

# Der etwas andere «Waldfriedhof»

## Schweine im Dienst forensischer Medizin

Der Borstentiere Lebenszweck heisst meistens Wurst und Speck. Doch in einem internationalen Forschungsprojekt der Universität Neuenburg dienen sie der Verbrechenaufklärung, weil sie bezüglich vieler Parameter den Menschen nahestehen und weil dieser Wissenschaftszweig in der Schweiz tote menschliche «Probanden» von Gesetzes wegen nicht zur Verfügung hat. Als geeignetes Freiluft-Forschungslabor wurde der Wald gewählt. Nun gibt es erste Resultate.

Wenn Spaziergänger oder Pilzsammler im Wald auf eine Leiche oder deren Überreste stossen, oder wenn die Wildhuten den Kadaver eines gewilderten Tiers (zumal einer geschützten Tierart) findet, stellt sich den Ermittlungsbehörden bei der Aufklärung des Verbrechens respektive des Frefels die Frage des Todeszeitpunkts. Doch so simpel einfach, wie dies im TV-Krimi zelebriert wird, ist es in Wirklichkeit nicht. Bereits nach zwei bis drei Tagen stossen die üblichen medizinischen Methoden – Beurteilung von Körpertemperatur, Leichenstarre und Totenflecken – an Grenzen.

Von Heini Hofmann

### Aasfressende (nekrophage) Insekten

Weiterhelfen kann jetzt die forensische Entomologie (Insektenkunde), die anhand der Leichenbesiedlung durch nekrophage, also Aas fressende Insekten Hinweise auf Leichenliegezeit, Todesursache und Todesumstände liefert, zum Beispiel ob die Leiche verstellt wurde oder Medikamente oder Gifte enthielt. Längere Liegezeiten einer Leiche können also anhand des Alters und des gestaffelten Auftretens der Insekten und ihrer Entwicklungsstadien eingegrenzt werden – im optimalen Fall auf den Tag genau bis zu vier bis sechs Wochen nach Todeseintritt.

Für den postmortalen Zersetzungsprozess eines organischen Körpers sind unter anderem Bakterien, Pilze und Insekten verantwortlich. Bei letzteren handelt es sich meistens um Jugendstadien, zum Beispiel die aus den Eiern geschlüpften Maden von Schmeiss-, Käse- und Fleischfliegen. Die Zeitspanne, die diese Maden für ihre Entwicklung unter definierten Umweltfaktoren benötigen, sind artspezifisch ermittelt. Käfer wie Aas-, Kurzflügel- und Stutzkäfer besiedeln eine Leiche später, da sie sich von Fliegenmaden ernähren. Auf Leichen in trockenem Zustand sind es vor allem Pelz-, Schinken-, Speck-, Teppich- und Totengräberkäfer. Während Maden für die Bestimmung kürzerer Zeitintervalle hilfreich sind, lassen sich mit Käfern nur Aussagen über grössere Zeiträume machen.

### Taphonomie = Verwesungsforschung

Wird ein Leichnam erst nach vielen Wochen oder Monaten gefunden, kann auch die Insektenkunde nicht weiterhelfen. Jetzt kommt die aus der Archäologie bekannte Taphonomie zum Zug, die sich mit Verwesungs- und Fossilisierungsprozessen eines Organismus befasst. Hilfreich ist vor allem die Erkenntnis, dass die Verwesung die Chemie und das Mikroklima des Bodens unter der Leiche verändert, was wiederum die dort lebende Mikrofauna beeinflusst.

Bisher waren bodenkundliche Untersuchungen vor allem von Interesse, wenn es um die Verknüpfung von Tatort und Täter ging, beispielsweise beim Vergleich der Erde im Schuhprofil des Verdächtigen mit dem Erdreich am Tatort. Jetzt aber interessiert man sich zunehmend für die im Boden unter der Leiche lebenden Organismen, um langfristige Liegezeiten einzugrenzen.



Die nur bescheiden umfriedete Versuchsanordnung in einem Laubwald nahe bei Neuenburg mit den durch Maschendrahtkäfige gegen Raubwild geschützten Verrottungsstadien von Schweinen. (Bild: Edward Mitchell)



Versuchsstart 2013 mit 13 toten Hausschweinen: v.l. die Forscherinnen Nina Feddern (Fliegen und Käfer), Ildikò Szelez (Schalenamöben) und Franziska Sorge (Nematoden). (Bild: Edward Mitchell)

### **Biologie einer «Verwesungsinsel»**

Bei der Verwesung eines Leichnams erfolgt eine Veränderung des Ökosystems im Boden durch die austretenden Kadaverflüssigkeiten und den damit verbundenen «Nährstoffeintrag» ins Erdreich – ein reicher Cocktail unter anderem aus Kohlenstoff, Stickstoff, Phosphor, Kalzium und Magnesium. Folge davon ist eine Veränderung des pH-Wertes, was sich auf die Lebensbedingungen der Bodenorganismen und damit auf deren Auftreten oder Verschwinden auswirkt, was messbar ist.

