forensiker unterscheiden mindestens vier Zersetzungs- oder Verwesungsstadien: frisch, frühe Verwesung (aufgeblähtes Abdomen durch anaerobe Produktion mikrobieller Gase), fortgeschrittene Verwesung (nur noch wenige Reste von Innereinen und Körpermuskulatur übrig) und Skelettierung (Payne 1965). Die Übergänge zwischen den einzelnen Stadien sind jedoch oft nicht eindeutig definierbar und unterschiedliche Körperteile können sich zum gleichen Zeitpunkt in unterschiedlichen Stadien befinden (Matuszewski et al. 2010). Um solche mosaikartigen Abläufe abzubilden, wird in aktuellen Studien der Zersetzungsgrad von Kopf, Rumpf und Gliedmaßen separat gewertet (Moffatt et al. 2016). Um diese Vorgehensweise auf Wildschweine anwenden zu können, haben wir ein ursprünglich für menschliche Leichen entwickeltes System (Galloway et al. 1989, Megyesi et al. 2005), das später für Hausschweinkadaver weiterentwickelt wurde (Keough et al. 2017), genutzt. Dabei wurde die Liste der morphologischen Merkmale modifiziert und auf die auffälligsten reduziert, da nicht alle Veränderungen, die bei menschlichen Leichen bzw. Hausschweinkadavern auftreten bzw. sichtbar sind, auch auf das Wildschwein zutreffen. Im Vergleich zum Original sind im angepassten Schema folgende Änderungen erfolgt:

- Da Totenflecken bei Wildschweinen aufgrund des Borstenkleids nur eingeschränkt sichtbar sind, wurden die für menschliche Leichen und Hausschweinkadaver relevanten, unterschiedlichen Hautverfärbungsmerkmale zu einem einzigen Merkmal zusammengefasst.
- Stattdessen wurde die Öffnung der Bauchhöhle als zusätzliches Merkmal (der späten Zersetzung) eingefügt.
- Anders als beim Menschen ist der Hals beim Wildschwein weniger markant, weshalb er nicht als separate Körperregion begutachtet wird. Beim Austritt von Zersetzungsflüssigkeit wird auch nicht nach Mund/ Nase/ Augen unterschieden.
- Beim Wildschwein können auch in fortgeschrittenen Zersetzungsstadien die Knochen komplett mit getrockneter Haut bedeckt und somit nicht sichtbar bzw. auch für einen geschulten Laien nicht im Detail beschreibbar sein. Deshalb wurden im angepassten Schema die unterschiedlichen Merkmalsausprägungen verwesender Knochen von zehn auf vier reduziert.

#### Insektenkundliche Spuren

Ursprünglich war geplant, aus den Daten forensischer Studien (am Hausschwein) eine Handlungsanweisung für die PMI-Bestimmung beim Wildschwein abzuleiten, zumal vor allem die forensische Entomologie über eine Reihe vielversprechender und zukunftsweisender Methoden verfügt. Jedoch stellte sich heraus, dass diese für Zwecke der Tierseuchenbekämpfung nicht praktikabel sind und daher vermutlich auch in absehbarer Zukunft nicht etabliert werden.

- Das liegt zunächst daran, dass am Fundort des Kadavers eine fachlich korrekte Asservierung insektenkundlicher Spuren stattfinden müsste. Diese ist nicht trivial (Amendt et al. 2013) und kann im Kontext der Tierseuchenbekämpfung nicht erwartet werden. Deshalb halten wir im Tierseuchenfall Übersichts- und Nahaufnahmen der Insekten am Kadaver für realistischer, um die Insektenmenge zu dokumentieren und eventuell einen Eindruck über die Artenvielfalt zu erhalten.
- Für die Interpretation insektenkundlicher Spuren ist ein umfangreiches Wissen über die Spezieszusammensetzung der lokalen Aasfauna und ihrer Entwicklungszeiten unter bestimmten Umweltbedingungen sowie über die saisonalen Sukzessions-Abläufe notwendig. Auch dieses wird selten zur Verfügung stehen bzw. in Anspruch genommen werden können.
- Die meisten forensischen Studien werden im Sommer durchgeführt. Im Winter und bei langen Liegezeiten sind entomologische Methoden von begrenztem Nutzen. In freier Wildbahn kommen jedoch Kadaver das ganze Jahr über vor (und sind stets auch Aasfressern ausgesetzt). Deshalb empfehlen wir, anders als beim Hausschwein üblich, die Insektenaktivität unabhängig

***Abbildung 14:*** *Beispiele für Einwirkung von Nagetieren.* ***(a)*** *Frische Läsion an der Rüsselscheibe durch Mäuse verursacht; PMI 13 Tage.* ***(b)*** *Gleicher Kadaver wie in* ***(a)****; 9 Tage später haben die Mäuse den Unterkiefer freigelegt.* ***(c)*** *Frische Läsion am Vorderlauf durch Ratten verursacht; PMI 60 Tage.* ***(d)*** *Alopezie an Hintergliedmaße, durch Ratten verursacht, die möglicherweise das Fell für den Nestbau nutzten; PMI 25 Tage.*

vom Zersetzungsgrad des Kadavers zu erheben.
– Aufgrund der umfangreichen Analysen dauert die entomologische Untersuchung zu lange, um im Ausbruchsfall auf die Ergebnisse zu warten.

