Hubert Kopeszki ©Österreichischer Naturschutzbund; download unter www.biologiezentrum.at

Auswirkungen von Schadstoffen auf die Bodenfauna

Ursachen – Folgen – Wirkungen

Die Bodenorganismen erfüllen enorm wichtige Aufgaben im Haushalt der Natur. Sie bewerkstelligen nicht nur die Durchmischung und Lockerung des Oberbodens, ebenso bedeutend ist ihre Abbauleistung bei den anfallenden organischen Substanzen.
Ist der Regenwurm als ein Durchwühler des Bodens noch gut bekannt – seine Anwesenheit gilt sowohl unter Landwirten als auch bei Hobbygärtnern als ein Zeichen der Bodengüte – so wird die Bedeutung der übrigen Bodentiere meist weit unterschätzt.
Viele sind aber als Primär- und Sekundärzersetzer, das heißt als Erst- und Folgezersetzer der organischen Substanzen (Streu, Stroh, Laub, Tierleichen...) erheblich an der Mineralisation und somit am Nährstoffkreislauf in den verschiedenen Ökosystemen beteiligt.
Einige Vertreter dieser Bodentiere sind beispielsweise Asseln, Milben, Hundertfüßer, Springschwänze, Beintaster und Insektenlarven.
Während sich in der älteren Literatur oft nur Habitusabbildungen finden, werden in „moderneren" Arbeiten vielfach Hinweise auf die Tätigkeit und das „Aufgabenfeld" der Bodentiere gegeben.

Feuchtes Herbstlaub *Foto: W. Herbst*

Zahlreiche Untersuchungen belegen den Stellenwert der Bodentiere im ökosystemaren Netzwerk (Funke 1986, Dunger 1982, Kühnelt 1957, Peterson 1982). Durch vielfältige ökologische Beziehungen zu anderen Bodenorganismen (Pilzen, Bakterien) sind sie mitverantwortlich für die Bildung, Entwicklung und Fruchtbarkeit des Bodens. Die ökologische Bedeutung der Bodenfauna erahnt man schon beim Betrachten ihrer Häufigkeit. Diese Zahlen lassen erkennen, daß die Bodentiere große Mengen an organischen Substanzen als Nahrung „verbrauchen" und daß somit ein erheblicher Stoff- und Energiefluß im Ökosystem Boden über die Bodenfauna läuft. Dies läßt sich mit Respirationsmessungen (das heißt Kohlendioxidmessungen) relativ einfach nachweisen. Ihre Fraßtätigkeit führt zu einer schrittweisen Zerkleinerung der anfallenden organischen Substanzen.

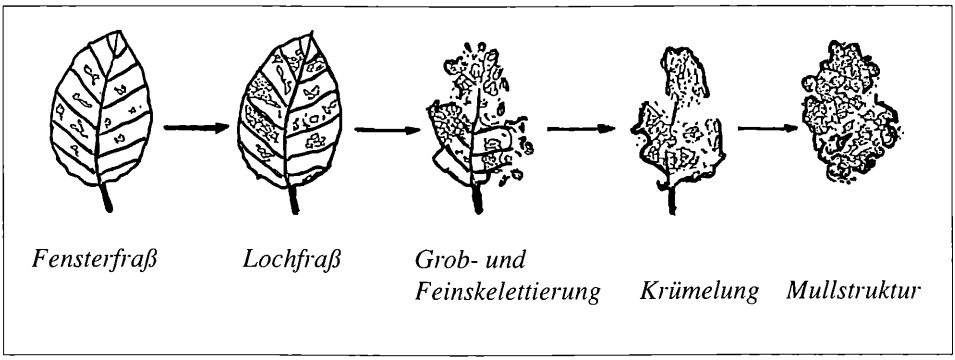


Abbildung 1: Der Abbau des Laubblattes

Wie die Bilder über den Abbau und die Zersetzung eines Laubblattes zeigen (Abb. 1), führt die Fraßtätigkeit der Bodenfauna zu einer stufenweisen Zerkleinerung der Nahrung und letztlich – und das ist das eigentlich Entscheidende – zu einer Freisetzung der in der Nahrung gespeicherten Mineralsalze (Mineralisierung des Laubes). Folglich gehören viele Bodentiere zu jener Gruppe im Ökosystem, die wir Destruenten („Zerkleinerer", „Abbauer") nennen. Diese Gruppe ist neben den grünen Pflanzen (Produzenten) und den davon lebenden Tieren (Konsumenten) die dritte in jedem intakten und ausgewogenen Ökosystem. Sie sind ebenso wie die beiden anderen Gruppen unentbehrlich für die Aufrechterhaltung eines jeden Ökosystems.