Die Forscher sprechen dabei in ihrem «Fleddererjargon» von einer «Verwesungsinsel» unter der Leiche. Je weiter jedoch die Zersetzung fortschreitet und damit die Skelettierung eintritt, desto mehr nimmt dieser Eintrag dann auch wieder ab und es erfolgt graduelle Rückkehr zu «normalen» Bedingungen. Daraus lassen sich – anhand biologischer und chemischer Marker – Rückschlüsse für noch längere Liegezeiten von Verbrechensleichen herauslesen.

### **Beantragte Tierexperimente**

Um diesen Gesetzmässigkeiten auf die Spur zu kommen und den Forensikern einen brauchbaren Raster für Todeszeitpunkt-Bestimmungen zu liefern, bedurfte es einer Versuchsanordnung. Das war, wegen den zu erwartenden Geruchsimmissionen, kein leichtes Unterfangen. Doch die Diplombiologin Ildikò Szelez (in Deutschland aufgewachsen, mit ungarischen Wurzeln), die an der Universität Neuenburg im Labor für Bodenbiodiversität arbeitet, wurde schliesslich fündig



Die Verwesungsstadien von Schweinekadavern: A frisch, B aufgedunsen, C aktive Fäulnis, D fortgeschrittene Zersetzung, E Trockenstadium, F Knochenüberreste nach 6 Wochen Liegezeit. (Bild: Ildikò Szelez)

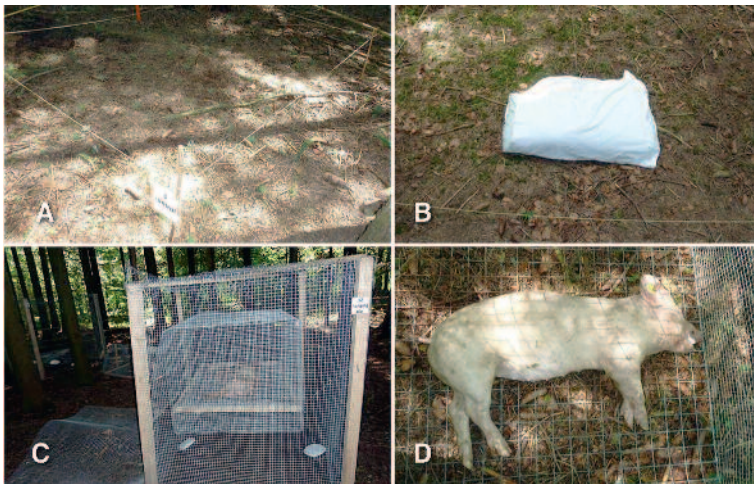
und richtete eine solche in einem abgelegenen Laubwald in der Nähe der Stadt Neuenburg ein.

Dabei handelt es sich um beantragte Tierexperimente. In einem umfriedeten, auf kleinen Hinweisschildchen als wissenschaftliches Experiment bezeichneten Bereich wurden – in Ermangelung menschlicher Leichen – in einem Langzeitversuch dreizehn tote Hausschweine ausgelegt, die sich als menschliche Ersatzleichen deshalb besonders gut eignen, weil sich die beiden Lebewesen in manchen biologischen Parametern sehr ähnlich sind. Die Tierkadaver wurden unterschiedlich platziert, hängend, erhöht auf einem Roost oder direkt auf dem Waldboden liegend. Auch eine Versuchsanordnung mit Rehwild wurde angelegt.

### **Langzeitversuch über Jahre**

Erstausnlich war allein schon der zeitliche Verlauf der Verrotungsstadien (frisch/aufgedunsen/beginnende und fortgeschrittene Zersetzung/Haut-Knochen-Trockenpräparat/gebleichte Knochenüberreste), je nachdem, ob die Kadaver Bodenkontakt hatten oder nicht. Solche, die direkt auf dem Boden lagen, verrotteten rascher.

Um wissenschaftlicher Objektivität zu genügen, wurden in fünf voneinander getrennten, analogen Versuchsanordnungen mit je einem hängenden und liegenden Schwein, einem «falschen Schwein» (Sandsack) und einer Kontrolle mit normalem Waldboden gearbeitet. In diesem Langzeitversuch wurden – seit 2013 in Intervallen – immer je 20 Bodenproben erhoben, gesamthaft über deren 500. Im Labor dienten sie



Eine von fünf identischen Versuchsanordnungen: A: normaler Waldboden, B: Blindversuch mit «falschem Schwein» (Sandsack), C: Schwein über dem Boden, D: Schwein auf dem Boden. (Bild: Ildikò Szelec)

zur Bestimmung der sich unter Leicheneinfluss verändernden Bodenfauna sowie für chemische und molekulare Analysen, um daraus die Liegezeiten von Leichen zu bestimmen.