**Zersetzungsinsel**

Bei langen Liegezeiten und falls der Kadaver nicht von der Stelle bewegt wurde, können Merkmale der Zersetzungsinsel Rückschlüsse auf den Todeszeitpunkt zulassen. Die Zersetzungsinsel ist das Resultat der Bildung von Kadaverflüssigkeiten und Abbauprodukten der den Kadaver abbauenden Organismen. Die Größe der Zersetzungsinsel hängt ab von der Größe des Kadavers, der Menge an Organismen sowie der Bodenbeschaffenheit (Carter et al. 2007). Schwarz verfärbte Erde von teerartiger Konsistenz mit abgestorbenen Pflanzen können ein Hinweis auf fortgeschrittene Verwesung sein.

**Hinweise auf Aasfresser**

Um die Einwirkung vertebrater Aasfresser einschätzen zu können, sind genaue Kenntnisse über ihr regionales und lokales Vorkommen, ihre Lebensgewohnheiten, Verhaltensweisen, ihrem aktuellen Fortpflanzungsstadium sowie dem anthropogenen und natürlichen Nahrungsangebot notwendig. Zusätzlich sind Erfahrungen in der Deutung von Trittsiegeln, Losung sowie Fraß-, Nage- und Pickspuren hilfreich. Auch hier können Fotos wichtige Hinweise liefern.

**Weitere Angaben**

In der Kommentarleiste können weitere Beobachtungen notiert werden, beispielsweise, wie stark der Fundort von Spaziergängern, Waldarbeitern, Trophäensuchern, Pilzsammlern o.ä. frequentiert ist; wie gut getarnt oder sichtbar der Kadaver war oder wie wahrscheinlich es (zum Beispiel aufgrund der Wetterlage) war, dass er überhaupt entdeckt werden konnte. Bei einem Kadaver an einem frequentierten Waldweg kann das PMI möglicherweise stärker eingegrenzt werden als bei einem vergleichbaren Kadaver an einer abgelegenen Suhle.

**3. Fazit und Ausblick**

Im Falle eines ASP-Ausbruchs in eine Wildschweinpopulation ist die zuständige Behörde für die Schätzung des Eintragszeitpunktes des Virus und damit auch des PMI von tot aufgefundenen Wildschweinen zuständig. Für eine genaue PMI-Abschätzung sind jedoch interdisziplinäre, zeitaufwändige und kostenintensive Untersuchungen sowie speziesspezifische Erfahrung und Ortskunde nötig. Hinzu kommt, dass bisherige Erfahrungen mit der Zersetzung von Wildschweinen, die Aasfressern ausgesetzt sind, zum Teil den Ergebnissen von Studien an Hausschweinen widersprechen, sodass Erkenntnisse aus forensischen Studien nicht unmittelbar auf Wildschweine übertragen werden können. Für das Wildschwein existiert deshalb noch kein Leitfaden zur PMI-Abschätzung, der gleichzeitig einen hohen Genauigkeitsgrad aufweisen müsste und im ASP-Ausbruchsfall praktikabel sein sollte. Hinzu kommt, dass die zuständigen Behörden in der Regel keine geschulten Experten haben, um diese Einschätzung vornehmen zu können.

Aasfresser und nekrophage Insekten spielen eine entscheidende Rolle bei der natürlichen Metabolisierung von Kadavern. Wir wagen daher an dieser Stelle die Hypothese, dass die gezielte Unterschutzstellung einheimischer Aasfresser und nekrophager Insekten ein langfristig geeigneter Ansatz sein könnte, um im ASP-Ausbruchsfall das Problem der Kadaversuche und Entfernung in schwer zugänglichen Gebieten zumindest zu entschärfen und das Risiko der Etablierung und weiteren Ausbreitung des ASP-Virus zu verringern.

Der vorgestellte Erhebungsbogen ist ein Versuch, aus der Vielzahl an relevanten Daten zumindest die wichtigsten aufzulisten und systematisch zu erfassen. Da die PMI-Abschätzung beim Wildschwein noch nicht ausreichend erforscht ist, hat das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft ein Entscheidungshilfeverfahren bewilligt, in dem unter Beteiligung des FLI eine Verwesungsstudie im Nationalpark Bayerischer Wald durchgeführt wird. Das auf drei Jahre angelegte Projekt wird im Juni 2020 starten und die Möglichkeit bieten, den Zersetzungsablauf von zahlreichen Wildschweinkadavern unter natürlichen Bedingungen detailliert zu untersuchen.

**Danksagung**

Wir danken den Tierärzten der Region Zlín und insbesondere František Mahdalík für die Genehmigung, Bilder von Fallwild in der Tschechischen Republik zu veröffentlichen. Für die Genehmigung, Bilder von Fallwild in Polen nutzen zu dürfen, danken wir den Veterinärbehörden in Wschowa, Zielona Góra und Nowa Sól. Bei Mandy Jörn bedanken wir uns für die schöne Mikroskop-Fotografie der Tönnchenpuppe.

*Literatur bei den Verfassern*

***Kontaktanschrift:***

*Dr. Carolina Probst*
*Friedrich-Loeffler-Institut*
*Bundesforschungsinstitut*
*für Tiergesundheit*
*Institut für Epidemiologie*
*Südufer 10*
*17493 Greifswald – Insel Riems*
*Telefon: +49 38351 71856*
*E-Mail: carolina.probst@fli.de*
*Internet: https://www.fli.de/*