Aufgrund ihrer Stellung im Ökosystem wird die Bodenfauna immer mehr Gegenstand ökologischer Forschung. Dabei soll die funktionelle Bedeutung dieser Bodenorganismen für die Bodenbildung und Bodenfruchtbarkeit aufgezeigt werden. In den letzten Jahren versucht man verstärkt Leitformen (sogenannte Bioindikatoren) zu erfassen, mit deren Hilfe die Bodengüte beurteilt werden soll. Vor allem werden solche sensitiven Formen (Arten, Familien) gesucht, die auf bestimmte Schadstoffbelastungen – etwa Versauerung des Bodens – rasch und eindeutig ansprechen.

Die Schadstoffbelastung des Bodens geht auf verschiedenste Quellen zurück. Die Erzeuger und Deponierer sind – egal, welche Gruppe von Schadstoffen betrachtet wird – bewußt oder unbewußt – wir selbst.

Welche Schadstoffe belasten unseren Boden?

ologiezentrum.at

Pestizide: Insektizide, Fungizide, Herbizide, ohne die die heutige Landwirtschaft nicht auszukommen glaubt, und die leider auch vermehrt in der Forstwirtschaft Eingang finden (Blattwespenbefall – Bekämpfung mit Sprühmitteln, die vom Flugzeug aus appliziert werden).

Mineraldünger: Die ausgebrachten Mengen übersteigen bei weitem den eigentlichen Bedarf. Der Dünger verliert seinen ursprünglich positiven Effekt. Durch Bodendegradierung wird in vielen Fällen tatsächlich eine immer höhere Dosis notwendig. Tendenz daher steigend (Abb. 2).

Schwermetalle: Schwermetalle haben wir trotz unverbleitem Treibstoff noch lange nicht im Griff.

Luftschadstoffe: Luftschadstoffe stehen etwas mehr im Gerede; wer die Erzeuger der primär meist gasförmigen Schadstoffe sind, kann schon den Tageszeitungen entnommen werden. Die unangenehme Eigenschaft dieser Stoffe, mit Wasser Säuren zu bilden, beschert uns den sauren Regen.

Sind diese Schadstoffe einmal emittiert, so verhalten sie sich sehr unterschiedlich: Sie können in der Luft verfrachtet, photochemisch abgebaut oder verändert werden, gelangen aber früher oder später auf die Vegetation und schließlich in den Boden. Der Boden erfüllt seine Speicherfunktion indem er:
Schadstoffe filtert, adsorbiert, umbaut oder mit der Bodenlösung in das Grundwasser entläßt. Während ihres mehr oder minder langen Aufenthaltes im Boden schädigen sie aber – je nach Toxizität – sowohl die Vegetation (Wurzel) als auch die Bodenfauna.
Wir kennen heute viele Reaktionserscheinungen der Bodenfauna auf die Schadstoffdeposition. An zwei Beispielen soll im folgenden verdeutlicht werden, wie sensibel die Bodentiere auf Belastung reagieren und mit welchen ökologischen Konsequenzen zu rechnen ist.

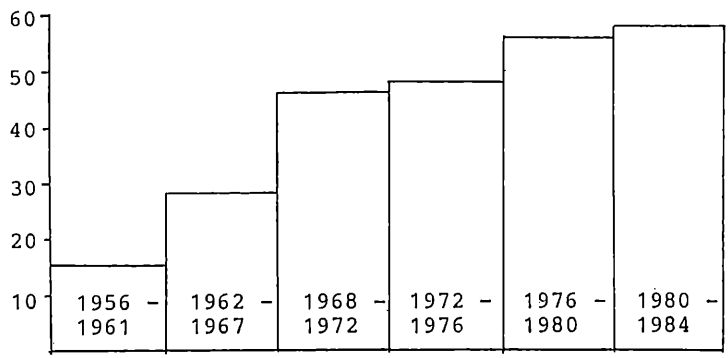


Abbildung 2: Durchschnittlicher jährlicher Aufwand an mineralischem Stickstoff in kg/ha

Säure- und Schwermetalldeposition in Buchenwaldökosystemen:

Wie eingehende Untersuchungen belegten, erfüllen stadtnah gelegene Wälder eine enorme Filterwirkung. Da Buchen bis zu 30 Prozent des Niederschlages als Stammablauf zu Boden leiten, gelangen mit dem Ablaufwasser sehr viele Säuren und Schwermetalle am Stammfuß in den Boden. Die krautige Vegetation stirbt um den Stammfuß flächenhaft ab („Todeskreise"), erschreckende Zeichen eines schwerst geschädigten Bodenökosystems.
An besonders exponierten Wäldern (Exelberg) tritt in Hanglagen ein steiler Säuregradient entlang der Fallinie auf. Eine derart massive Beeinträchtigung des Bodens wirkt sich nicht nur auf die Vegetation aus, sondern beeinträchtigt auch erheblich die Bodenfauna.

