

Boden macht Schule

B Sachinformation

Produzenten und Konsumenten, Zersetzer und Aasfresser, Räuber und Parasiten – Der Boden als Lebensraum

1. Der Boden lebt!	2
2. Die Lebewesen des Bodens	3
2.1 Bakterien	3
2.2 Einzeller	5
2.3 Pilze	6
2.4 Pflanzen	7
2.5 Tiere	11
3. Nahrungsnetze und Stoffkreisläufe	15
4. Abbau von Laubstreu durch Bodenlebewesen	16
5. Kompostierung	17
6. Auswirkungen der Eingriffe des Menschen auf die Bodenlebewesen	18



B1 | Von links: Asseln, Farn, Pilze. (Fotos: A. Niegengerd)

Produzenten und Konsumenten, Zersetzer und Aasfresser, Räuber und Parasiten – Der Boden als Lebensraum

Zum besonderen Charakter des Bodens gehört seine Lebenswelt. Seine unzähligen Bewohner ermöglichen erst viele komplexe Stoffkreisläufe der Natur und tragen durch die Zersetzung organischer und anorganischer Substanzen wesentlich zur Bodenbildung bei. Die Aktivitäten der Bodenlebewesen macht sich der Mensch beispielsweise in der Landwirtschaft und bei der Kompostierung im Garten zunutze, er kann jedoch durch eine ungeeignete Bodenbearbeitung oder den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln auch negativ in den Bodenhaushalt eingreifen. Dadurch können nicht nur die Lebensbedingungen der Bodenbewohner, sondern auch die Qualität des von ihm genutzten Bodens beeinträchtigt werden.

1. Der Boden lebt!

Obwohl organische Substanz im Boden einen vergleichsweise geringen Anteil ausmacht und Bodenlebewesen davon wiederum weniger als ein Zehntel der Masse bilden, enthält ein Kilogramm gesunden Bodens mehr Lebewesen, als es Menschen auf der Erde gibt (→ Tabelle B1). So befinden sich in den obersten 30 cm von einem Hektar Bodenfläche etwa zehn Tonnen Biomasse. Damit gehört der Boden zu den am dichtesten besiedelten Lebensräumen der Erde!

Der Artenreichtum der Bodenlebewesen ist überaus vielfältig. Die meisten Organismen sind jedoch mikroskopisch klein und leben in den wasser- oder luftgefüllten Poren des Bodens bzw. siedeln auf den Oberflächen der Bodenpartikel. Von den Hohlräumen sind allerdings nur kleine Anteile belebt, vorwiegend diejenigen, die abbaubare organische Substanz enthalten.

Unbelebtes, anorganisches Bodenmaterial bildet den mineralischen Bodenkörper, der winzige Lebensräume voneinander abgrenzt, die unterschiedlichen Organismengemeinschaften Leben ermöglichen. In diesen stehen die Lebewesen des Bodens über vielstufige Nahrungsketten und Nahrungsnetze miteinander in einem dynamischen ökologischen Gleichgewicht von Fressen und Gefressen werden (→ Kapitel 3).

Besondere Bedeutung haben die Bodenlebewesen für den Abbau organischer Substanzen und deren Mineralisierung (► Modul A „Was ist Boden?“). Während die makroskopische (mit bloßem Auge erkennbare) Bodenfauna, Streu und andere Stoffe vor allem mechanisch zerkleinert, sorgen Mikroorganismen, wie Bakterien und Einzeller, für eine biochemische Umsetzung und Humusbildung.

Das abgestorbene Pflanzenmaterial, das zu großen Anteilen aus für die meisten anderen Lebewesen schlecht oder nicht verdaulichen Stoffen wie Lignin (Holzstoff) oder Cellulose besteht, wird dabei durch besondere Enzyme abgebaut. Bodenlebewesen erfüllen damit wichtige Funktionen in den Stoffkreisläufen des Bodens. So fördern einige Bakterien und Pilze die Umwandlung des atmosphärischen Stickstoffs in pflanzenverwertbares Ammonium