### Grenzüberschreitendes Pilotprojekt

In diesem – vom Schweizerischen Nationalfonds unterstützten – Pilotprojekt grenzüberschreitender Kooperation arbeitet Ildikò Szelec vom Labor für Bodenbiodiversität der Universität Neuenburg zusammen mit Wissenschaftlern aus Deutschland (Goethe-Universität Frankfurt), England (Universität Reading) und der Schweiz (Universität Bern).

### Wichtige Top-Indikatoren Schalenamöben und Fadenwürmer

In der «Verwesunginsel» unter einem verrottenden Körper sind von der durch den Nährstoffeintrag aus der Leiche verursachten pH-Verschiebung vor allem die Einzeller namens **Schalenamöben** (z.B. Arcella- und Euglypha-Arten) betroffen, wie Untersuchungen von Ildikò Szelec zeigen. Die unterschiedliche Morphologie ihrer Schalen erlaubt die Identifizierung einzelner Arten; bisher sind deren 2000 beschrieben!

Ein grosser Vorteil dieser winzigen Indikator-Lebewesen ist der Fortbestand ihrer Schale nach dem Tod der Amöbe. Dies erlaubt langfristige Aussagen über Leichenliegezeiten. Ihre weltweite Verbreitung in den unterschiedlichsten Lebensräumen und ihre kurze Generationszeit macht die Schalenamöben zu einer sehr effizienten Indikatorgruppe. Ihre Häufigkeit variiert je nach Habitat; ein Gramm Boden oder Streu enthält zwischen 100 und 10 000 Individuen!

Der andere Hauptindikator sind die von Auge kaum sichtbaren, wenige Millimeter langen, meist durchsichtigen **Fadenwürmer** (Nematoden), die überall im Boden vorkommen. Allein in einer Handvoll Walderde leben rund deren 1000. Im Labor werden sie aus den Bodenproben herausgesiebt und anhand ihrer Mundwerkzeuge sortiert in solche, die Bakterien, Pilze, pflanzliches Material oder andere Nematoden fressen. **hh**



(Bild: Clément Duckert)



(Bild: Franziska Sorge)

Gemeinsame Zielsetzung: Erarbeiten und Zusammenführen von entomologischem und bodenbiologischem Know-how, um damit zu Handen der Forensik länger zurückliegende Todeszeiten zu eruieren. In der Fachsprache ausgedrückt: Bestimmung des postmortalen Intervalls PMI, das heisst der Zeit zwischen Todeszeitpunkt und Auffinden der Leiche.

### Vielversprechende erste Ergebnisse

Von grosser wissenschaftlicher Bedeutung erwiesen sich inzwischen Schalenamöben und Fadenwürmer (vgl. *Kasten*): Unter den Schalenamöben gab es spätestens nach Ablauf von drei Wochen ein Massensterben, weil von den Leichensäften offenbar vergiftet. Später erholte sich die Population wieder; doch das dauerte mehr als ein Jahr. Es gilt jetzt herauszufinden, welche Schalenamöbenarten zuerst verschwinden und welche wann wieder auftauchen, und offenbar gibt es auch solche, die vom einsickernden Saft sogar profitieren.

Dasselbe Massenwechsel-Phänomen zeigte sich bei den Fadenwürmern (Nematoden), wo bereits zwei Wochen nach dem Kadaverauslegen eine klare Dominanz der Bakterienfresser unter ihnen vorlag. Aber schon eine weitere Woche später waren sie zusammen mit allen anderen Fadenwürmern verschwunden und erholten sich dann nur langsam. Nach 1 bis 2 Monaten konnten in den Proben unter den Schweinekadavern Nematodenfamilien nachgewiesen werden, die in keiner der Kontrollproben zu finden waren. Diese Nematoden könnten mögliche Indikatororganismen für Verwesung sein, was in weiteren Experimenten überprüft werden muss.

Jedoch: Zur Bestätigung der Resultate müssten die Versuche mit Menschenleichen verifiziert werden, wie dies in Amerika, Australien und seit kurzem erstmals in Europa, in Holland, schon möglich ist, auf einem forensischen Friedhof (Neudeutsch: Bodyfarm), mit dem Nebeneffekt, dass dort auch Kadaverhunde trainiert werden können. Einen entsprechenden Antrag hat Szelec eingereicht. Ob er je bewilligt wird, ist ungewiss. Sie jedenfalls, als junge Forscherin, hat beschlossen, ihren Körper dereinst dieser Wissenschaft zu spenden: «Dann würde ich dort enden, wo ich mit Freude und Begeisterung gearbeitet habe»; sagt es, lacht und arbeitet weiter. **x**

#### Korrespondenzadresse:

Heini Hofmann  
Zootierarzt und freier  
Wissenschaftspublizist  
Hohlweg 11  
8645 Jona