Welche Tiergruppen eignen sich in solchen Fällen für eine Bioindikation?

Diese Frage kann mit heutigem Wissensstand nicht verbindlich beantwortet werden. Hierin liegt noch ein weites Betätigungsfeld für die Forschung, dennoch können aber auch jetzt schon mit Hilfe der Bodenfauna einige verläßliche Aussagen über den Bodenzustand getroffen werden.

Die Anforderungen, die an einen tierischen Bioindikator gestellt werden, sind dabei folgende:

Hohe Besiedelungsdichte eines Wohnraumes
Hohe Reproduktionsraten
Annähernd gleichmäßige Verteilung im ungestörten Ökosystem
Empfindlichkeit gegenüber Schadstoffen (Sensitivität ist Voraussetzung)

Die ersten drei Punkte bieten Vorteile in der Praxis.

Mikroskopische Aufnahme eines Fadenwurmes im Interferenzkontrast. *Foto: W. Petz*

Verschiedene Bodenorganismen können dabei für bestimmte Fragestellungen unterschiedlich geeignet sein. Verwendet werden vielfach Einzeller, Fadenwürmer, Regenwürmer und Verwandte, sowie verschiedene Insekten und deren Larven.
Bei den Insekten erfüllen vor allem die Springschwänze (Collembolen) die Anforderungen, die an einen Bioindikator gestellt werden. Sie kommen in großen Mengen in Böden vor, leisten Erhebliches beim Streuabbau, bringen oft mehrere Generationen pro Jahr hervor, haben einen lebensformtypischen Körperbau und leben in engem Kontakt mit dem (kontaminierten) Bodenmaterial und der Bodenlösung.
Betrachtet man in den oben genannten Buchenwäldern (Wienerwald) die Verteilung (Dispersion), Wohndichte (Abundanz) und die Artenzahlen der Collembolen entlang des im Einsickerungsbereich des Buchenstammablauf auftretenden pH- und Schwermetallgradienten, so zeigt sich folgender faunistischer Gradient (Abb. 3):

1) Die Wohndichte sinkt mit Annäherung an den Stammfuß, das heißt mit zunehmender Versauerung des Bodens werden die Tiere „seltener".
2) Die Anzahl der Familien nimmt ab.
3) Nur einzelne schadstofftolerante Formen überleben im stark belasteten Bereich.

Konkret bedeutet das, daß z. B. Tullbergiinen – genauer die Art Mesaphorura hylophila – im sauren Bereich überlebt, sie hat dort offensichtlich Vorteile gegenüber anderen Arten, daß aber die Isotomiden stark reduziert werden und erst wieder in erheblicher Entfernung vom Stammfuß zuträgliche Lebensbedingungen finden.

Einen deutlichen Gradienten zeigen auch die Beintastler (Proturen). Ihre Anwesenheit erlaubt Rückschlüsse auf die Mykorrhiza im Boden. Sie können daher ebenfalls für eine Bodenzustandsdiagnose herangezogen werden.