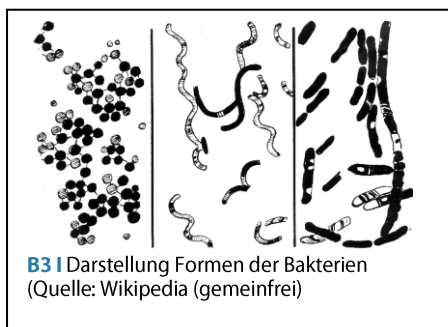
oder Nitrat (Stickstofffixierung; ►Modul E Landwirtschaft). Auch auf die Bodenstruktur haben die Bodenorganismen Einfluss: Sie lockern und durchmischen den Boden durch ihre Grabungstätigkeit. Andererseits festigt die Schleimbildung von Kleinstlebewesen die Bodenstruktur. Pilzmyzel und pflanzliche Feinwurzeln stabilisieren den Boden ebenfalls. Pflanzenwurzeln bewirken eine biologische Verwitterung von Gesteinen.

2. Die Lebewesen des Bodens

Die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaft im Boden hängt bezüglich ihrer Arten- und Individuenanzahl sehr stark von Bodentyp, Bodenart, Humusform und von der Bodennutzung ab. Die Bodenlebewesen gehören dabei verschiedensten systematischen Gruppen an. Schätzungen der Biomassenanteile gehen von etwa 16% Bakterien, 38% Pilzen, 9% Algen, 25% Makrofauna und 12% Mikrofauna aus. Pro Quadratmeter Bodenfläche beträgt die Biomasse ca. ein Kilogramm (►Tabelle B1).



B2 I Assel (Foto Niegengerd)



B3 I Darstellung Formen der Bakterien
(Quelle: Wikipedia (gemeinfrei))

Anzahl der Individuen	Bodenorganismen	Biomasse
10.000.000.000.000	Bakterien	ca. 160 g/m ²
12.000.000.000	Pilze	ca. 380 g/m ²
1.000.000.000	Algen	ca. 90 g/m ²
600.000.000	Einzeller	ca. 115 g/m ²
1.800.000	Fadenwürmer	ca. 4 g/m ²
28.000	Springschwänze	ca. 11 g/m ²
18.000	Milben	ca. 10 g/m ²
10.000	Borstenwürmer	ca. 2 g/m ²
800	Käfer(-larven)	ca. 18 g/m ²
550	Tausendfüßer	ca. 20 g/m ²
320	Ameisen	ca. 2 g/m ²
300	Asseln	ca. 4 g/m ²
240	Fliegenlarven	ca. 26 g/m ²
230	Spinnen	ca. 2 g/m ²
130	Regenwürmer	ca. 145 g/m ²
50	Schnecken	ca. 25 g/m ²
Gesamtbiomasse ca. 1014 g/m²		

Tabelle B1 I Individuenanzahlen und Biomasse der verschiedenen Bodenorganismen unter einer Bodenfläche von einem Quadratmeter.

2.1 Bakterien

Bakterien sind einzellige, zellkernlose Lebensformen von 0,5 – 2 µm Größe. Je nach Art sehen sie aus wie Kugeln, gerade oder gekrümmte Stäbchen, langgestreckte Fäden, korkenzieherartig gedreht, stern- oder auch stielartig (► B3). Oft dienen Geißeln der Fortbewegung. Die Bakterien besiedeln bevorzugt die Wurzelhaarzone oder den adhäsiv (anhaftend) an die Bodenteilchen gebundenen Wasserfilm (►Modul D). Sie machen – bezogen auf die Individuenzahl – den größten Anteil an Organismen im Boden aus. Zu den bodenlebenden Bakterien gehören insbesondere solche der Gattungen Azotobacter (bedeutsam für die Stickstofffixierung oder den Celluloseabbau), Aerobacter, Clostridium, Mikroccus oder Staphylococcus.

