

Die verborgene Welt der Bodentiere





Dunkelblauer Laufkäfer
Carabus intricatus

Vorwort

Boden ist Leben

Gerade in einem Land wie Tirol gilt: Boden ist eine endliche Lebensgrundlage. Die Neubildung von 1 cm Boden dauert 200 Jahre. Und bei einem Dauersiedlungsraum von nur zwölf Prozent der Landesfläche müssen wir besonders behutsam mit dieser nicht vermehrbaren Ressource umgehen. Warum? Tirol soll sich ein gewisses Maß an Unabhängigkeit in der Lebensmittelversorgung bewahren. Intakte, nicht versiegelte Böden haben außerdem einen unschätzbaren Wert für den Klimaschutz. Nach den Ozeanen sind die Böden der zweitgrößte CO₂-Speicher der Erde. Boden ist Lebensraum für unzählige Mikroorganismen und Kleintiere, die für einen gesunden ökologischen Kreislauf und eine gesunde Umwelt für uns Menschen wichtig sind. Insgesamt lebt ein Viertel der weltweit bekannten Arten vor unseren Augen versteckt im Boden. Daher ist es unsere Aufgabe, verantwortungsvoll und umsichtig mit der Lebensgrundlage Boden und unseren Ressourcen umzugehen.

In den vergangenen 50 Jahren ist die Wohnbevölkerung Tirols um mehr als die Hälfte gestiegen, die Wirtschaftsleistung hat sich enorm erhöht. Das bleibt nicht ohne Folgen. Die Anzahl der Gebäude hat sich verdreifacht. Grund und Boden ist in Tirol ein wertvolles und teures Gut. In den letzten vier Jahrzehnten ist mehr als ein Viertel der landwirtschaftlichen Fläche verloren gegangen. Wenn wir dieser Entwicklung nichts entgegensetzen, gehen uns schlicht die Flächen für die Lebensmittelproduktion aus. Achtsam müssen wir vor allem auch aufgrund der Versiegelung von Flächen sein. Ein asphaltierter Parkplatz „schluckt“ kein Wasser, die grüne Wiese sehr wohl. Steigt die Versiegelung, steigt auch die Gefahr von Hochwasser und Überschwemmungen. Wenn wir von Klimaschutz reden, müssen wir ganz besonders darauf schauen, dass wir den Flächenverbrauch in unserem Land so gering wie möglich halten. Jeder Quadratmeter versiegelte Fläche ist ein kleiner Rückschlag für den Klimaschutz, aber auch für die Artenvielfalt und den Naturschutz.

Wir werden in Tirol auch weiterhin Grund und Boden für eine Entwicklung brauchen. Dabei müssen wir aber sorgsam darauf schauen, den Bodenverbrauch so gering wie möglich zu halten, landwirtschaftlich hochwertige Flächen zu schützen und die Gesundheit des Bodens zu gewährleisten. Denn: Boden ist Leben!

LHStv Josef Geisler

Landwirtschafts- und Katastrophenschutzreferent



Lebensraum Boden

Der Boden, eine der Grundvoraussetzungen für die Vielfalt terrestrischen Lebens, entsteht in langsam ablaufenden physikalischen und chemischen Prozessen. Die physikalische Verwitterung des Gesteins (Temperaturunterschiede, Frostsprengung, Hydratation) erzeugt Spalten und Bruchstücke unterschiedlicher Größe. Die Oberflächenvergrößerung beschleunigt die chemische Verwitterung: Durch Hydratation von Silikatgesteinen, Oxidationsprozesse und Säureeinwirkung (CO_2) werden Teile gelöst und Kristallstrukturen verändert – instabile Verbindungen entstehen. Der weitere Zerfall des Gesteins führt zur Entstehung von Tonmineralen und zur Freisetzung von Kationen (Pflanzennährstoffen). Verwitterungsprozesse sind abhängig von Niederschlagsmenge und Temperatur. Auch Flechten und Algen, die auf blankem Fels wachsen, tragen durch Abscheiden von Säuren zur Verwitterung bei (biologische Verwitterung). Je nach Korngröße der Verwitterungspartikel entstehen Sand, Schluff und Ton. Lehm ist die Mischung aller drei Bodenarten zu gleichen Teilen.



Material aus Verwitterungsprozessen sammelt sich (aufgrund von Schwerkraft und Erosion) in Spalten und Senken und bietet nicht nur Moosen und Pionieren unter den höheren Pflanzen Substrat zum Wachsen, sondern ist auch Lebensraum für Mikroorganismen und kleine Bodentiere, wie Milben und Collembolen, gefolgt von Fliegenlarven und Enchyträen, die das anfallende organische Material zu Humus abbauen und mineralisieren. Es entsteht ein **Rohboden**, der direkt auf der Gesteinsoberfläche liegt und für Gebirgsböden typisch ist (siehe Bild). In gemäßigten Klimazonen bilden sich über Jahrtausende tiefgründige Böden, eine Grundlage üppiger Vegetation und tierischen Lebens.



Von Bodentieren skelettiertes Blatt

Der Abbau von organischem Material

Für den biologischen Abbau organischen Materials sind vor allem Mikroorganismen (Bakterien und Pilze) verantwortlich. Beeindruckend ist die bakterielle Hitzeentwicklung in aufgehäuhtem Pflanzenmaterial bereits nach wenigen Stunden. Trotzdem darf die Rolle der tierischen Bodenorganismen beim Abbau von organischem Material nicht unterschätzt werden: Die unmittelbare Verwertung von Pflanzenabfall (**Saprophagie**) durch Bodentiere und die leicht verfügbare Stickstoffquelle nach deren Tod ist nur ein Teil ihrer Funktion. Viel wertvoller ist die Rolle der Bodentiere als effektive Katalysatoren der mikrobiellen Aktivität: Ihre energetisch noch hochwertigen Ausscheidungsprodukte erhöhen die Angriffsflächen für Mikroorganismen. Durch das Fressen mikrobiell modifizierter Faeces (**Koprophagie**) passiert das organische Material mehrfach den Verdauungstrakt von Tieren, sodass sich die Oberfläche bis zu tausendfach erhöht und den Abbau beschleunigt.

Bodentiere beeinflussen auch die Mikroflora selbst, einerseits als Konsumenten von Pilzen und Bakterienbelägen, andererseits durch Veränderung der Zusammensetzung der Mikroorganismen nach der Darm-passage.

Positiv wirkt sich die Mobilität der Bodentiere und die damit verbundene Verteilung der zerkleinerten organischen Substanz im Boden aus (**Bioturbation**). Das Zusammenspiel von Mikroorganismen und Bodentieren führt zu einer lockeren Krümelstruktur, die den Wasserhaushalt und vor allem die Sauerstoffversorgung des Bodens begünstigt.

Im gesunden, biologisch aktiven Oberboden macht der feste Anteil nur etwa die Hälfte des Gesamtvolumens aus, der Rest besteht aus Luft (Voraussetzung für den oxidativen Stoffwechsel der Lebewesen) und Wasser (Lebensraum vieler Mikroorganismen und Lösungsmittel für Pflanzennährstoffe).



Zylinderförmige Faeces von Diplopoden (links) und brettförmig-eckige Faeces von Asseln (rechts)

Im Boden leben nicht nur Primär- und Folgezersetzer, sondern auch viele **räuberische Arten**. Letztere tragen zwar nicht unmittelbar zum Abbau der organischen Substanz bei, regulieren aber das Gleichgewicht innerhalb der Artengemeinschaft.

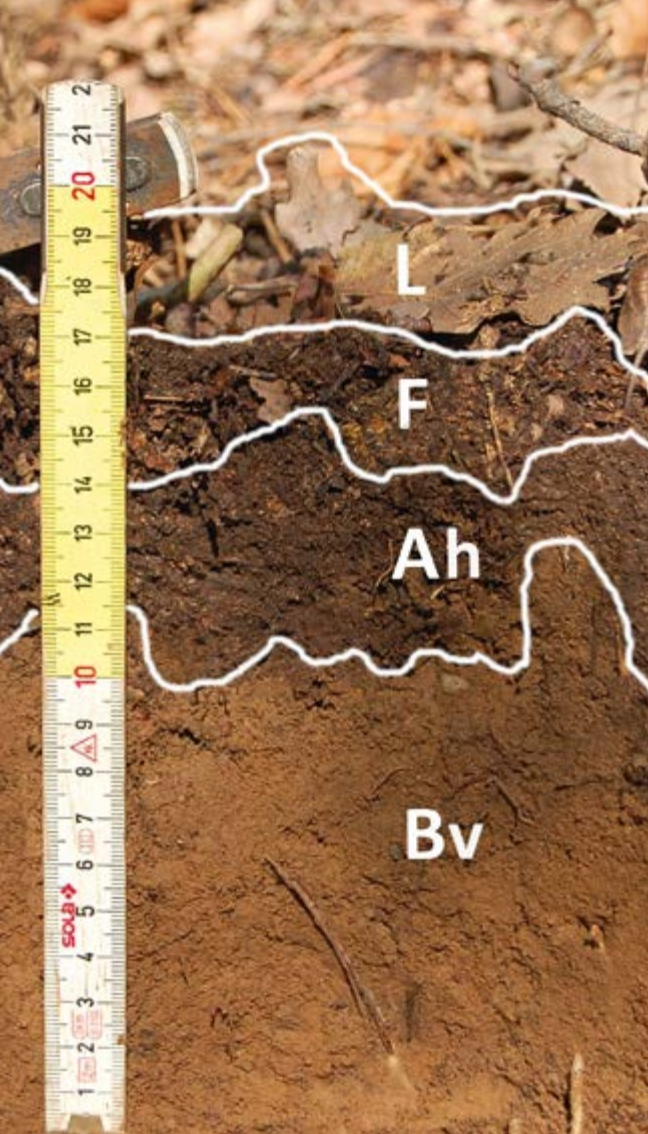
Beim biologischen Abbau werden Pflanzennährstoffe frei und es entstehen Huminstoffe, die dem Boden die braune Farbe geben. Huminstoffe haben große Oberflächen, gutes Wasserbindevermögen und eine hohe Kationen-Austauschkapazität. Sie fungieren also als Puffersystem bzw. als mobilisierbarer Speicher von Pflanzennährstoffen – ein vorzeitiges Auswaschen in tiefere Schichten wird so verhindert.

Diesbezüglich übertreffen Huminstoffe die Eigenschaften der (durch Verwitterung von Gestein entstandenen) Tonminerale deutlich. Eine optimale Bodenfruchtbarkeit ergibt sich, wenn sich Huminstoffe mit den vorwiegend tiefer liegenden Tonmineralen zu stabilen **Ton-Humus-Komplexen** verbinden. Dabei spielen Bodentiere, in erster Linie Regenwürmer, eine entscheidende Rolle.

Wie lange organisches Material braucht, bis es zu Humus abgebaut ist, hängt nicht nur von den Umweltbedingungen ab, sondern auch vom Ausgangsmaterial selbst. So sind Blätter von Esche und Erle unter natürlichen Bedingungen bereits nach einem Jahr abgebaut, während die von Buche und Fichte etwa drei Jahre und Lärchennadeln über fünf Jahre brauchen. Am langwierigsten ist die Zersetzung von Holz (12-15 Jahre).

Das Bodenprofil ist geogen und biogen geprägt

Abgestorbenes Pflanzenmaterial wird in der Regel an der Erdoberfläche abgelagert und nach unten hin sukzessive abgebaut (die Abbau-Geschwindigkeit ist abhängig von Umweltbedingungen). Aus dem Aufbau der organischen und mineralischen Schichten ergibt sich ein mehr oder minder charakteristisches Bodenprofil, das einzelnen Typen zugeordnet werden kann.



Unter optimalen Verhältnissen in **Mull-Böden** ist der **Auflagehorizont**, bestehend aus **Streuschicht** (L: weitgehend unzersetztes Pflanzenmaterial), **Moderschicht** (F: stark zerkleinertes, aber noch identifizierbares Material) und **Humusschicht** (H: Ursprung nicht mehr identifizierbar) dünn. Letztere kann ganz fehlen (wie beim nebenstehenden Bild), weil die Abbauprozesse rasch von statten gehen. Die von Tieren und Mikroorganismen zersetzte organische Substanz wird von Substratfressern (z.B. Regenwürmern) mit Tonmineralen vermischt und rasch in den **humosen Oberboden (Ah)** eingearbeitet. Daran grenzt der mehr oder weniger dicht gepackte **Verwitterungsboden (Bv)** mit geringem organischen und tierischen Anteil, gefolgt von lockerem oder festem **Gestein (C)**. Ein Bodentyp nach diesem Beispiel ist die Braunerde (siehe Abbildung). Die tiefgründigen und fruchtbaren Mull-Böden findet man im Grünland, in lichten, krautreichen Laubwäldern und in Steppengebieten. Durch den hohen Anteil an Regenwürmern, aber auch an Asseln und Diplopoden ist hier das Gesamtgewicht der Bodentiere sehr hoch.

Im Gegensatz dazu sind **Rohhumus-Böden** nährstoffarm und durch eine dicke, nur langsam abbaubare, von Pilzen verfilzte Streu- und Moderschicht gekennzeichnet. Der nährstoffreiche A-Horizont ist dünn. Rohhumus-Böden sind für Nadelholzforste und Zwergstrauchvegetationen mit ihren zersetzungsresistenten Nadeln bzw. Blättern typisch und werden durch feucht-kühles Klima begünstigt. Das Bodenleben ist zwar arten- und individuenreich (wegen der vielen Lückensysteme), das Gesamtgewicht jedoch niedrig, nicht zuletzt wegen der geringen Zahl an Regenwürmern, die saure Böden meiden. Typisch sind Hornmilben als wichtige Folgeersetzer, Collembolen und Schnecken (hier vor allem als Pilzfresser) und Enchyträen.

In kalkarmen Regionen kann aus einem Rohhumus-Boden ein **Podsol** entstehen, bei dem Huminstoffe und Tonminerale durch Säuren teilweise zerfallen und anschließend in tiefere Schichten ausgewaschen

werden (ausgebleichte Schicht: E-Horizont). Im Grenzbereich zum darunterliegenden Bs-Horizont bildet sich eine scharf abgegrenzte dunkle Anreicherungsschicht (Bh-Horizont).