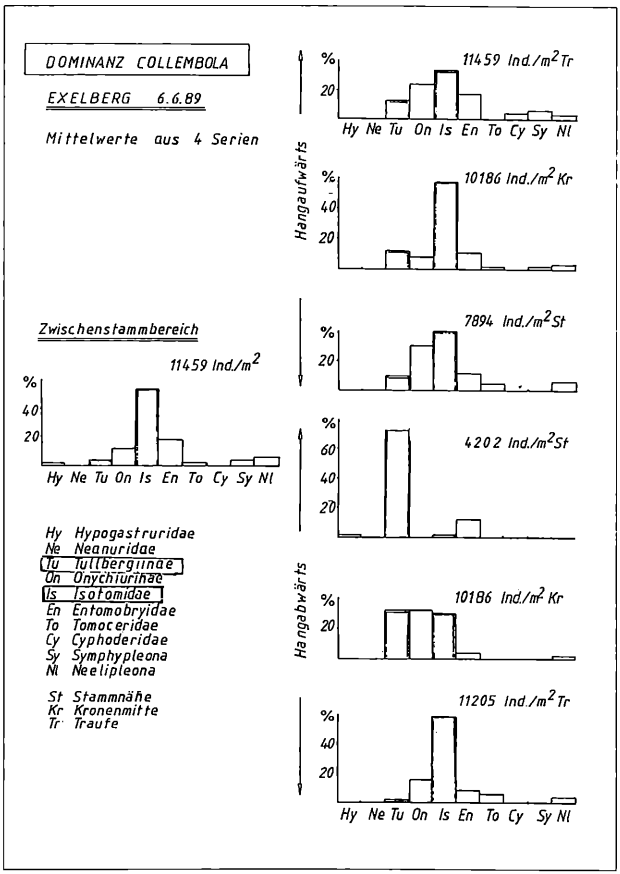
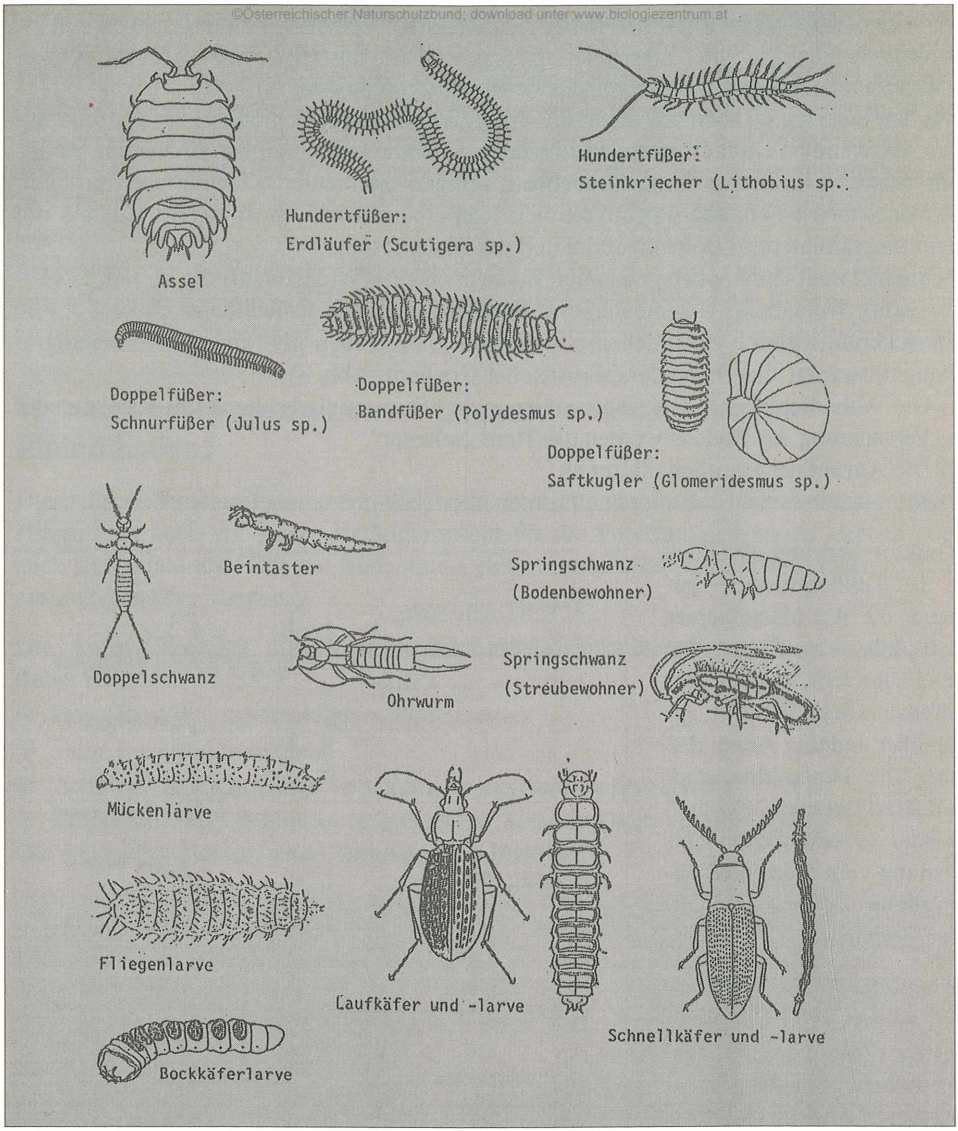


Abbildung 3: Vergleich der Verteilung, Wohndichte und Artenzahl von Springschwänzen

©Österreichischer Naturschutzbund; download unter www.biologiezentrum.at



Die Situation auf Agrarflächen

Die Collembolen können nicht nur in Waldökosystemen als Zeigergruppe verwendet werden, sondern auch bei der Beurteilung der Bodengüte von Agrarflächen. Bei einem bodenzoologischen Vergleich von Maisäckern mit Energiewaldflächen (ehemaligen Ackerflächen) weisen Abundanz- und Dominanzwerte darauf hin, daß die herbizidbehandelten und meist stark gedüngten (vor allem stickstoffgedüngten) Maisfelder aufgrund ihrer artenarmen Bodenfauna ökologisch instabil sind.