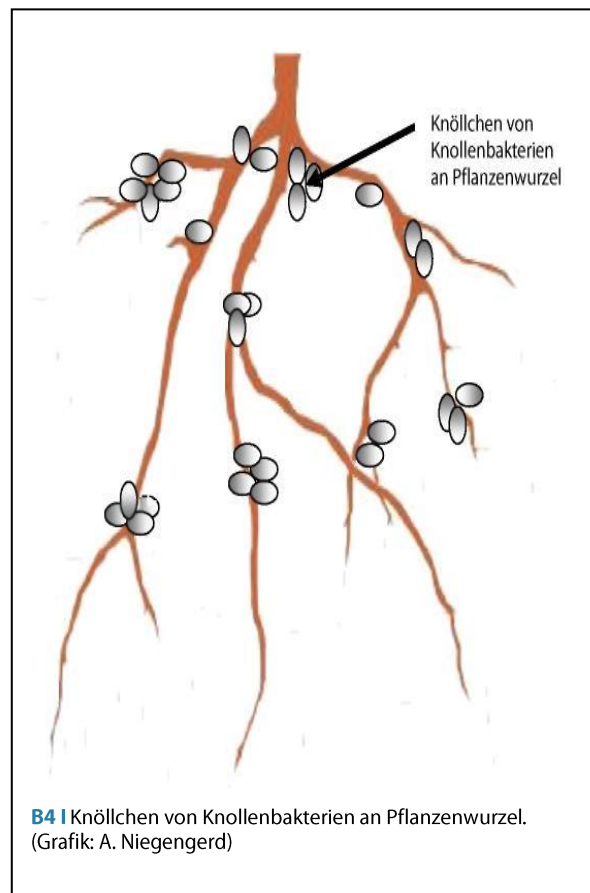
Die meisten Bakterien sind heterotroph, was bedeutet, dass sie Nährstoffe zur Energiegewinnung von außen aufnehmen. Dazu geben sie vielfach Enzyme zur Zersetzung organischer Substanz ab. Einige spalten Proteine in Aminosäuren, andere Kohlenhydrate in Zucker. Solche niedermolekularen Bausteine werden durch die Zellmembran in die Bakterienzelle aufgenommen und sind für das Wachstum und die Energiegewinnung wichtig. Lithoautotrophe Bakterienformen nutzen das Kohlendioxid der Bodenluft und des Bodenwassers sowie anorganische Energieträger zum Aufbau von Stoffen und benötigen daher kein Sonnenlicht wie photoautotrophe Pflanzen.

Aerobe Bakterien benötigen für ihren Stoffwechsel Sauerstoff (Atmung). Sie oxidieren mit seiner Hilfe beispielsweise Wasserstoff, Kohlenmonoxid, Schwefel, Sulfid, Sulfit, Nitrit, Ammoniak, Fe^{2+} - oder Mn^{2+} -Ionen. Anaerobe Bakterien gedeihen dagegen unter Luftabschluss, indem sie Nitrat, Schwefel, Sulfat, Kohlensäure, Fe^{3+} - oder Mn^{4+} -Ionen reduzieren.

Wegen ihrer, bezogen auf das Körpervolumen, großen Körperoberfläche zeigen Bakterien eine, verglichen mit größeren Organismen, sehr hohe Stoffwechselaktivität: So beträgt die Atmungsrate bei Bakterien etwa 2000 μl Sauerstoff pro mg Trockengewicht im Vergleich zu etwa 5 μl Sauerstoff pro mg Trockengewicht bei tierischen oder pflanzlichen Zellen. Diese hohe Atmungsaktivität ist auch Folge der raschen Vermehrung durch Zellteilung, die bei optimalen Umgebungsbedingungen bei manchen Bakterien alle 20 Minuten erfolgt.

Durch ihre Stoffwechselreaktionen bilden Bakterien die Grundlage für alle wichtigen Stoffkreisläufe im Boden: Sie zerlegen makromolekulare in niedermolekulare Verbindungen und wandeln komplexe organische Moleküle in einfache anorganische Bausteine um, die von anderen Organismen wieder aufgenommen und verwertet werden können. Dieser als Mineralisation bezeichnete Vorgang (► Modul A „Was ist Boden?“) regelt die Kreisläufe vieler wichtiger Elemente wie die des Kohlenstoffs, Stickstoffs, Sauerstoffs, Schwefels, Phosphors oder verschiedener Metallionen. Eine besondere Rolle im Stickstoffkreislauf spielen die Knöllchenbakterien (Rhizobium). Sie bilden um die Wurzeln bestimmter Pflanzen wie Bohnen,