Eine Zwischenstellung nehmen **Moder-Böden** ein, bei denen die Streu langsam abgebaut wird und der Auflagehorizont eine entsprechende Mächtigkeit erhält. Im Gegensatz zu Rohhumusböden ist aber ein ausgeprägter H-Horizont vorhanden. Böden in dichten, unterwuchsarmen Laubwäldern sind ein typisches Beispiel.

Spezielle Verhältnisse herrschen in stark durchnässten Böden: **Auböden** zeichnen sich nicht nur durch Feuchtigkeit liebende Arten aus (z.B. Sumpfasseln), je nach Wasserstand besiedeln zeitweise auch aquatische und rein terrestrische Tiere diesen Bereich. Extreme Bedingungen herrschen in **Moorböden**, die sehr sauer und knapp unter der Oberfläche anaerob sind und daher zur Vertorfung des organischen Materials führen. Tierisches Leben ist nur an der Oberfläche möglich.

Anthropogener Einfluss auf Böden

Jede vom Menschen verursachte Veränderung des Pflanzenbestandes, Bodenbearbeitung oder Eintrag von Stoffen haben Einfluss auf den Boden und seine Bewohner. Die Intensivierung der Landwirtschaft mit einhergehender oberirdischer Verarmung der Pflanzen-Biodiversität bis zur Monokultur und der Einsatz von Pestiziden haben gravierende negative Auswirkungen auf Mikroorganismen und die Fauna des Bodens. Die Ernte entzieht dem Boden nicht nur die organische Nahrung, sie bedeutet in erster Linie einen mikroklimatischen Schock durch Wegfall der Beschattung und den damit verbundenen Folgen. Ähnliches gilt für Kahlschläge im Wald. Schwere Erntemaschinen führen zur Bodenverdichtung – Milben und Collembolen sind durch den Verlust von Porenraum am schwersten betroffen. Das Aufbringen von Stallmist verschiebt das Artengleichgewicht, wobei u.a. Regenwürmer, Fliegenlarven und Nematoden die Nutznießer sind. Schonende Bodenbearbeitung – zur richtigen Zeit (!) – hat durch Lockerung des Bodens meist positive Effekte.

Edaphon

Unter Edaphon versteht man die Gesamtheit aller Bodenorganismen – die **Bodenflora** mit **Bakterien**, **Pilzen**, **Algen** und **Flechten** (unter Ausschluss der Pflanzenwurzeln) und die **Bodenfauna**. Die Bodenflora macht mit durchschnittlich 75 % den Hauptanteil der Bodenorganismen aus. Sie ist vor allem für den Abbau resistenter organischer Pflanzenstoffe, wie Zellulose und Lignin verantwortlich.

Unter den vielen Vertretern **saprophytischer Bakterien**, die bei Anwesenheit von Sauerstoff organische Substanzen abbauen, sind die **Actinomyceten** (Strahlenpilze) hervorzuheben. Sie sind stäbchenförmig und vereinigen sich mit Hilfe von Schleimabsonderungen zu langen Fäden (Pseudomycel). Actinomyceten sind für den typischen Erdgeruch verantwortlich. Da einige von ihnen antibiotische Substanzen abscheiden, sind sie in der Lage, die Aktivität anderer Bodenorganismen zu hemmen.

Neben anaerob tätigen Bakterien (Fäulnis, Gärung) sind u.a. chemoautotrophe Bakterien (z.B. Nitrifikanten), Symbionten (Knöllchenbakterien der Leguminosen wandeln Luftstickstoff in eine für Pflanzen verfügbare Form um) und pathogene Bakterien von Bedeutung. Cyanobakterien, die ihren Energiebedarf durch Photosynthese decken, leben an der Oberfläche. Dasselbe gilt für Algen und Flechten.

Vor allem in Wäldern spielen **saprophytische Pilze** eine dominante Rolle. Ihre wenige Mikrometer dicken Hyphen bilden dichte Pilzgeflechte (Mycel). Pilze bauen nicht nur resistente organische Substanzen zu Huminen ab, sondern tragen auch zur Stabilisierung des Bodens bei.

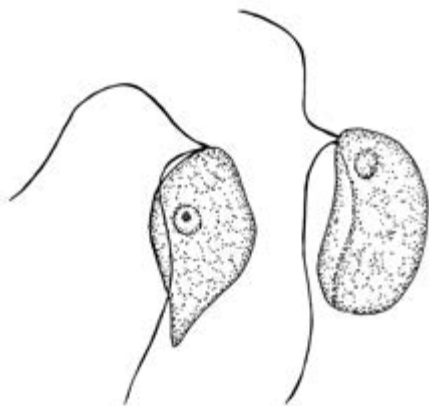
Für das optimale Wachstum vieler höherer Pflanzen (v.a. Bäume) sind Mykorrhiza Pilze verantwortlich. Sie erleichtern der Pflanze die Aufnahme von Wasser und Mineralstoffen und entnehmen ihr als „Gegenleistung“ Zucker. Daneben kommen auch für Pflanzen und Tiere pathogene Pilze vor, die zur Schädlingsbekämpfung genutzt werden können (Seite 46).



Mycelstränge auf Totholz

Einzeller (Protozoa)

Der Lebensraum von Boden-Protozoen beschränkt sich auf das Adhäsionswasser, das die Bodenpartikel umgibt. Trotz oder gerade wegen ihrer geringen Größe (meist 10–80 µm) spielen sie eine bedeutende Rolle im Ökosystem Boden. Ihre Erfolgsstrategie ist eine Kombination aus Flexibilität bzw. Toleranz gegenüber Milieuveränderungen und hohen Reproduktionsraten: Bei ungünstigen Bedingungen (z.B. Trockenheit) kapseln sie sich zu resistenten und Energie sparenden Dauerstadien ab. So können sie einerseits lange Zeit überdauern, andererseits bei Regen sofort wieder „zum Leben erwachen“ und sich explosionsartig vermehren. Unter optimalen Bedingungen teilen sie sich einmal pro Tag (die Vermehrung erfolgt meist ungeschlechtlich). Räuber und Konkurrenz mit anderen Organismen (z.B. Pilz-Hemmstoffen) sorgen dafür, dass die Populationen nicht „in den Himmel wachsen“.



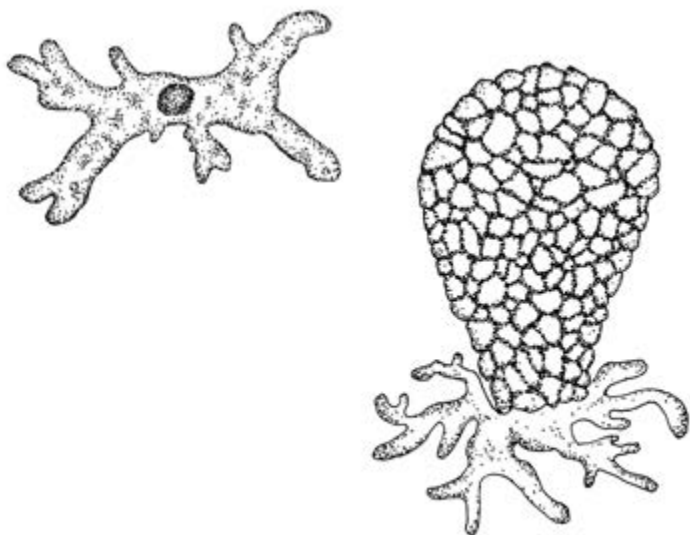
Geißeltierchen (Flagellata)

Flagellaten bewegen sich mit Hilfe von meist zwei Geißeln fort (Zug- oder Schleppgeißeln). **Zooflagellaten** ernähren sich in erster Linie von Bakterien (heterotrophe Ernährung), während die im Boden selteneren **Phytoflagellaten** (sowie Algen) Zellwände aus Zellulose haben und mit Hilfe von Chloroplasten Photosynthese betreiben (autotrophe Ernährung). Letztere leben daher an der Bodenoberfläche. Daneben gibt es chlorophyllhaltige Arten, die auch organische Nahrung aufnehmen können (mixotrophe Ernährung).

Wurzelfüßer (Rhizopoda)

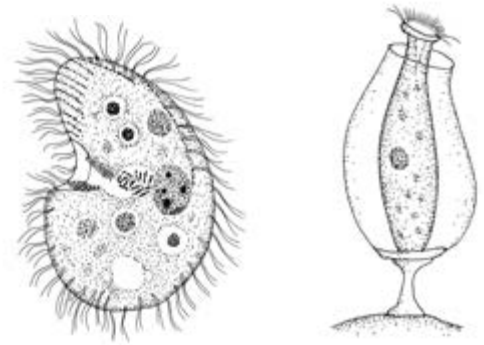
Schalenlose Amöben (Amoeba) haben keine fixe Körperform, sie verändern ständig ihre Gestalt. Plasmafortsätze (Pseudopodien) umfließen Nahrungspartikel (z.B. Bakterien, Algen, Einzeller), die inkorporiert (Phagozytose) und in Nahrungsvakuolen verdaut werden (Bild links).

Thecamöben (Testacea) bilden eine gallertartige Hülle, in die Fremdkörper oder selbst gebildete Kieselsäureplättchen eingebaut werden. Durch eine Öffnung in der Schale strecken sie die Pseudopodien zur Fortbewegung und Nahrungsaufnahme hervor. Thecamöben sind trotz ihrer geringen Größe von bodenbiologischer Bedeutung, weil sie neben Bakterien auch pflanzliche Abbauprodukte verarbeiten.



Wimpertierchen (Ciliata)

Der Körper der Ciliaten ist mit einem arttypischen Muster von Wimpern bedeckt, die zur Nahrungsaufnahme (Bakterien und andere Kleinlebewesen) bzw. zur Fortbewegung dienen. Sie benötigen größere Wasseransammlungen als andere Protozoen. **Holotriche Ciliaten** schwimmen frei im Wasser, bei **hypotrichen Ciliaten** sind die ventralen Cilien zu Cirren verklebt, mit denen sie am Untergrund laufen. Die **peritrichen Ciliaten** sitzen mit einem Stiel am Untergrund fest, die Cilien dienen ausschließlich zum Einstrudeln von Nahrung.

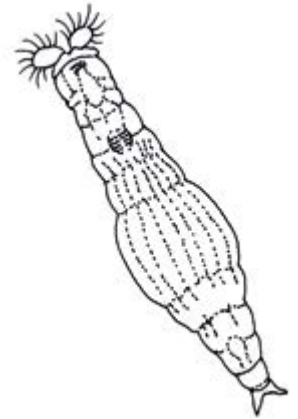


Holotricher Bodenciliat Peritricher Bodenciliat

Mehrzellige Organismen (Metazoa)

Rädertierchen (Rotatoria)

Obwohl Rotatorien als mehrzellige Organismen spezifische Organe ausbilden, werden sie nur unwesentlich größer als Protozoen (40–500 µm). Ihr Körper gliedert sich in Kopf (mit einem bewimperten Räderorgan), Körper und Fuß (mit Klebedrüsen zum Anheften am Untergrund). Auch sie bewegen sich im Wasserraum der oberen Bodenschichten, entweder egelartig kriechend oder schwimmend mit Hilfe des Räderorgans, mit dem gleichzeitig Nahrungspartikel (Detritus, Bakterien, Einzeller) eingestrudelt werden. Einige Arten schützen ihren Körper mit einem Gehäuse. Bei Austrocknung bilden sie resistente Dauerstadien.



Fadenwürmer (Nematoda)

Die 0,5–2 mm langen Nematoden bewegen sich schlängelnd im dünnen Wasserfilm, der die Bodenpartikel umgibt. Man trifft sie selbst in extremsten Lebensräumen, sie bevorzugen aber die obersten Zentimeter dauerfeuchter, bakterienreicher Mineralböden. Ungünstige Lebensbedingungen überstehen sie in Form von Dauerstadien (Anabiose). Neben pflanzen- und tierpathogenen Arten (z.B. Wurzelälchen, Parasiten an Käferlarven), ernähren sich die meisten von Mikroorganismen, andere von Pilzen oder sie leben räuberisch. Nematoden ihrerseits sind wichtige Beuteobjekte für viele Bodentiere.

Caenorhabditis elegans ist ein 1 mm langer Boden-Nematode, der sich von Bakterien ernährt und als Modellorganismus in der Forschung (Genetik und Entwicklungsbiologie) dient.



Schnecken (Gastropoda)

Die meisten Schnecken sind herbivor und fressen lebendes und totes Pflanzenmaterial sowie Pilze. Ein effektives Verdauungssystem bewirkt eine hohe Nahrungsverwertung: Mit der Radula (Raspelzunge) werden die Pflanzen zerkleinert, die eigene Enzymausstattung und die Mitwirkung von Symbionten gewährleisten sogar eine teilweise Verwertung schwer verdaulicher Substrate wie Zellulose. Während „Gehäuseschnecken“ auch in trockenen Habitaten leben können, sind „Nacktschnecken“ auf eine feuchte Umgebung angewiesen. Die Fortbewegung erfolgt üblicherweise auf einem (im vorderen Fußbereich abgeschiedenen) Schleimteppich. Die Lungenschnecken (Pulmonata) nehmen den Sauerstoff über einen stark durchbluteten Teil der Mantelhöhle (Lunge) auf und verteilen ihn – gebunden an Haemocyanin (kupferhaltiger Sauerstoffträger) – im Körper.

Der Wirkungsbereich von Schnecken konzentriert sich auf die Bodenoberfläche, nur einige Arten dringen in den Boden ein. Schnecken sind abhängig von Feuchtigkeit, Gehäuseschnecken brauchen zusätzlich genügend Kalk zum Aufbau ihrer Gehäuse.



Wegschnecken der Gattung *Arion* sind sehr variabel im Aussehen und können meist nur anhand anatomischer Merkmale genau bestimmt werden. Einige Arten findet man in Wäldern (Graue Wegschnecke und Waldwegschnecke), die vor allem abgestorbenes Pflanzenmaterial und Pilzmycel fressen. Andere Arten leben auch in offenem Gelände (Gelbstreifige Wegschnecke, Gemeine Wegschnecke, Braune Wegschnecke).