Demgegenüber sind Energiewaldflächen schon nach kurzer Umwidmungszeit (von Maisäckern in Energiewaldflächen) reichhaltiger, aber vor allem vielfältiger – und damit ökologisch stabiler – besiedelt.
Diese Stickstoffeutrophierung unserer Agrar- und Waldböden ist Gegenstand aktueller Forschung. Und auch hier eignen sich die Collembolen in idealer Weise für die Bodenansprache. So können sowohl in historisch überdüngten Waldökosystemen als auch in rezenten Stickstoffversuchsflächen dieselben Veränderungen und Effekte bei der Collembolenfauna festgestellt werden. Hier besteht die Hoffnung, daß durch eine entsprechende Absicherung der Ergebnisse stickstoffspezifische Bioindikatoren gefunden werden können.
Zusammenfassend sollen einige Reaktionen der Bodentiere auf Schadstoffbelastung bzw. Ursache-Wirkung-Beziehungen aufgezeigt werden:
Auf Agrarflächen führen die Monokulturen mit ihrem Pestizideinsatz und gesteigerten Düngermengen in erster Linie zu einer Verarmung der Bodenfauna, aber auch zu einer steigenden Anzahl resistenter Schädlinge. Die Artendichte der nützlichen, im Boden bzw. bodennah lebenden Arten ist in den letzten 30 Jahren mindestens halbiert worden. Die Siedlungsdichte der noch vorhandenen Arten geht auf 10 – 30 Prozent des ursprünglichen Bestandes zurück. Vor allem die für einen integrierten Pflanzenschutz notwendigen räuberisch lebenden Formen werden stark dezimiert. Die Bodenfauna kann sich aufgrund der nur kurzen Ruhezeiten nicht richtig regenerieren bzw. vermehren. Die weiteren ökologischen Folgen sind bekannt – Zerstörung der humosen Bodenstruktur, Erosion, Auswaschung der Nährsalze, schließlich Eutrophierung der Gewässer und in letzter Konsequenz Schädigung der Nahrung und damit auch des Menschen.
Den Böden in Waldökosystemen geht es kaum besser. Da Wälder Luftmassen gewöhnlich gut filtern, „kämmen" sie die Schadstoffe aus der Luft heraus; erhöhter Säure-, Schwermetall- und Stickstoffeintrag sind die Folge. Dadurch werden die Bodenorganismen aber in ihrer Tätigkeit mindestens beeinträchtigt, wenn sie nicht gar vergiftet werden. Der dadurch verminderte Streuabbau führt zu einer Störung der Pflanzenernährung (gestörte Nährstoffbilanz). Die Bäume werden krankheitsanfälliger, weitere Stressoren (Frost, Trockenheit, Säuredeposition, ...) sorgen dann rasch dafür, daß ein Baum erkrankt und schließlich stirbt.

Schlußbemerkung

Wir wissen heute bereits, welche Schadstoffklassen emittiert und auf unsere Umwelt abgelagert werden, teilweise auch schon, welche Wirkungen sie auf die Bodenlebewesen haben. Die ökologischen Folgereaktionen sind drastisch genug, um ernst genommen zu werden. Notwendige Forschungen über ökosystemare Veränderungen und Ursache-Wirkung-Beziehungen sollten daher forciert werden. Gerade das Herausfiltern sensitiver Tiere als Leitformen wäre dringend notwendig. Die ersten Ergebnisse berechtigen nämlich zur Hoffnung, daß mit tierischen Bodenindikatoren eine ständige Überwachung (Monitoring) unserer Bodenökosysteme ermöglicht wird und Prognosen über die Bodenentwicklung gemacht werden können.

(Anschrift des Verfassers: Dr. Hubert Kopeszki, Theybergasse 9/5, 1140 Wien)

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Natur und Land (vormals Blätter für Naturkunde und Naturschutz)

Jahr/Year: 1990

Band/Volume: 1990_3

Autor(en)/Author(s): Kopeszki Hubert

Artikel/Article: Auswirkungen von Schadstoffen auf die Bodenfauna; Ursachen - Folgen - Wirkungen 71-77