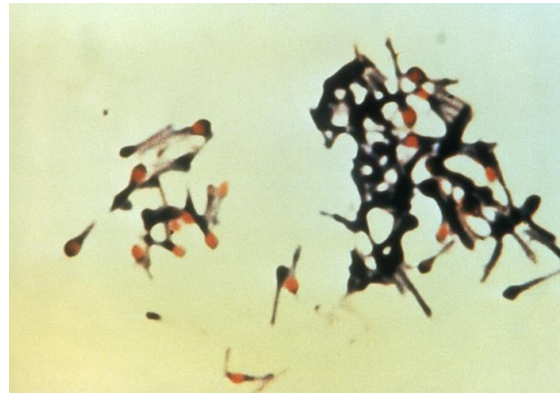
Erbsen oder Lupinen knöllchenförmige Strukturen (► B4, ► Modul E Landwirtschaft), mit denen sie in Symbiose (in gegenseitig nutzbringender Lebensgemeinschaft) leben. Da diese Bakterien die Fähigkeit besitzen, atmosphärischen Stickstoff in Ammoniak umzuwandeln (Stickstofffixierung), können auf diese Weise pro Hektar und Jahr bis zu 400 kg Stickstoff pflanzenverfügbar gemacht werden. Pflanzen mit Knöllchenbakterien werden daher häufig als Zwischenfrucht zur Stickstoff-Gründüngung angebaut.



Die bakteriellen Ab- und Aufbauprozesse im Boden beeinflussen über ihre Funktion in den Stoffkreisläufen die Verfügbarkeit von Nährstoffen für die Pflanzen oder für andere Bodenlebewesen. Sie haben aber auch großen Einfluss auf Zusammensetzung und Qualität der Bodenluft und wirken an der Reinigung des Sickerwassers mit. Wichtig ist die Fähigkeit einiger Bakterien, toxische Substanzen unschädlich zu machen. Solche Prozesse nutzt der Mensch beispielsweise gezielt bei der biologischen Reinigungsstufe in Kläranlagen.

Im komplexen System der Bodenmikroflora finden sich auch Bakterien, die den Pflanzen, Tieren und dem Menschen gefährlich werden können. So ist das Bakterium *Clostridium tetani* der Erreger des Tetanus (Wundstarrkrampf), der über Hautverletzungen in den menschlichen Blutkreislauf gelangen kann. In früherer Zeit waren von dieser gefährlichen Erkrankung besonders Bauern und Gärtner betroffen, da diese täglich Kontakt mit dem Boden hatten. Heute gibt es gegen die Tetanuserkrankung vorbeugende Impfungen. Im Boden weit verbreitet ist auch *Clostridium botulinum*. Dieses Bodenbakterium kommt durch den Bodenkontakt oder die Nahrungskette in vielen Gemüse- und Fleischsorten vor und kann durch den Verzehr nicht ausreichend abgekochter und verdorbener Nahrungsmittel schwere Lebensmittelvergiftungen verursachen (Botulismus). Das sich besonders unter Sauerstoffabschluss (Konserven) gut vermehrende Bakterium gibt für den Menschen unter Umständen tödlich wirkende Giftstoffe (Toxine) ab. Störungen des empfindlichen Gleichgewichts in der Lebensgemeinschaft Boden können zu einer gesundheitsgefährdenden Vermehrung solcher pathogener Bakterien bereits im Boden führen. Dies kann dann bisweilen ein Massensterben von Tieren verursachen, beispielsweise von Tausenden von Seevögeln 1995 an der Wattenmeerküste Schleswig-Holsteins. Der Botulismuserreger hatte sich bei 20°C explosionsartig in dem sauerstoffarmen Meeresschlück vermehrt und war vermutlich über nur ungenügend geklärte Abwässer eingebracht worden.