Im Kulturland kommt es zur Massenvermehrung einzelner Arten, insbesondere durch die eingeschleppte Spanische Wegschnecke (*Arion vulgaris*) – in Österreich hat sie sich seit 1972 ausgebreitet. Durch das Wegzöchten natürlicher Fraßhemmer in Kulturpflanzen wurden diese nicht nur für Menschen, sondern auch für Schnecken attraktiver.



Fraßspuren auf einer von Algen bewachsenen weißen Oberfläche durch die Raspelzunge (**Radula**) einer Schnecke.

Das Gehäuse der 40 mm langen **Wurm-Nacktschnecke** (*Boettgerilla pallens*) ist nur mehr als winziger Kalkrest in das Innere des Körpers verlagert. Aufgrund ihrer Körperform kann sie entlang von Regenwurmängen tief in den Boden eindringen, wo sie verwesenes Pflanzenmaterial, Wurmfaeces, aber auch Gelege anderer Schnecken vertilgt.



Die seltene **Rötliche Daudebardie** (*Daudebardia rufa*) lebt in der Laubstreu feuchter Bergwälder, bevorzugt in Gewässernähe. Ihre rudimentäre Schale, in die sie sich nicht mehr zurückziehen kann, trägt sie am Hinterende des Rückens. Die räuberische Daudebardie erbeutet Regenwürmer und andere Bodentiere.



Wesentlich häufiger findet man die ähnlichen **Glasschnecken** (Vitrinidae), die einen Teil des dünnchaligen Gehäuserestes mit einem Mantellappen verdecken.

Die **Weitmündige Glasschnecke** (*Semilimax semilimax*) ernährt sich von verwesenden Pflanzenteilen in feuchten Mittelgebirgswäldern.





Mit einem Schalendurchmesser von 6 mm ist die **Gefleckte Schüsselschnecke** (*Discus rotundatus*) eine der häufigsten Gehäuseschnecken in Waldböden. Man findet sie vor allem unter Totholz. Sie ernährt sich von Pflanzen, Pilzgeflecht und Aufwuchsalgen.

Moore, Feuchtwiesen und Auwälder werden von mehreren winzigen, größtenteils amphibisch lebenden Gehäuseschnecken bewohnt, wie z.B. der **Windelschnecke** (*Vertigo geyeri*, unten links). Die 2 mm große **Bauchige Zwerghornschncke** (*Carychium minimum*), eine Vertreterin der Wasserlungenschnecken (Basommatophora), trägt im Gegensatz zu den Landlungenschnecken (Stylommatophora) die Augen an der Fühlerbasis und nicht an der Fühlerspitze (mittleres Bild).



Die Wärme liebende **Schöne Landdeckelschnecke** (*Pomatias elegans*, rechtes Bild) weist eine nahe Verwandtschaft zu marinen Schnecken auf (Neotaenioglossa). Sie kann ihre Schalenmündung mit einem Deckel (Pfeil) verschließen und übersteht so Trockenphasen. Während Lungenschnecken Zwitter sind, ist sie getrenntgeschlechtlich und zeigt eine eigenartige Fortbewegung, indem sie die linke und rechte Fußhälfte abwechselnd schrittartig versetzt (im Bild hebt sie gerade die rechte Fußhälfte). Lungenschnecken hingegen versetzten ihre ganze Fußfläche in wellenartige Bewegungen.

Regenwürmer (Lumbricidae)

Regenwürmer, eine Familie der **Ringelwürmer (Annelida)**, nehmen in vielen Böden eine Schlüsselstellung beim Abbau organischen Materials ein und schaffen günstige Voraussetzungen für die Existenz anderer Organismen. Durch wellenförmige Verkürzung und Streckung ihres segmental aufgebauten Körpers, durch den inneren Druck ihrer Coelomflüssigkeit und mit Unterstützung der vier Paar kurzen, beweglichen Borsten graben sie sich durch den Boden. Da sie ausschließlich durch ihre Haut atmen und daher auf einen Verdunstungsschutz verzichten müssen, sind sie an feuchte Umgebung gebunden. Wegen des geringen Sauerstoffgehaltes im Boden enthält ihr Blut Hämoglobin als Sauerstoffspeicher, kurzfristig können sie auch ohne Sauerstoff überleben. Regenwürmer verfügen über ein geschlossenes Blutgefäßsystem.

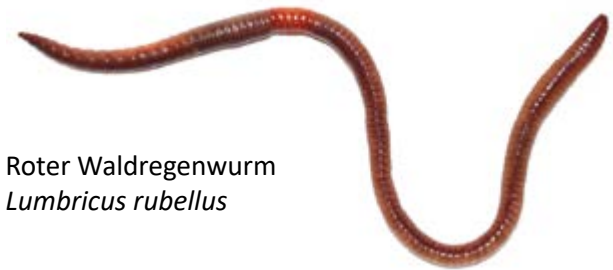
Regenwürmer tragen nicht nur zur Bodenfruchtbarkeit bei, sie sind auch Nahrungsgrundlage für viele andere Tiere (z. B. Maulwurf, Vögel, Insekten und andere Wirbellose). Schutz bieten ihre versteckte Lebensweise, der empfindliche Erschütterungssinn, der eine rechtzeitige Flucht ermöglicht und die Fähigkeit, bei Gefahr hintere Körpersegmente abzustößen (Selbstverstümmelung, Autotomie) und wieder zu regenerieren. Intensive Bodenbearbeitung durch die Landwirtschaft (starke Verdichtung, Pestizide und konzentrierte Gülle) schädigt die Regenwurmpopulation massiv und ist kontraproduktiv. Regenwürmer sind erstaunlich langlebig (bis 8 Jahre). Die höchsten Besiedelungsdichten findet man im Kompost, die niedrigsten in sauren Nadelwäldern und in flachgründigen Böden.

Je nach Lebensraum teilt man Regenwürmer in drei Typen (mit Übergängen) ein:

1. **Streuformen (epigäische Arten)** leben im Auflagehorizont des Bodens, in modernem Holz oder im Kompost. Sie ernähren sich von organischer Substanz. Ihre kräftig rotbraune Pigmentierung schützt sie zumindest ein wenig vor UV-Strahlung.

2. **Tiefgräber (anözische Arten)** graben ihre Gänge von der Oberfläche bis tief in den Boden. In der Nacht ziehen sie Pflanzenteile in ihre Gänge. Nachdem Feuchtigkeit und vom Wurm abgegebene Verdauungsenzyme die Verrottung beschleunigt haben, wird der eingebrachte Vorrat gefressen. Ihren Kot lagern sie teilweise an der Bodenoberfläche ab. Nur die Oberseite ihres Vorderkörpers ist deutlich pigmentiert.

3. **Mineralbodenformen (endogäische Arten)** legen ihre vorwiegend horizontalen Gänge in der obersten Wurzelzone (30–50 cm Tiefe) an. Sie fressen sich durch das Substrat und nutzen organische Stoffe und Mikroorganismen. Da sie in der Regel nicht an die Oberfläche kommen, verzichten sie auf eine Pigmentierung. Der dunkle Darminhalt, Organe und Blutgefäße schimmern durch ihre Haut.



Roter Waldregenwurm
Lumbricus rubellus



Tauwurm
Lumbricus terrestris



Kleiner Ackerwurm
Allolobophora chlorotica



Alle Regenwürmer sind Zwitter. Zur Fortpflanzung treffen sich zwei **Tauwürmer** (*Lumbricus terrestris*) mit ihrem Vorderkörper an der Bodenoberfläche und heften sich gegenseitig mit Schleim am Gürtel (**Clitellum** (Pfeil), 32.–37. Körperring) fest. Am 15. Ring werden Spermien über eine Schleimrinne zu den Samenbehältern (Spermatheken am 9. und 10. Ring) der Partner transportiert.

Später bildet der Gürtel einen Schleimring, der nach vorne abgestreift wird und an der weiblichen Geschlechtsöffnung (14. Ring) Eier aufnimmt, die auf dem weiteren Weg nach vorne an den Spermatheken besamt werden. Der Ring wird abgestreift und schrumpft bzw. erhärtet zu einem **Kokon** (im Bild links Kokons vom Kompostwurm). Nach mehreren Wochen schlüpfen ein bis mehrere junge Würmer aus dem Kokon.



Wenn man im Komposthaufen wühlt, fallen neben einer Vielzahl anderer Organismen ganze Knäuel des lebhaft gefärbten, geringelten **Kompostwurms** (*Eisenia fetida*) auf. Im Gegensatz zu anderen Arten verträgt er hohe Temperaturen und durch die konstant optimalen Bedingungen ist nicht nur das Wachstum, sondern auch die Reproduktionsrate ungewöhnlich hoch (bis zu zwei Kokons pro Woche). Die kleinen weißen Würmer im Bild sind Enchyträen (Seite 15).

Regenwürmer tragen in mehrfacher Weise zur Bodenfruchtbarkeit bei:

- Sie bauen organische Substanzen nicht nur direkt ab, die nicht verwerteten Anteile im Kot werden für Mikroorganismen und tierische Bodenbewohner auch leichter verfügbar.
- Verendete Regenwürmer liefern dem Boden direkt Stickstoff und Phosphor.
- Tiefgräber unter den Regenwürmern transportieren einen Teil ihres nährstoffreichen Kots an die Oberfläche und sorgen so für eine Umwälzung. In unseren Breiten kann das zu einem jährlichen Auftrag von 1–5 mm führen.
- Durch Vermischung von organischen mit mineralischen Bestandteilen bilden sich Ton-Humus-Komplexe, die den Boden gegen Erosion und Verschlämmung stabilisieren und eine optimale Porenstruktur schaffen. Abgegebener Schleim erhöht zusätzlich die Stabilität.
- Regenwurmgänge (Durchmesser 3–12 mm) begünstigen Gasaustausch und Drainage im Boden. Wasser dringt leichter ein und vermindert so ein oberflächliches Abfließen oder Stauen des Wassers (Bild oben).
- Tierischen Bodenbewohnern und Pflanzenwurzeln wird ein Vordringen im Boden entlang der Regenwurmgänge erleichtert (Wurzelbahnen). Da die Gänge mit dem nährstoffreichen und mikrobiell aktiven Kot austapeziert sind, wird die Nährstoffaufnahme durch Pflanzen erleichtert. Regenwurm Kot enthält einen deutlich höheren Anteil von Stickstoff, Phosphor und Kalium als die Umgebung.



Der **Schwarzkopf-Regenwurm** (*Aporrectodea nocturna*), ein Tiefgräber, lagert bis zu 8 cm hohe Kothäufchen an der Bodenoberfläche ab. Diese in Österreich ursprünglich nicht heimische Art wurde durch Zierpflanzen eingeschleppt und kann erhebliche Probleme verursachen. Durch die massive, flächendeckende Akkumulation von Kothäufchen, die bei feuchtem Wetter zu einer Verschlämmung des Geländes führt, wird im Extremfall die landwirtschaftliche Nutzung von Wiesen unmöglich gemacht (siehe Bild).





Aus Österreich sind über 60 Regenwurmarten bekannt. Viele sind nur durch Lage und Bau der äußeren Geschlechtsmerkmale sicher zu bestimmen. Allerdings gibt es auch auffällige Arten, wie den Kompostwurm (Seite 12) oder seinen Verwandten, den noch kontrastreicher geringelten *Eisenia lucens* (Bild oben), den man bevorzugt unter der Rinde von totem Buchenholz findet.

Bei Bedrängnis scheidet er eine blau-grün fluoreszierende Flüssigkeit ab.

Ein Highlight unter den Regenwürmern ist der **Smaragdgrüne Regenwurm** (*Aporrectodea smaragdina*), der erst im dritten Lebensjahr seine charakteristische Farbe annimmt. Er ernährt sich von verrottetem Buchenholz.

In Tirol findet man ihn im Kaisertal.

Enchyträen (Enchytraeidae)

Die 5–30 mm langen Enchyträen sind unpigmentierte **Ringelwürmer**, die sich vor allem in den obersten 10 cm feuchter Böden aufhalten. Als Substratfresser, die gerne Kotballen anderer Streuzersetzer verwerten, leisten sie einen wichtigen Beitrag zur Humusbildung.

Durch das Graben dünner Gänge wirken sie sich positiv auf den Wasser- und Luftgehalt im Boden und seine Mikrostruktur aus.

Dort wo Regenwürmer seltener sind, z. B. in Rohhumusböden, nimmt die Bedeutung von Enchyträen entsprechend zu. Auch mit der Meereshöhe nimmt das Vorkommen von Regenwürmern ab und endet an der Grasheide. Enchyträen hingegen steigen bis in die nivale Zone und übernehmen in den Rohböden eine wichtige Aufgabe.



Bärtierchen (Tardigrada)

Die weniger als 1 mm großen Tardigraden sind die mit Abstand widerstandsfähigsten mehrzelligen Lebewesen. Sie bewohnen nicht nur den wässrigen Film, der sich um Bodenstrukturen, Moose und Flechten bildet, sondern haben sich in allen Lebensräumen von der Tiefsee bis zu den Gletschern etabliert.

Bärtierchen sind auf die periodische Austrocknung ihrer Umwelt hervorragend angepasst. Inaktive Dauerstadien, bei denen der Stoffwechsel auf Null sinkt, überstehen Trockenheit und extremste Temperaturen, sie überleben unter diesen Bedingungen jahrelang. Selbst flüssiger Stickstoff, konzentrierter Alkohol oder hohe radioaktive Belastungen können ihnen nichts anhaben. Andererseits reagieren sie im aktiven Stadium empfindlich auf Umweltgifte. Tardigraden ernähren sich von Algen, Bakterien und abgestorbenem Material (Detritus) oder von anderen winzigen Bodenbewohnern.



Hypsibius klebelsbergi lebt im Kryokonit der Gletscher (elektronenmikroskopische Aufnahme).

Gliederfüßer (Arthropoda)

Die Arthropoden sind der mit Abstand artenreichste Tierstamm mit **Crustaceen** (Krebstiere), **Cheliceraten** (Kieferklauenträger), **Myriapoden** (Tausendfüßer) und **Hexapoden** (Sechsfüßer). Ihr Körper ist in Segmente gegliedert, die teilweise zu funktionellen Einheiten verschmolzen sind. Die Segmente tragen primär ebenfalls gegliederte Extremitäten, die auch spezielle Funktionen (z.B. Mundwerkzeuge) übernehmen oder rückgebildet wurden. Ihr Körper ist von einem Außenskelett aus Chitin (Cuticula) umhüllt, das durch Einlagerung von Calciumcarbonat verstärkt sein kann.



Asseln (Isopoda)

Landasseln (Oniscidea) sind Crustaceen, die von marinen Asseln abstammen und sich stufenweise an das Landleben angepasst haben. Die wesentlichste Anpassung betrifft das Atmungssystem – von der ursprünglichen Kiemenatmung bis zur Lungenatmung. Die **Sumpffassel** (*Ligidium hypnorum*, Bild links) und **Trichoniscidae** (Bild unten) leben in feuchten Biotopen und decken ihren Sauerstoffbedarf über dachziegelartig aneinander gereihete Innenäste (Endopodite) der Hinterleibsfüße (Pleopoden).

Für die Funktion der Kiemen an Land dient ein spezielles Wasserleitungssystem, das vom Kopf entlang des Körpers bis in die Kiemen führt und diese feucht hält. Gespeist wird das System über die Maxillardrüse am Kopf – das Exkretionsorgan der Asseln. Der Harn enthält Ammoniak (das für Wassertiere typische Exkretionsprodukt des Stickstoffwechsels), der am Weg zu den Kiemen in die Atmosphäre entweicht. Überschüssiges Wasser wird nach dem Passieren der Kiemen über den After im Enddarm wieder resorbiert.

Landasseln müssen Wasser trinken.

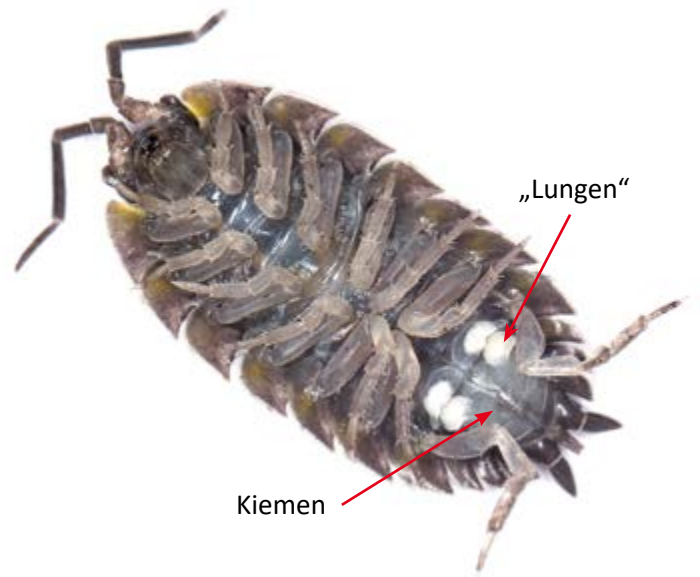


Der nur wenige Millimeter große ***Hyloniscus riparius*** (Trichoniscidae) lebt in Massen in der Laubstreu und an Totholz von Auwäldern.

Asseln zeigen ein ausgeprägtes Brutverhalten. Das Weibchen häutet sich nach der Begattung und bildet zwischen den ersten und fünften Laufbeinhüften einen mit Flüssigkeit gefüllten Brutbeutel (Marsupium), in dem sich die Eier entwickeln. Nach über einem Monat schlüpfen je nach Art 10–160 Junge.

Die Mauerrassel (*Oniscus asellus*) zeigt schon erste Ansätze einer Lungenatmung, bei der die Außenäste (Exopodite) der Hinterleibsfüße eine leicht vergrößerte Oberfläche aufweisen. Perfektioniert ist die Lungenatmung u.a. bei Kellerasseln (*Porcellio scaber*) und Rollasseln (*Armadillidium* sp.), deren Exopodite sich zu „Lungenbläschen“ mit einer gefalteten und verästelten inneren Oberfläche entwickelt haben. Diese **Tracheenlunge** ist an den weißen Körperchen deutlich erkennbar (Bild rechts). Trotzdem bleibt auch bei diesen Arten die Kiemenfunktion erhalten. Die Oberfläche (Cuticula) der Asseln weist Kalkeinlagerungen auf und ist für Wasser mehr oder weniger durchlässig. Daher sind selbst Arten mit Lungenatmung an eine zumindest mäßig feuchte Umgebung gebunden und müssen sich untertags verbergen.

Die auffallend flache **Mauerrassel** (*Oniscus asellus*) benötigt hohe Luftfeuchtigkeit. Im Wald lebt sie unter der Rinde von Totholz.



Die **Kellersassel** (*Porcellio scaber*) ist eine der häufigsten Asseln und kommt auch in Gärten unter Steinen, Brettern und im Komposthaufen vor.





Armadillidium versicolor, eine ganz besonders trockenheits-resistente Rollassel, bewohnt xerothermen Standorte.



Eingerollte **Gemeine Rollassel** (*Armadillidium vulgare*)
Ein aktives Tier ist am hinteren Umschlag abgebildet.
(Pfeil = Kopf)

Am resistantesten sind **Rollasseln** (Armadillidiidae), die sich bei Trockenheit einrollen und so zumindest den Wasserverlust an der Unterseite verhindern. Das erlaubt ihnen die Besiedlung trockener Biotope. Gleichzeitig bewährt sich dieses Verhalten als Schutz gegen Fressfeinde. Rollasseln sind leicht mit Saftkuglern (Glomeridae) zu verwechseln (Seite 31).

Ökologische Bedeutung der Asseln:

In vielen Lebensräumen zählen Asseln zu den wichtigsten Destruenten, die oft am Beginn der Humusbildung stehen. Die kräftigen Mundwerkzeuge erlauben ihnen, selbst frisches Falllaub zu nutzen und rasch der Humifizierung zuzuführen. Übrig bleiben zunächst die derberen Blattrippen (Seite 2). Die mechanisch und chemisch aufgeschlossenen organischen Reste in den abgegebenen Faeces (Seite 3) beschleunigen in Folge den weiteren mikrobiellen Aufschluss und sind auch Nahrungsquelle für andere Bodenorganismen, selbst für Asseln (**Koprophagie**).

Die höchste Dichte an Asseln findet man in feuchten Wäldern und überall dort, wo Pflanzenabfall und genügend Versteckmöglichkeiten vorhanden sind. Wärme liebende Arten (Kellerasseln, Rollasseln) zeigen in unseren Breiten eine Bindung an menschliche Lebensräume (Synanthropie), wie z.B. Mauern und Komposthaufen. Gemieden werden hingegen stark saure Böden (Mangel an verfügbarem Calcium für Einlagerungen in den Panzer) und landwirtschaftliche Flächen und Wiesen mit zu geringen Versteckmöglichkeiten.

Spinnentiere (Arachnida)

Spinnentiere, die einzige heimische Klasse der **Cheliceraten**, umfassen mehrere, recht unterschiedlich aussehende Ordnungen. In Österreich heimisch sind: **Webspinnen** (Araneae), **Weberknechte** (Opiliones), **Milben** (Acari), **Skorpione** (Scorpiones) und **Pseudoskorpione** (Pseudoscorpiones). Im Gegensatz zu Insekten haben sie vier Paar Laufbeine und ihr Körper ist in zwei Abschnitte (Cephalothorax und Opisthosoma) unterteilt, was allerdings nur bei den Webspinnen deutlich in Erscheinung tritt.

Webspinnen (Araneae)

Webspinnen sind bedeutende Räuber an der Bodenoberfläche, vor allem nachts. Hohlräume im Boden dienen oft nur als Versteck für untertags und als Schutz für ihre Brut. Neben Bodentieren erbeuten sie auch Fluginsekten.

Die großen **Kieferklauen (Cheliceren)** mit einem einklappbaren Zahn dienen zum Beutefang. Sie injizieren das Gift (neurotoxische und nekrotische Wirkung) in die Beute und bearbeiten sie. Erbrochene Verdauungssäfte lösen das Gewebe auf und die Spinne saugt den flüssigen Anteil des Gewebebreis auf (extraintestinale Verdauung).

Die meisten Spinnen haben zwei verschiedene Atemorgane ausgebildet: Röhrentracheen, die den ganzen Körper durchziehen und Fächertracheen, auch „Buchlungen“ genannt, weil sie im Inneren übereinander geschichtete, blattartige Strukturen aufweisen. Sie liegen an der vorderen Ventralseite des Hinterleibs (Opisthosoma). Die herausragende Eigenschaft der Webspinnen ist die Produktion von Spinnseide, ein Protein mit hoher Elastizität und Reißfestigkeit, das von den **Spinnwarzen** (aus Gliedmaßen entstanden) an der Hinterleibsspitze abgeschieden wird.

Die **Finsterspinne** *Amaurobius fenestralis* lebt in Wäldern und hat ihren Schlupfwinkel oft unter loser Baumrinde oder unter Steinen. Von dort aus spinnt sie ein weitmaschiges Trichternetz aus cribellaten Fäden nach außen. In dieser Spinnwolle (ohne Klebetröpfchen) verheddert sich die Beute.

Interessant ist die Spinne durch ihre Brutfürsorge. Sie bewacht das Eigelege und die frisch geschlüpften Jungen (wie es viele andere Arten auch tun). Außergewöhnlich ist, dass nach der ersten Häutung der Jungspinnen die Mutter stirbt und zur ersten Nahrung für ihren Nachwuchs wird, der sie aussaugt.





Wolfsspinnen (Lycosidae) der artenreichen Gattung *Pardosa* sind vagabundierende, tagaktive Jäger an der Bodenoberfläche. Die Weibchen tragen den Eikokon an den Spinnwarzen mit sich. Nach dem Schlüpfen werden die Jungen bis zur ersten Häutung am Rücken mitgetragen. Links: *Pardosa lugubris*, rechts *Pardosa riparia*.



Die tagaktiven **Spingspinnen** (Salticidae) sind oft auffällig gefärbt (vor allem die Männchen). Ihr wichtigster Sinn beim Beutefang sind die großen Augen, besonders die beiden Mittelaugen, die räumliches Sehen ermöglichen (Spinnen haben 6–8 Augen, die familien-spezifisch angeordnet sind). Insekten werden im Sprung erbeutet, vor dem Absprung wird ein Sicherungsfaden am Grund befestigt.

Aelurillus v-insignitus, 4–7 mm, bewohnt sonnenexponierte, kahle Lebensräume. Links das balzende Männchen.

Die nur 2–3 mm große **Zwerg-Baldachinspinne** *Tenuiphantes cristatus* bewohnt feuchte Wälder und Wegränder, wo sie über Bodenvertiefungen ihre Fangteppiche spannt. Diese Art ist auch im Winter aktiv – in frostfreien Tagesstunden kann man Männchen auf der Suche nach Weibchen beobachten. Die Weibchen bauen ihre Netze bevorzugt über Wildspuren oder anderen Vertiefungen im Schnee. Dort erbeuten sie winteraktive Arthropoden, vor allem Springschwänze (Seite 33).

Wie bei allen Webspinnen fallen die auffällig geformten Pedipalpen (Kiefertaster) der Männchen auf, die als Begattungsorgan dienen (siehe Pfeil).



Die **Tapezierspinne** (*Atypus piceus*) ist eine heimische Verwandte der Vogelspinnen (im Gegensatz zu den anderen Spinnen sind die Giftzähne parallel zueinander beweglich). An sonnigen Standorten gräbt sie eine bis zu 30 cm tiefe Röhre in den Boden, die mit Spinnseide austapeziert wird. An der Bodenoberfläche liegt ein gesponnener, getarnter, blind endender Schlauch, in dem sich die Spinne nachts aufhält (Bild unten). Läuft eine Beute über den Schlauch wird sie mit den Cheliceren ergriffen und durch den Schlauch ins Innere gezogen.



Weberknechte (Opiliones)

Die meisten Weberknechte haben extrem lange, dünne Beine – damit ist ihr Aktionsradius auf die Bodenoberfläche beschränkt. Im Gegensatz zu den Webspinnen sind Vorder- und Hinterkörper miteinander verschmolzen. Sie verfügen weder über Spinn- noch Giftdrüsen. Zur Feindabwehr dienen mehr oder weniger wirksame Stinkdrüsen.

Einige Arten, wie der **Fadenkanker** *Paranemastoma quadripunctatum*, haben ihre Beinlänge reduziert und können in größere Bodenhohlräume eindringen. Tagsüber findet man den nachtaktiven Fadenkanker in feuchten Wäldern unter Steinen und Totholz. Er jagt Milben, Springschwänze und andere kleine Bodentiere.

Gut an das Bodenleben angepasst haben sich **Brettkanker** (im Bild *Trogulus tricarinatus*). Ihr plattgedrückter Körper trägt nur kurze Beine, die zur Tarnung häufig mit Erdteilchen inkrustiert sind. Bei Gefahr stellen sie sich tot und sind vom Untergrund kaum zu unterscheiden. Brettkanker sind auf die Erbeutung von Gehäuseschnecken spezialisiert.



Skorpione (Scorpiones)

Die 30–50 mm großen Skorpione der Gattung **Euscorpius** sind im südlichen Europa weit verbreitet. Drei Arten kommen auch in Österreich vor, in Tirol vor allem in Süd- und Osttirol, in Nordtirol selten (z.B. Gurgltal, *E. germanicus*). Die großen Pedipalpen (Kiefertaster) tragen kräftige Scheren. Das Kammorgan an der Ventralseite nimmt Bodenvibrationen und Luftströmungen wahr.

Die nachtaktiven Räuber töten die Beute mit dem Giftstachel am schwanzförmig verlängerten Körperende. Für Menschen ist der Stich dieser Arten schmerzhaft, aber ungefährlich.

Skorpione bringen lebende Junge zur Welt, die sich nach der Geburt bis zur ersten Häutung am Rücken der Mutter aufhalten (siehe Bild).



Pseudoskorpione (Pseudoscorpiones)

Pseudoskorpione erinnern an schwanzlose Miniskorpione (2–5 mm). Neben den vier Beinpaaren fallen die langen, mit Scheren bewaffneten Pedipalpen mit einem kleinen Giftzahn auf. Zur Orientierung dienen lange Tasthaare und Trichobothrien (Erschütterungssinn). Die Beute besteht aus kleinen Bodentieren, die mit zangenförmigen Cheliceren bearbeitet und extraintestinal verdaut werden.

Bei Gefahr flüchten Pseudoskorpione in rasantem Tempo im Rückwärtsgang, die Scheren nach vorne gerichtet.

Die Brutpflege ist hoch entwickelt: Eier und Nymphen werden im Brutbeutel intensiv gepflegt und mit Nährflüssigkeit aus dem Ovar versorgt.

Mooskorpione der Gattung **Neobisium** sind die häufigsten Vertreter im Boden, die in Streu und Moos nach Beute jagen. Da sie sich gelegentlich an den Beinen von Fluginsekten festklammern und transportieren lassen, sind sie weit verbreitet.



Milben (Acari)

Die vier Laufbeinpaare der Milben weisen sie als Spinnentiere aus, das erste Entwicklungsstadium hat allerdings nur drei Beinpaare. Etwa die Hälfte der heimischen Arten lebt im Boden, andere leben im Wasser, als Vorratsschädlinge oder als Pflanzen- und Tierparasiten (oft gleichzeitig auch Überträger von Krankheiten).

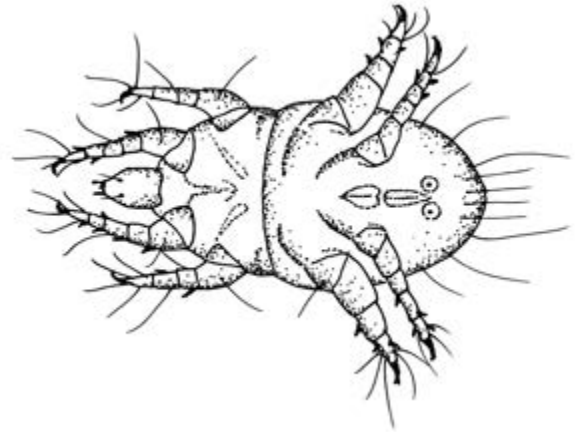
Sie sind alle winzig klein, nur wenige überschreiten deutlich die Millimetergrenze. Der Tastsinn ist ihr wichtigstes Sinnesorgan, Augen fehlen fast immer, ein Helligkeitssinn ist vorhanden.



Auffällig in Farbe und Größe (bis zu 4 mm) sind Vertreter des Samtmilben (Trombididae), vor allem die **Rote Samtmilbe** (*Trombidium holosericeum*). Im Gegensatz zu anderen Milben scheut sie nicht das Sonnenlicht. Sie ernährt sich von Insekteneiern und kleinen Bodentieren. Die Larven parasitieren an Insekten und Weberknechten, wo sie als rote Knöpfe am Körper auffallen (Bild unten).



Die winzigen, unpigmentierten und dünnhäutigen **Wurzelmilben** (*Rhizoglyphus*, Bild rechts Unterseite) zählen zu den wirtschaftlich bedeutsamen Schädlingen, deren Bekämpfung meist schwierig ist. Sie leben von Wurzeln, Knollen und Zwiebeln, viele finden sich auch in verrottetem Pflanzenmaterial. Die Ausbreitung erfolgt durch Phoresie (siehe Schildkrötenmilben).



Die zahlreich im Boden lebenden **Raubmilben** (*Gamasina*) sind flinke Räuber, die mit scherenförmigen Mundwerkzeugen den Körper ihrer Opfer aufschneiden, Verdauungssäfte einspritzen und dann den vorverdauten Nahrungsbrei aufsaugen. Sie erbeuten Nematoden, kleine Springschwänze und andere Milben.



Die plumpen, gut gepanzerten **Schildkrötenmilben** (Uropodina) können ihre Beine in Vertiefungen ihres Körpers zurückziehen (Bild rechts unten). Sie halten sich häufig in verrottetem Material auf, ihre artspezifische Nahrung umfasst eine breite Palette.

Deutonymphen („Wanderstadien“) vieler Schildkrötenmilben lassen sich von Insekten in neue Lebensräume verfrachten (**Phoresie**). Dabei scheiden sie aus dem Darm ein Sekret aus, mit dem sie sich vorübergehend an die Oberfläche des Trägers heften (beide Bilder links unten). Diesen speziellen Ausbreitungsweg kennt man auch von anderen Milben (Wurzelmilben, Käfermilben).





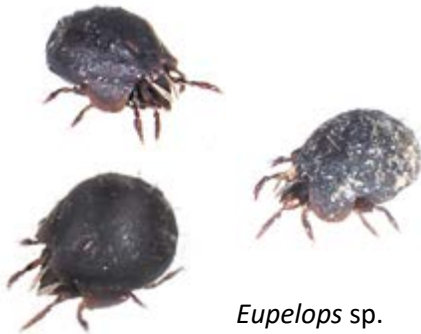
Damaeus sp.



Euzetes globulus



Oribotritia sp.



Eupelops sp.



Hermannia gibba

Hornmilben (Oribatida) sind wegen ihrer hohen Individuenzahl (bis 100.000 Individuen/m²) effektive Folgeersetzer von zerkleinerter und mikrobiell infizierter Blatt- bzw. Nadelstreu. Auch als Katalysatoren der mikrobiellen Aktivität im Boden und als Verbreiter unverdaulicher Pilzsporen sind sie von großer bodenbiologischer Bedeutung. Neben plumpen, stark gepanzerten Formen, die sich bei Gefahr abkugeln und nur schwer zu „knacken“ sind (*), gibt es langbeinige Arten, die sich mit abgestreiften Nymphenhäuten und Erdpartikeln am Rücken tarnen (z.B. *Damaeus*). Hornmilben leben hauptsächlich in den obersten 10 cm des Bodens, vor allem im Rohhumus feuchter Nadelwälder. Im tieferen Boden findet man ungepanzerte, weiße Arten. Hornmilben sind meist heterogen im Boden verteilt und akkumulieren an günstigen Stellen. Die artspezifische Nahrung ist vielfältig: von abgestorbenen Pflanzenteilen und verrottetem Holz, über Pilz-, Bakterien- und Algenbelägen bis zu Aas und Faeces anderer Bodentiere. Hornmilben können auch Zwischenwirte von Bandwürmern sein, die bei Säugern parasitieren.

Tausendfüßer (Myriapoda)

Der Unterstamm der Arthropoden (Gliederfüßer) mit einem mehr oder weniger langgestreckten Körper, bestehend aus gleichförmigen Rumpfsegmenten mit Laufbeinen („myrioi“ = unbestimmt große Zahl), umfasst die Klassen der **Hundertfüßer** (Chilopoda), **Zwergfüßer** (Symphyla), **Wenigfüßer** (Pauropoda) und **Doppelfüßer** (Diplopoda).

Hundertfüßer (Chilopoda)

Chilopoden sind durchwegs Räuber, viele sind außerordentlich wehrhaft. Ihr erstes, zu Kiefern differenziertes Beinpaar (**Maxillipeden**) ist mit einer Giftdrüse ausgestattet, sodass auch größere Beutetiere überwältigt werden können (kleines Bild rechts). Die mehr oder weniger einheitlichen Körpersegmente tragen je ein Laufbeinpaar, das letzte ist stark verlängert. Die Beute wird durch Kontakt mit den sensiblen Antennen erkannt. In die Bisswunde der erlegten Beute werden Verdauungssekrete erbrochen und der vorverdaute Brei aufgenommen.

Steinläufer sind empfindlich gegenüber Austrocknung, daher leben die meisten Arten in der Streu von Wäldern. Der **Gemeine Steinläufer** (*Lithobius forficatus*) ist der größte heimische Vertreter (bis 30 mm), der auch Gärten und offenes Gelände besiedelt. Der abgeplattete Körper trägt 15 Laufbeinpaare (bei Jungtieren weniger), im letzten verlängerten Beinpaar befinden sich Wehrdrüsen, die bei Bedrängnis Klebefäden ausstoßen.





Die heimischen ***Cryptops*** Arten (etwa 30 mm) mit 21 Beinpaaren bevorzugen Böden warmer Wälder. Sie sind nahe Verwandte der Skolopender (bis 150 mm) des Mittelmeerraumes.

Die Eier und ersten Jugendstadien werden von der Mutter bewacht und gepflegt (siehe Bild).



Der **Erdkriecher *Geophilus flavus***, der häufigste heimische Geophiliidae, lebt nicht nur im Wald, sondern auch in Wiesen und Äckern. Sein dünner, langgestreckter Körper (15–40 mm) mit 49–75 Beinpaaren erlaubt ihm, tief in das Lückensystem des Bodens einzudringen.

Seine Blindheit wird durch zahlreiche Sinneshaare (nicht nur an den Antennen, sondern am ganzen Körper) kompensiert. Die Wehrdrüsen befinden sich auf der Bauchseite.

Erdkriecher überfallen erstaunlich große Beutetiere (z.B. kleine Regenwürmer) in die sie sich hineinbeißen und die unmittelbare Umgebung äußerlich verdauen.

Erdkriecher betreiben Brutpflege.

Doppelfüßer (Diplopoda)

Bei Diplopoden sind jeweils zwei Körpersegmente miteinander verwachsen, sodass der Eindruck von zwei Beinpaaren pro Segment entsteht. Geschlüpfte Jungtiere haben deutlich weniger Segmente als Adulte. Gemeinsames Merkmal ist die große bodenbiologische Funktion als Primärersetzer, die Körperformen können sehr unterschiedlich sein.

Die häufigsten Vertreter gehören der Ordnung der **Schnurfüßer** (Julida) an. Durch ihren wurmförmigen, vielgliedrigen, gepanzerten Körper können sie bulldozerartig tief in den Boden eindringen („Rammtyp“), wenngleich sie nachts auch an die Oberfläche kommen. So wie Regenwürmer tragen sie zur Bildung von Ton-Humus-Komplexen und zur Lockerung des Bodens bei (vor allem dort, wo Regenwürmer seltener sind). Ihre Nahrung besteht hauptsächlich aus totem Pflanzenmaterial und Pilzgeflechten. Obwohl feuchter Waldboden der bevorzugte Lebensraum der meisten Diplopoden ist, gibt es Arten, die auch in offenem Gelände leben, wie z.B. der **Feldschnurfüßer** (*Cylindroiulus caeruleocinctus*). Bei Massenvermehrung kommt es im urbanen Raum zu Anhäufungen am Rand von Gebäuden, auf Hausmauern und in Wohnungen, wo die Tiere nach ihren nächtlichen Wanderungen stranden.



Der 8–15 mm große **Getüpfelte Tausendfuß** (*Blaniulus guttulatus*) ist blind, weiß und an den Seiten leuchten die roten Wehrdrüsen durch. Sein Lebensraum reicht von feuchten Wäldern bis zu Äckern. Wird seine natürliche Nahrung (totes Pflanzenmaterial) knapp, nagt er Wurzeln und Feldfrüchte an. Bei anhaltender Trockenheit deckt er so seinen Wasserbedarf und kann dadurch Schäden in der Landwirtschaft verursachen.





Bei Belästigung ringeln sich Juliden ein, mit dem Kopf im Zentrum. Die Abgabe von **Wehrflüssigkeit** (braune Tröpfchen im Bild) schützt sie vor dem Gefressen werden.

Bei Juliden bestehen die aggressiven, intensiv riechenden Substanzen aus Chinon-Verbindungen (bei Polydesmiden aus Blausäure und bei Glomeriden aus Alkaloiden).

Abgebildet ist der im Mittelmeerraum oft in Massen vorkommende ***Pachyiulus varius***.

Die augenlosen **Bandfüßer** (Polydesmida) erkennt man an den breiten, seitlich vorstehenden Rückenplatten, mit denen sie in enge Spalten eindringen können („Keiltyp“). Sie ernähren sich von abgestorbenem Pflanzenmaterial und morschem Holz. Der bis 22 mm lange ***Polydesmus complanatus*** ist ein häufiger Waldbewohner, den man leicht unter Baumrinden und Totholz findet. Die Spitzen der Rückenplatten sind mehr oder weniger hell gefärbt.



Glomeris connexa



Saftkugler (Glomerida) haben eine asselförmige Gestalt. Bei Gefahr kugeln sie sich ein und sind leicht mit Rollasseln zu verwechseln (Seite 18). Alle Körpersegmente sind jedoch im Gegensatz zu Asseln annähernd gleich breit und die hinteren Segmente tragen jeweils zwei Beinpaare. In eingerolltem Zustand ist im Gegensatz zu den Asseln der Kopf nicht sichtbar.

Wie auch andere Diplopoden sind Saftkugler mit Wehrdrüsen ausgestattet (– Name!). Glomeriden sind vorwiegend Waldbewohner im Auflagehorizont des Bodens und fressen moderndes Laub und mikrobiellen Aufwuchs.

Alpen-Saftkugler
Glomeris transalpina

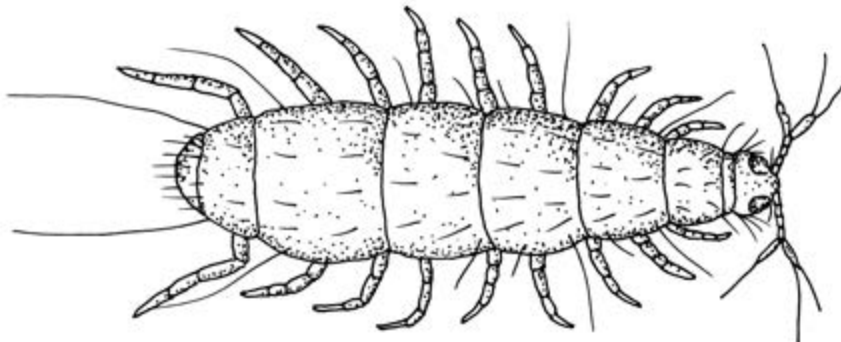


Klein, wurmförmig, unpigmentiert und augenlos, aber ausgestattet mit empfindlichen Mechano- und Chemorezeptoren, das sind die charakteristischen Merkmale **euedaphischer Lebensformen** (Bewohner des Lückensystems tieferer Bodenschichten), die es bei vielen Tiergruppen gibt. Innerhalb der Myriapoden wird dieser Typus von zwei Klassen, den **Symphylen** und **Pauropoden** repräsentiert. Durch fehlenden Verdunstungsschutz sind sie in ihrem Lebensraum auf hohe Luftfeuchtigkeit angewiesen. Entwicklungsstadien haben weniger Beine als Adulte.



Zwergfüßer (Symphyla)

Die meist nur 5 mm großen Symphylen sind mit zwei langen Antennen, 12 Beinpaaren und zwei kurzen Körperanhängen mit Spinnrüsen ausgestattet. Da sie im Lückensystem bei Angriff durch Räuber wenig Bewegungsfreiheit haben, wehren sie sich durch Ausstoßen von Spinnfäden. In humusreichen Böden können sie hohe Dichten (im Extremfall bis zu mehreren Tausend Individuen pro Quadratmeter) erlangen. Das Nahrungsspektrum der Symphylen reicht von Bakterien, Pilzen und Aas bis zu abgestorbenen Pflanzenteilen. Einige Arten fressen Wurzelhaare und können dadurch Schäden in der Landwirtschaft verursachen.



Wenigfüßer (Pauropoda)

Die nur 0,5–2 mm großen Pauropoden haben neun Beinpaare und verzweigte Antennen. Sie bevorzugen humose Böden. Neben den meist weißen gibt es auch pigmentierte Arten. Sie beißen Pilzhyphe auf und saugen sie aus.

Sechsfüßer (Hexapoda)

Die Klasse der Hexapoden umfasst die primär flügellosen **Entognatha** (mit **Collembolen**, **Dipluren** und den 1–2 mm großen **Proturen**), deren Mundwerkzeuge in einer Tasche liegen – und die **Insekten**. Der Körper ist dreigeteilt in Kopf, Brust (mit drei Beinpaaren) und Hinterleib.

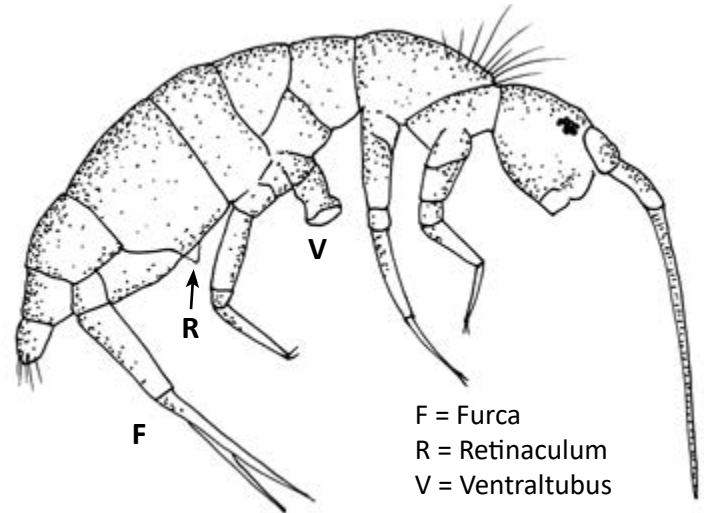
Bei den meisten Insektenordnungen tragen die letzten beiden Brustsegmente je ein Paar Flügel, die bei einzelnen Gruppen rückgebildet sein können. Charakteristisch für Insekten ist die Tracheenatmung (die bereits bei Myriapoden zu finden ist). Tracheen sind ein durch Einstülpungen der Haut entstandenes inneres Röhrensystem, über das Sauerstoff direkt (ohne Umweg über das Blut) an das Gewebe geleitet wird.

Springschwänze (Collembola)

Springschwänze (0,3-7 mm) sind primär flügellose „Urinsekten“, die auf Grund ihres massenhaften Vorkommens von großer bodenbiologischer Bedeutung sind. Namensgebend ist ihre Sprunggabel (**Furca**) am 4. Hinterleibssegment, die in Ruhe nach vorne geklappt in einer Haltevorrichtung (**Retinaculum**) eingerastet ist. Bei Gefahr schnellst die Furca auf die Unterlage, wodurch das Tier je nach Gruppe mit einem Salto vor- oder rückwärts bis zu 35 cm weit springen und der Gefahr entkommen kann. Ein weiteres charakteristisches Merkmal ist der **Ventraltubus**, ein stempelartiges Organ mit ausstülpbaren paarigen Blasen oder langen Schläuchen (bei Kugelspringern). Diese Ausstülpungen dienen dem Wasser- und Ionenhaushalt, zusätzlich auch zum Atmen und zum Anhaften an glatte Unterseiten. Normalerweise erfolgt der Gasaustausch über die Körperoberfläche, nur wenige Arten haben einfache Tracheen entwickelt (Kugelspringer).

Collembolen sind ein wichtiges Glied der Nahrungskette im Boden. Einerseits ernähren sie sich von zerfallenden pflanzlichen oder tierischen Substanzen, Algen, Pilzen, Bakterien und Faeces anderer Bodentiere (einige sind räuberisch) und tragen so zum Abbau der organischen Substanz bei.

Je nach Ernährungstyp sind kauende, schabende, ritzende oder stechend-saugende Mundwerkzeuge im Einsatz. Vor allem aber wirken Collembolen als Katalysatoren der mikrobiellen Aktivität, weil ihre Ausscheidungsprodukte die Angriffsfläche für Mikroorganismen verbessern und sie zur Verbreitung von Mikroorganismen beitragen. Andererseits sind Collembolen eine wichtige Nahrungsgrundlage für viele räuberische Bodenorganismen, von Raubmilben über Spinnen bis zu Ameisen und Käfern.



Die Besiedlungsdichte der Collembolen ist abhängig vom Nahrungsangebot, von Hohlräumen (Collembolen können nicht graben) und von möglichst konstanten, feuchten Umweltbedingungen. Die höchsten Dichten findet man daher im Kompost (hohe Individuendichte, aber geringe Artenzahl), in den tiefen Rohhumusschichten von Nadelholzwäldern und in der flachen Vermoderungsschicht von Laubwaldböden. Grün- und Ackerland sind hingegen hohen mikroklimatischen Veränderungen unterworfen und daher unterschiedlich stark besiedelt. Dank ihrer Wasser abstoßenden (hydrophoben) Oberfläche überdauern sie bei Überschwemmung des Bodens in einer Luftblase, die als „physikalische Lunge“ fungiert.



Orchesella flavescens

Epedaphische Collembolen leben in der Streuauflage und im Moos.

Es sind oft große Arten (3–5 mm), die stark pigmentiert sind und ihren Körper mit vielen Borsten oder Schuppen vor Wasserverlust schützen. Fühler, Beine und Sprunggabel sind lang und kräftig. Mit ihren kauenden Mundwerkzeugen bearbeiten sie totes pflanzliches Material.



Tomocerus vulgaris
(mittleres Bild)



Pogonognathellus longicornis

Euedaphische Arten besiedeln das Lückensystem des Bodens, sind klein (oft unter 1 mm) und zeigen zunehmend Tendenz zu einem wurmförmigen Körper mit kurzen Beinen und Fühlern. Die Pigmentierung ist reduziert (viele Arten sind weiß), auch die Augen sind rückgebildet (**Blindspringer**, Onychiuridae). Die Sprunggabel, im Lückensystem nutzlos geworden, ist ebenfalls rückgebildet oder fehlt vollständig. Als alternativen Schutz vor räuberischen Arthropoden haben sie an ihrer Körperoberfläche Abwehrdrüsen (Pseudocellen) entwickelt, deren Sekret Fressfeinde abschreckt.



Collembolen bewohnen auch extreme Lebensräume, wie Wasseroberflächen oder Gletscher. Der Gletscherfloh, dessen Vorzugstemperatur knapp über dem Gefrierpunkt liegt, ernährt sich von Pollen und Algen. Dank seiner Gefrierschutzproteine überlebt er Frost.

Einige Arten der Familie **Isotomidae** sind auch im Winter aktiv: An warmen Wintertagen erscheinen sie an der Oberfläche und färben den Schnee schwarz („**Schneeflöhe**“). Die Massenwanderungen dürften dem Auffinden neuer Lebensräume dienen.



„Schwarzer Schnee“
in einer Traktorspur



Aggregationen und Wanderungen von Springschwänzen findet man auch in der warmen Jahreszeit, z.B. beim Feuchtigkeit liebenden *Isotomurus palustris*, dessen Ansammlungen in Pfützen auffallen.



Bilobella aurantiaca

Vertreter der stark pigmentierten **Neanuridae** sind plump gebaut und ihre Sprunggabel ist meist rückgebildet. Man findet sie oft in der Streu oder unter Rinden. Mit ihren Mundwerkzeugen öffnen sie Zellen von Pilzhypen oder Algen und saugen deren Inhalt. Andere Arten weiden mit besenartigen Mundwerkzeugen den gallertigen Bakterien Schleim an Oberflächen ab.



Die meist unter einem Millimeter großen **Kugelspringer** (Sminthuridae) weichen in mehrfacher Hinsicht vom üblichen Collembolen-Muster stark ab und zeigen ein komplexes Paarungsverhalten. Durch ihre großen Köpfe und den zu einer Kugel verschmolzenen Körpersegmenten sind sie unverwechselbar. Die ausstülpbaren Schläuche des Ventraltubus werden auch zum Säubern des Körpers verwendet (weißer Pfeil). Die plumpen Tiere überraschen mit enormem Sprungvermögen (roter Pfeil: Sprunggabel). Viele Arten leben oberflächlich und steigen bei feuchtem Wetter auf Totholz und Baumstämme, wo sie Algen abweiden, so auch der **Dunkelbraune Kugelspringer** (*Allacma fusca*, siehe auch Titelbild).

Andere knabbern in der Vegetation an Blättern, der weltweit verschleppte Luzernefloh (*Sminthurus viridis*) kann sogar Schäden in der Landwirtschaft verursachen.



Diplura (Doppelschwänze)

Die 3–6 mm kleinen, pigmentlosen Dipluren sind Bewohner der Lückenräume oberer Bodenschichten. Die Vertreter der **Campodeidae** haben lange, perlformige Antennen und Cerci (Körperanhänge), ausgestattet mit einer großen Zahl von Sensillen mit unterschiedlichen Funktionen, die die Augenlosigkeit kompensieren. Die meisten ernähren sich von organischen Abfällen und Pilzmycel.

Die räuberisch lebenden Japygidae haben zangenförmige Cerci. Sie sind wärmeliebend und leben hauptsächlich im Mittelmeerraum.





Felsenspringer (Machilidae)

Felsenspringer (10–15 mm) zählen zu den ursprünglichsten, primär flügellosen Insekten. Sie sind an das Leben auf Fels angepasst. Man findet sie bis ins Hochgebirge, wo sie sich von Algenaufwuchs und Flechten ernähren und so zur Humusbildung auf felsigen Rohböden beitragen. Ihr tarnfärbiger Körper ist mit Schuppen und Borsten bedeckt. Neben langen Antennen sind drei Körperanhänge (zwei Cerci und ein langer Terminalfaden) charakteristisch. Bei Gefahr retten sich Machiliden durch einen Sprung, indem sie mit dem Abdomen gegen den Boden schlagen. Im Gegensatz zu höher entwickelten Insekten häuten sich Felsenspringer auch nach der Geschlechtsreife.

Ohrwürmer (Dermaptera)

Die vor allem bei Männchen großen Cerci der Ohrwürmer spielen bei Verteidigung, Rivalenkämpfen, Paarung und Beutefang eine Rolle. Die nachtaktiven Ohrwürmer sind Allesfresser, die sich nicht nur am Boden aufhalten, sondern auch auf Pflanzen klettern und sich dort als Blattlausvertilger nützlich machen. Die Weibchen betreiben intensive Brutpflege.

Der **Waldohrwurm** (*Chelidura acanthopygia*) hält sich im Frühjahr und Herbst in der Streu von Laub- und Mischwäldern auf, im Sommer findet man ihn auch im Gebüsch. Er hat seine Flügel zurückgebildet.

Bei anderen Arten – z.B. dem **Gemeinen Ohrwurm**, *Forficula auricularia* – sind die häutigen Flügel unter den kurzen Deckflügeln mehrfach zusammengefoldet (er ist flugfähig, aber keineswegs flugfreudig).





Grillen (Gryllidae)

Die Vorderbeine der 35–50 mm großen **Maulwurfsgrylle** (*Gryllotalpa gryllotalpa*) sind zu Grabschaufeln umgewandelt, mit denen sie in eher feuchten Böden ausgedehnte Gangsysteme mit Kammern anlegt. Ihre Hauptnahrung besteht aus Bodentieren, nur bei Nahrungsmangel vergreift sie sich an lebenden Pflanzenteilen. Schäden können auch durch die Grabtätigkeit selbst entstehen.

Singzikaden (Cicadidae)

Der ohrenbetäubende Gesang der Singzikaden ist jedem Sommerurlauber am Mittelmeer bekannt, aber auch in Mitteleuropa leben einige Arten: in Südtirol vier, in Nordtirol eine Art (Bergzikade *Cicadetta montana*). Ihre Larven leben tief im Boden und saugen an Wurzeln. Nach einer mehrjährigen Larvalzeit graben sie sich mit ihren schaufelförmigen Vorderbeinen an die Oberfläche, klettern auf Bäume oder Sträucher und schlüpfen. Die leere Larvenhülle bleibt noch lange im Geäst hängen (Bild).





Ameisenlöwe (Myrmeleontidae)

Der Ameisenlöwe (*Myrmeleon formicarius*), die Larve der Ameisenjungfer (ein Netzflügler, Neuroptera), legt in sandigem, in unseren Breiten vor Regen geschütztem Boden (z.B. unter Felsen oder Brücken) kleine Trichter an (Bild oben). Sie dienen als Fallgruben für Insekten, vor allem Ameisen. Rutscht eine potentielle Beute in den Trichter, wird diese vom Ameisenlöwen mit Sandkörnern beworfen, bis die „Sandlawine“ das Tier zum Trichterboden befördert. Mit dolchartigen Mandibeln wird das Tier ergriffen, Verdauungssäfte werden hineingepumpt und der verdaute Saft wird aufgesogen. Die Insektenhülle fliegt in hohem Bogen hinaus. Der Darm des Ameisenlöwen endet blind. Erst bei der Verpuppung werden die wenigen Verdauungsrückstände als Mekonium ausgeschieden.



Laufkäfer (Carabidae)

Die artenreichen, fast ausschließlich bodenlebenden Laufkäfer (die meisten haben ihr Flugvermögen eingebüßt) sind vorwiegend nachtaktive, flinke Räuber mit langen Beinen. Neben kleinen Arten, die problemlos in das Lückensystem des Oberbodens eindringen, jagen größere oberflächlich und suchen nur tagsüber Verstecke im Boden auf. Nur wenige ernähren sich von Pflanzen (z.B. der für die Landwirtschaft schädliche Getreidelaufkäfer). Die Lebensweise der Larven ist ähnlich der von Adulten. Ihre Beute sind Insekten, Regenwürmer und Schnecken. In der Landwirtschaft machen sich die meisten Arten durch Reduktion von Schädlingen nützlich.

Der nachtaktive **Goldglänzende Laufkäfer** (*Carabus auronitens*) bewohnt kühle, feuchte Wälder. Durch seine gold-grün-rot schillernde Färbung ist er auffällig, aber leicht mit dem vorwiegend tagaktiven Goldlaufkäfer (*Carabus auratus*) zu verwechseln. Wie alle *Carabus*-Arten wehrt er sich durch Abgabe eines übel riechenden Sekrets aus der Anldrüse.



Der **Bartläufer** *Leistus nitidus* lebt in der Streuschicht feuchter Wälder, er hat sich auf den Fang von Collembolen spezialisiert. Breit ausladende Oberkiefer (Mandibel) und die mit langen Borsten besetzten übrigen Mundwerkzeuge bilden einen nach unten geöffneten Korb, der ein Entkommen der springenden Beute erschwert.

Weitere Collembolen-Spezialisten haben andere Strategien entwickelt, wie z.B. der Krummhornkäfer (*Loricera pilicornis*), der Collembolen durch Zusammenklappen seiner mit Borsten bewehrten Antennen fängt.





Der **Kopfkäfer** (*Broscus cephalotes*) ist ein nachtaktiver Räuber auf kargen, sandigen Böden (Ruderalflächen und Flussufern) wo er sich tagsüber in selbst gegrabenen Gängen versteckt. Seine Larve lebt vorwiegend unterirdisch.



Die Larven kleinerer Laufkäferarten sind meist schlank und wendig, z.B. die des **Rotköpfigen Dammläufers** (*Nebria picicornis*), der schottrige Flussufer bewohnt. Die Beute besteht aus angespülten Tieren und schlüpfenden Wasserinsekten.

Die Larven der **Großlaufkäfer** (*Carabus*) sind plump und erinnern an überlange schwarze Asseln. Sie sind gefräßige, nachtaktive Räuber, die es vor allem auf Regenwürmer und Nacktschnecken abgesehen haben. Wie auch die erwachsenen Tiere würgen sie Verdauungssäfte über die Beute und saugen den Nahrungsbrei auf (im Bild mit einer Nacktschnecke).



Kurzflügler (Staphylinidae)

Die typischen Vertreter der artenreichen Familie der Kurzflügler sind an den verkürzten Deckflügeln (Elytren) leicht zu erkennen. Trotzdem sind die meisten Arten flugfähig, die häutigen Hinterflügel sind unter den Elytren zusammengefasst (siehe auch Seite 38). Ihr meist sehr schlanker, beweglicher Körper erlaubt den Kurzflüglern in das Lückensystem des Oberbodens einzudringen, viele sind zudem klein. Die meisten Arten leben räuberisch, teilweise auch von Pilzen und pflanzlichem Material. Kurzflügler bevorzugen eher feuchte Habitate.

Kurzflügler schützen sich vor Feinden durch Abgabe ätzender Flüssigkeiten aus der Pygidialdrüse am Hinterleibsende. An Gewässerufern lebende **Schmalkurzflügler** (*Stenus* sp.) reiben sich nicht nur den Körper mit diesem (auch antimikrobiell wirksamen) Sekret ein, sie benutzen es auch zur passiven Fortbewegung an der Wasseroberfläche: Ein abgegebener Sekrettpfropfen spreitet auf der Oberfläche aus, an dessen Vorderrand der Käfer vorangetrieben wird (Spreitungsschwimmen). Dank seiner hydrophoben Beinsoberfläche geht er nicht unter. Dabei können erstaunliche Geschwindigkeiten von bis zu 40 cm/sec erreicht werden.

Bemerkenswert ist auch der spezielle Beutefangmechanismus der *Stenus*-Arten: Einem Chamäleon ähnlich schnellen sie ihre Zunge (Labium) vor (siehe Bild), fixieren die Beute (z.B. Collembolen) mit Hilfe eines Klebepolsters an der Spitze und führen sie zur Mundöffnung.

Die Haemolymph des tagaktiven, auf sandig/schottrigen Flussufern lebenden ***Paederidus rubrothoracicus*** (Bild unten) enthält eine von Bakterien gebildete, hoch giftige Substanz (Pederin). Sie kann beim Menschen schwere, andauernde Entzündungen verursachen, wenn sie auf empfindliche Hautstellen gelangt.





Othius punctulatus findet man überall dort, wo sich totes Pflanzenmaterial sammelt, vor allen in der Streuschicht von Wäldern (Bild oben).

Schnellräuber der Gattung *Tachyporus* sind eine der häufigsten Staphyliniden, die in der Bodenstreu nach Beute jagen. Im Bild ***Tachyporus ruficollis***



Der **Vierfleckige Kahnkäfer** (*Scaphidium quadrimaculatum*) weicht mit seinen langen Elytren und seiner Körperform vom allgemeinen Staphyliniden-Muster deutlich ab. Auf Totholz, Baumschwämmen und in der Bodenstreu ernährt er sich von Pilzen.



Schnellkäfer (Elateridae)

Die Larven der Schnellkäfer sind langgestreckt, mehr oder weniger stark pigmentiert und sklerotisiert. Sie leben grabend in der Erde, unter Rinden oder im vermoderten Totholz, wo sie sich von lebenden und toten pflanzlichen Stoffen ernähren, manche sind Räuber.

Unter den Bedingungen in Kulturböden haben sich einige Arten zu Schädlingen („**Drahtwurm**“) entwickelt, vor allem dann, wenn der Boden trocken ist. Dort fressen sie nicht nur an Wurzeln, sondern bohren sich auch in Feldfrüchte ein, um ihren Feuchtigkeitsbedarf zu decken. Kartoffeln weisen schwarze Bohrlöcher auf und sind dann nicht mehr vermarktungsfähig. Durch die Schädigungen können auch pathogene Mikroorganismen in die Pflanzen eindringen.

Die Entwicklung dauert meist 2-4 Jahre.



Eine im Holzmulm lebende **Schnellkäferlarve** (Bild oben).

Agriotes obscurus, eine der in der Landwirtschaft schädlichen Schnellkäferlarven.

In Österreich sind fünf weitere *Agriotes*-Arten von landwirtschaftlicher Bedeutung.



Blattkäfer (Chrysomelidae)

Der **Maiswurzelbohrer** (*Diabrotica virgifera*) ist in den 90er Jahren von Nordamerika nach Europa eingeschleppt worden und hat sich seit 2002 auch in Österreich, ausgehend von der tschechischen Grenze, kontinuierlich nach Westen ausgebreitet. Sowohl Larven als auch Käfer verursachen große Schäden. Die Larven fressen von Mai bis Juni Maiswurzeln bzw. bohren sich in größere Wurzeln hinein, sodass die Pflanze den Halt verliert und umkippt. Die Käfer erscheinen im Juli und fressen Pollen, Narbenfäden und milchreife Körner. Die wirksamste Bekämpfung ist eine Fruchtfolge, chemische und biologische Maßnahmen (Nematoden, Pilze) sind nur bedingt erfolgreich.





Maikäfer & Co (Melolonthidae)

Der Maikäfer (*Melolontha melolontha*), kann massive Schäden in der Land- und Forstwirtschaft verursachen. Während seiner 3–4jährigen Entwicklungszeit lebt er im Boden, ernährt sich zunächst auch von abgestorbenen Pflanzenteilen, dann aber zunehmend von lebenden Wurzeln. Schäden treten vor allem in Jahren der periodisch auftretenden Massenvermehrung auf. Schäden der adulten Käfer durch Blattfraß sind wesentlich geringer.

Daneben verursachen auch **Engerlinge** des **Brachkäfers** (*Amphimallon solstitialis*, linkes Bild) und des Gartenlaubkäfers (*Phyllopertha horticola*) Schäden, vor allem auf Rasenflächen. Die Engerlinge dieser Arten sehen sich zum Verwechseln ähnlich. Ein einfaches Unterscheidungsmerkmal: auf den flachen Boden gelegt, kriecht die Brachkäferlarve am Bauch, die des Maikäfers torkelt unbeholfen auf der Seite; die Larve des Gartenlaubkäfers wird mit 15 mm nur 1/3–1/4 so lang wie die der anderen Arten.



Die Bekämpfung von Engerlingen erfolgt heute meist durch Pilze. *Beauveria brongniartii* gegen Engerlinge des Maikäfers wird in Form von „Pilzgerste“ ausgebracht. Das Bild zeigt einen von *Metarhizium anisopliae* überwucherten Engerling des **Gartenlaubkäfers** (*Phyllopertha horticola*). Der Pilz wird über Reiskörner ausgebracht und befällt auch andere Käferlarven, wie z.B. die des Dickmaulrüsslers (*Otiorhynchus* sp.).

Neben dem Maikäfer und seinen Verwandten können auch die Larven von Rüsselkäfern (Dickmaulrüssler: *Otiorhynchus*) und Schmetterlingen (Erdeulen: Noctuidae) Schäden an Wurzeln von Kulturpflanzen verursachen.

„Mistkäfer“

Die hochwertigen Exkremente großer Pflanzenfresser sind ein „kleines Universum“ für sich. Neben Mikroorganismen, Nematoden und Regenwürmern tragen Larven von Fluginsekten maßgeblich zum Abbau bei. Auch viele Räuber lassen nicht lange auf sich warten. Die Larven von koprophagen Fliegen und Dungkäfern (Aphodiidae) entwickeln sich im Dung selbst. Andere Käfer vergraben Kotballen in der Erde und tragen dabei zur Verteilung des Materials und zur Durchlüftung des Bodens bei.

Das Weibchen des **Wald-Rosskäfers** (*Anoplotrupes stercorosus*, Fam. Geotrupidae) gräbt mit Unterstützung des Männchens neben dem Dunghaufen tiefe Stollen mit Seitengängen in die Erde. Die Endkammern werden mit Kot und einem Ei bestückt.

Käfermilben (*Parasitus coleoptratorum*) missbrauchen Mistkäfer als Taxi zum nächsten Kuhfladen (Phoresie), wo sie sich von Nematoden ernähren.



Pillendreher gibt es nicht nur in südlichen Regionen, einige kleinere Vertreter dringen bis nach Mitteleuropa vor, so auch der **Matte Pillendreher** (*Sisyphus schaefferi*, Fam. Scarabaeidae), der stellenweise im östlichen und südlichen Österreich vorkommt. Bevorzugt aus Schafskot werden Kugeln geformt und an Orte gewälzt, wo sie leicht zu vergraben sind. Für die Aufzucht von Larven schieben und ziehen Männchen und Weibchen die Kotkugel gemeinsam und mit großer Geduld über manche Hindernisse hinweg. Über die Richtung sind sie sich mitunter nicht einig und kommen dann einige Zeit lang nicht vom Fleck („Sisyphusarbeit“).



Ameisen (Formicidae)

Wespen und Bienen legen Brutkammern für ihren Nachwuchs oft im Boden an. Von bodenbiologischer Bedeutung unter den **Hautflüglern** (Hymenoptera) sind aber nur Ameisen, die stellenweise bis zu 70 % der Biomasse der gesamten Insektenpopulation ausmachen. Die meisten lieben Wärme und Trockenheit, sie kommen daher gehäuft dort vor, wo die Dichte anderer Bodentiere geringer ist.

- Ameisen tragen zur Umschichtung von Bodenmaterial bei und übernehmen diesbezüglich in trockenen Habitaten teilweise die Funktion von Regenwürmern.
- Als Räuber bewirken sie ein Gleichgewicht im Ökosystem und einen bedeutenden Eintrag von Stickstoff.
- Sie tragen zur Verbreitung von Pflanzensamen bei.
- Arten, die im Holz nisten, beschleunigen den Abbau von Totholz.



Die nur 2–4 mm große **Gelbe Wiesenameise** (*Lasius flavus*) lebt unterirdisch, vorwiegend auf Grasflächen. Sie kommt kaum an die Oberfläche, außer beim Schwärmen der Geschlechtstiere an warmen Sonnentagen. Meist bemerkt man sie nur an aufgeworfenen, bewachsenen Erdhügeln (linkes Bild) oder unter Steinen. Dichte Bestände von Wiesenameisen können pro Jahr und Hektar bis zu sieben Tonnen Erde bewegen. Sie ernährt sich fast ausschließlich vom Honigtau (Zuckerausscheidungen) der Wurzelläuse (**Trophobiose**), fallweise werden diese auch gefressen.



Formica aquilonia ist die dominante **Waldameisenart** in montanen Nadelwäldern der Ostalpen. Neue Kolonien werden meist als Zweignester begründet, sodass Superkolonien mit vielen Nestern entstehen (Polydomie). In den Staaten sind jeweils viele Königinnen aktiv (Polygynie). Je schattiger der Standplatz, desto höher der Ameisenhaufen. Die Arbeiterinnen erbeuten nicht nur tierische Nahrung (Reduktion von Forstschädlingen), ein erheblicher Teil der Nahrung besteht aus Honigtau von Baumläusen.

Bild unten: Waldameisen in Abwehrstellung: Die Mandibeln werden zum Angriff gespreizt und dem Feind wird aus dem nach vorne gebogenen Hinterleib ätzende Ameisensäure entgegen gespritzt.





Köcherfliegen (Trichoptera)

Köcherfliegenlarven leben aquatisch, ausgenommen die drei Arten der europäischen Gattung *Enoicyla*, die sich an Land entwickeln.

Enoicyla reichenbachii lebt in schattigen Laubwäldern mit hoher Luftfeuchtigkeit, wo sie sich von Laubstreu und Algenaufwuchs an Baumstämmen ernährt. Das selbst gebaute Gehäuse besteht aus abgestorbenen Pflanzenteilen.

Die Adulten erscheinen im Herbst, die Weibchen sind flugunfähig.



Schnabelfliegen (Mecoptera)

Der **Winterhaft** (*Boreus westwoodi*) ist eine flugunfähige Schnabelfliege (links das Männchen mit Flügelresten, mit denen bei der Paarung das Weibchen festgehalten wird). Seine alles fressenden, raupenähnlichen Larven leben im Moos von Wäldern. Die Adulten (3,5–4 mm) findet man zwischen November und März an warmen Wintertagen u. a. auf Schneeflächen. Bei Störung springen sie bis 20 cm weit und bleiben dann kurzfristig regungslos liegen. Sie überleben Temperaturen bis -17°C .

Zweiflügler (Diptera)

Dipteren haben nur ein paar Flügel ausgebildet, das hintere Flügelpaar wurde zu Schwingkölbchen (**Halteren**) umgewandelt (dünner Stiel mit einer köpfchenartigen Verdickung am Ende). Während des Flügelschlages schwingen die Halteren mit, sie liefern wichtige Informationen für die Flugsteuerung.

Viele der beinlosen Larven von Dipteren – **Mücken** (Nematocera) und **Fliegen** (Brachycera) – zählen zu den wichtigsten Bodentieren, die zum Abbau organischer Substanzen beitragen.

Die grauen, walzenförmigen **Schnakenlarven** (Tipulidae) sind auf Grund ihrer kräftigen Mundwerkzeuge wichtige Primärzersetzer im Wald. Im Hochgebirge übernehmen sie zusammen mit Enchyträen die Funktion der fehlenden Regenwürmer. Im Kulturland können sie bei Massenvermehrung Schäden verursachen, wenn sie aus Futtermangel Wurzeln fressen und nachts an der Oberfläche Jungpflanzen schädigen (Wiesen- und Kohlschnake).



Spektakulär ist das Hinterende der Schnakenlarven (Bild links): Zwei Stigmen (Atemöffnungen), sechs lappige Fortsätze und die Afterpapille bilden eine Art „Teufelsfratze“.



Jeder kennt die winzigen, schwarzen **Trauermücken** (Sciaridae), die vor allem im Winter in Wohnungen auffallen. Die Larven entwickeln sich in Blumentöpfen und knabbern in Ermangelung organischer Substanzen an Wurzeln von Zimmerpflanzen. In der Natur bevorzugen sie humose Böden und tragen zum Abbau von Streu bei.

Aufsehen erregend ist die Massenvermehrung des Heerwurmes (*Sciara militaris*), wenn sich meterlange Prozessionen von dicht aneinander gedrängten Larven durch das Gelände bewegen, um geeignete Verpuppungsplätze aufzusuchen.



Die Larven der **Haarmücken** (Bibionidae) sind wichtige Zersetzer in Wäldern und finden sich oft in Massen im Auflagehorizont des Bodens, vor allem in der Nähe von Baumstümpfen. Die Larven sind zunächst stark behaart und tragen später stachelige Fortsätze.

Mückenlarven haben fast immer eine gut entwickelte Kopfkapsel mit meist beißenden Mundwerkzeugen (**eucephale Larven**).



Gnitzen (Ceratopogonidae) saugen je nach Art Haemolymph von Insekten oder Wirbeltierblut. Sie sind auch Überträger von Krankheiten. Die Larven entwickeln sich im Wasser oder an Land, wie z.B. **Forcipomyia sp.**, die zerfallende pflanzliche Stoffe verwertet. Am Vorderkörper befindet sich ein Fußstummel (mit Larven von Zuckmücken zu verwechseln, die aber keine Borsten tragen).



Die Larven der **Pilzmücken** (Mycetophilidae) sind Ärgernis eines jeden Pilzsammlers. Daneben gibt es aber auch Arten, deren Larven mikrobielle Beläge von Totholz abweiden und sich vor Feinden tarnen. **Phronia sp.** (links unten) baut mit ihren Exkrementen ein Hütchen, unter dem sie sich versteckt (Mitte: geöffnetes Hütchen mit der Larve).

Andere Arten schützen sich mit einer unauffälligen Schleimhülle (rechts).



Die langgestreckten Larven der **Luchsfliegen** (Therevidae) findet man von sandigen Böden bis zum Auflagehorizont von Waldböden. Sie ernähren sich räuberisch (wie auch Vertreter anderer Dipterenfamilien, z.B. Kotfliegen). Mit Hilfe ihres giftigen Speichels erbeuten sie selbst wehrhafte Käferlarven. Die Kopfkapsel ist reduziert (**hemicephal**).



Bei Larven höher entwickelter Fliegenfamilien (Deckelschlüpfer: Cyclorrhapha) fehlt die Kopfkapsel (**acephale Larven**), selbst die Mundwerkzeuge sind zu einem ausstreckbaren Mundhaken reduziert. Mit ihm können Stücke aus der Nahrung gerissen werden.



Vielfach treten **madenartige Larven** auf (z.B. bei Echten Fliegen, Schmeißfliegen, Fleischfliegen). Mit Hilfe einer Schlundpumpe wird flüssige Nahrung aufgenommen. Zum Teil werden Enzyme ausgeschieden, die das umgebende Substrat auflösen, der verdaute Saft wird anschließend aufgesogen.

Die Larven der **Fanniidae** (einer Fliegenfamilie, zu der auch die Kleine Stubenfliege zählt) fallen durch ihre platte Körperform mit verzweigten Anhängen auf. Neben Vertretern, die sich in Mist und faulenden Abfallstoffen entwickeln, gibt es auch Arten, die im Boden von Laubwäldern leben (linkes Bild).



Die derbe Haut der Larven von **Waffenfliegen** (Stratiomyidae, Bild unten) macht sie widerstandsfähig gegen ungünstige Umwelteinflüsse. Sie bewohnen Laubwaldböden und ernähren sich von Aufwuchsalgen oder Pflanzenresten. Auffälligere Arten leben aquatisch.



Säugetiere (Mammalia)

Grabende Kleinsäuger können einen großen Einfluss auf Bodendurchlüftung, Wasserretention und Bodendurchmischung ausüben – letzteres zum Missfallen des Landwirtes, da die Bearbeitung erschwert und die Ernte verunreinigt wird. Fraßschäden durch Wühlmäuse sind ein weiteres Problem.



Der **Maulwurf** (*Talpa europaea*) ist perfekt an das Bodenleben angepasst. Mit seinen zu Grabschaufeln umgebauten Vorderbeinen legt er ein ausgedehntes unterirdisches Gangsystem an. Die Erde wird größtenteils zur Seite gedrückt und fallweise an der Erdoberfläche abgelagert. Die spitzen Zähne weisen auf seine Nahrung aus Bodentieren hin. Regenwürmern werden zum Teil die ersten Segmente (Lage des Zentralnervensystems) abgebissen und anschließend werden sie als lebende Konserve in Vorratskammern gelagert.

Die Augen sind winzig klein, dafür ist sein Rüssel mit empfindlichen Tasthaaren (Bild) und einem ausgezeichneten Geruchssinn ausgestattet.



Unter den bodenlebenden **Nagetieren** sind vor allem die Schermaus und die Feldmaus aus der Familie der **Wühlmäuse** (Cricetidae) bedeutend. Sie unterscheiden sich von Echten Mäusen u.a. durch kürzere Ohren und Schwänze.

Die 13–24 cm große **Östliche Schermaus** (*Arvicola terrestris*) legt knapp unter der Oberfläche feuchter Böden ein ausge dehntes Gangsystem mit Kammern an. Außer den störenden Scherhäufen, die flacher sind als jene des Maulwurfes, entstehen Schäden durch Fraß an Wurzeln, Zwiebeln und Knollen.

Neben terrestrisch lebenden Populationen gibt es auch amphibische, die ihre Bauten in Uferböschungen anlegen und sich vorwiegend von Wasserpflanzen ernähren. Sie sind ausgezeichnete Schwimmer.



Die nur halb so große **Feldmaus** (*Microtus arvalis*) lebt in großen Kolonien und legt neben unterirdischen auch oberirdische Gangsysteme an, vor allem unter der Schneedecke. Ihr Erdauswurf ist unscheinbar. Feldmäuse haben ein höheres Reproduktionspotential als andere Nagerarten. Weibchen sind nach 2–3 Wochen geschlechtsreif und werden z.T. bereits im späten Säuglingsalter gedeckt. Bei günstigen Bedingungen führt das zu einer explosionsartigen Vermehrung, wodurch in oft regelmäßigen Zyklen von etwa drei Jahren die Population aufgrund von sozialem Stress und Krankheiten zusammenbricht. Feldmäuse ernähren sich von Samen, Wurzeln und Kräutern.



Bildnachweis

Seite

1 Die Fotografen
4 Thomas Peham
7u. Kbradnam (Wikipedia) **x)**
13o. Alexander Bruckner
13u.re. Thomas Peham
15u. Hieronymus Dastych
19 Barbara Thaler-Knoflach
25u.mi. Daniel Llavaneras
28o. Elisabeth Hofer (www.focusnatura.at)
35u.re. Rolf Schlagenhaft (Wikipedia)
39o. bierchen (Fotolia)

Seite

43o. Malcom Storey **xx)**
45mi. Michael Traugott
45u. Scott Bauer (Wikipedia) **x)**
46u. Hermann Strasser
48o. ireding01 (Fotolia)
52o-li. Frank Kämmele (Wikipedia)
54u. juefraphoto (Fotolia)
55o. Erni (Fotolia)
55u. creativenature.nl (Fotolia)
x) Creative Commons licenses
xx) www.bioimages.org.uk/cright.htm

Alle weiteren Bilder: Rudolf Hofer (www.focusnatura.at)

Zeichnungen: Rudolf Hofer (nach Vorlagen von J. Donner (1965), W. Dunger (2013), W. Foissner (1994), R. Jansen et al. (2006), Livingstone-Biodidac)

Layout: Rudolf Hofer (rudolf.hofer@uibk.ac.at)

Dank

für die Unterstützung bei der Bestimmung von Arten:

Florian Glaser
Erwin Meyer

Yvonne Kiss
Sieglinde Meyer

Barbara Knoflach-Thaler
Heinz Schatz

Timo Kopf
Irene Schatz

für das Lektorat: Elisabeth Hofer, Thomas Peham und Magdalena Hofmann

**Einen ganz besonderen Dank an THOMAS PEHAM,
der dieses Projekt fachlich begleitet hat.**

Literatur

Dunger W. (2013) Tiere im Boden. Die Neue Brehm-Bücherei 327, 280 pp
Nestroy, O. (2015) Den Boden verstehen. Leopold Stockner Verl., 216 pp

Individuenzahlen und Lebendgewicht von Bodentieren pro m² Boden für durchschnittliche (in Klammern optimale) Lebensbedingungen. Extremwerte können wesentlich höher liegen (nach Dunger, 2013).

	Individuen/m ²		Lebendgew. g/m ²		Seite
MIKROFAUNA					
Geißeltierchen (Flagellata)	10 ⁸	(10 ¹⁰)	Summe		6
Wurzelfüßer (Rhizopoda)	10 ⁷	(10 ¹⁰)	Mikrofauna		6
Wimpertierchen (Ciliata)	10 ⁶	(10 ⁸)	5	(150)	7
MESOFAUNA					
Rädertierchen (Rotatoria)	10 ⁴	(10 ⁶)	0,01	(0,3)	7
Fadenwürmer (Nematoda)	10 ⁶	(10 ⁸)	5	(50)	7
Bärtierchen (Tardigrada)	10 ³	(10 ⁵)	0,01	(0,5)	15
Milben (Acari)	7.10 ⁴	(4.10 ⁵)	0,6	(4)	24-26
Springschwänze (Collembola)	5.10 ⁴	(4.10 ⁵)	0,5	(4)	33-37
MAKROFAUNA					
Schnecken (Gastropoda)	50	(1000)	1	(30)	8-10
Regenwürmer (Lumbricidae)	100	(500)	30	(200)	11-14
Enchyträen (Enchytraeidae)	30.10 ³	(300.10 ³)	5	(50)	15
Asseln (Isopoda)	30	(200)	0,4	(1,5)	16-18
Spinnen (Araneae)	50	(200)	0,2	(1)	19-21
Hundertfüßer (Chilopoda)	30	(300)	0,4	(2)	27-28
Doppelfüßer (Diplopoda)	100	(500)	4	(10)	29-31
Käfer (Coleoptera)	100	(600)	1,5	(20)	41-47
Zweiflügler (Diptera)	100	(1000)	1	(15)	51-53
Übrige Insekten	150	(15.10 ³)	1	(15)	38-40, 48-50
MEGAFAUNA					
Wirbeltiere (Vertebrata)	0,01	(0,1)	0,1	(10)	54-55

© 2017 – Herausgegeben vom Amt der Tiroler Landesregierung
 Abteilung Landwirtschaftliches Schulwesen, Jagd und Fischerei
 Heiliggeiststraße 7-9, A-6020 Innsbruck
 Tel +43 512 508 2542 Fax +43 512 508 742545
 landw.schulwesen@tirol.gv.at

Für den Inhalt verantwortlich: Rudolf Hofer (rudolf.hofer@uibk.ac.at)

Druck: Alpina Druck GmbH, Innsbruck, 2017

*Mit einer Hand voll Erde und einer Lupe
auf Entdeckungsreise in die faszinierende
Unterwelt des Tierreichs*



Gemeine Rollassel
Armadillidium vulgare