Bis heute ist nur ein kleiner Teil der Bodenmikroflora wissenschaftlich untersucht. Durch verbesserte (vor allem genetische und molekularbiologische) Untersuchungsmethoden sind zukünftig zahlreiche zusätzliche Nutzungsmöglichkeiten zu erwarten. So dient schon heute eine gentechnisch veränderte Form des Bodenbakteriums *Agrobacterium tumefaciens* (das am Wurzelhals der Pflanzen Wucherungen hervorruft) als „Genfähre“ zur Übertragung bestimmter Gene auf Nutzpflanzen. Weitere viel versprechende Einsatzmöglichkeiten von Bakterien sind der Abbau umweltgefährdender oder giftiger Substanzen wie Roh- und Maschinenöl, Dioxine, DDT oder die Verwendung in der Schädlingsbekämpfung. Allerdings müssen – wie in anderen Bereichen der Gentechnik auch – vor einer Freisetzung solcher gentechnisch veränderter Organismen auch die Auswirkungen auf die betroffenen Ökosysteme umfassend untersucht werden.



B5 I *Clostridium tetani* gehört zu den stäbchenförmigen grampositiven Bakterien, ist anaerob und bildet Endosporen aus. *C. tetani* (tetanos, großer Krampf) ist der Erreger des Wundstarrkrampfes (Tetanus). Dieses Bakterium bildet vor allem die Toxine Tetanospasmin, nach Botulinustoxin das zweitstärkste bekannte Bakteriengift, und Tetanolysin. (Quelle: Wikipedia Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported – Deed (cc))

2.2 Einzeller

An das Bodenwasser gebunden und daher sehr empfindlich gegenüber Trockenheit leben vor allem in der Humusschicht Bodenlebewesen, die der Gruppe der Einzeller angehören. Zu diesen Organismen, die sich von den Bakterien u. a. durch den Besitz eines Zellkernes unterscheiden, gehören beispielsweise Ciliaten (Wimperntierchen), Flagellaten (Geißeltierchen) und Amöben. Einzeller ernähren sich von Bakterien, Pilzen und abgestorbenen organischen Partikeln. Ihre Ausscheidungen und sie selbst sind wiederum Nahrung für viele andere Bodenorganismen. Viele Einzeller leben in Symbiosen, beispielsweise mit Bakterien oder im Verdauungstrakt von Bodentieren. Bei ungünstigen, trockenen Umweltbedingungen können sich einige Formen der Bodeneinzeller in einer festen Hülle einkapseln, um dadurch Trockenperioden zu überdauern.



B6 I *Paramecium aurelia*, der bekannteste von allen Ciliaten. Die Blasen innerhalb der Zelle sind Vakuolen. Die gesamte Oberfläche ist mit Wimpern umgeben, die durch ihre schnelle Bewegung verwischt werden. (Quelle: Wikipedia Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0 Unported – Deed (cc))

2.3 Pilze

Pilze sind vielzellige, heterotrophe Organismen mit Zellwänden aus Chitin. Nicht alle Formen bilden dabei die bekannten oberirdischen Fruchtkörper wie die Hutpilze aus (7B7). Pilze tragen wesentlich zum Zersetzungsprozess organischer Stoffe bei, indem sie diese mit einem dichten Hyphengeflecht (Myzel) durchwachsen. Die Wachstumsgeschwindigkeiten können dabei außerordentlich hoch sein. So entstehen innerhalb eines Tages aus einer Pilzkolonie bis zu 1.000 m neues Myzel. In Waldböden finden sich in 1 cm² Boden bis zu 0,1 g Hyphenmasse.

Manche Pilzarten leben parasitisch und verursachen bei Pflanzen unter anderem Wurzelkrankheiten wie die Schwarze Wurzelfäule bei der Tabakpflanze oder den Wurzelbrand bei der Zuckerrübe. Die meisten Pilze allerdings bilden mit den von ihnen bewachsenen Pflanzen Lebensgemeinschaften, bei denen beide Partner voneinander profitieren (► Modul C Waldboden). Eine solche Symbiose ist auch die so genannte Mykorrhiza, die schätzungsweise 80 % aller Pflanzen mit Pilzen eingehen. Man kann dies oft schon daran erkennen, dass einige Pilze nur in der Nähe bestimmter Bäume vorkommen wie beispielsweise der Birkenpilz in der Nähe der Birken, der Steinpilz häufig unter Eichen und der Lärchenröhrling oft in Gemeinschaft mit Lärchen. Bei der Mykorrhiza umspinnt ein dichtes Hyphengeflecht die Wurzeln der Pflanze. Da Pilzfäden noch wesentlich dünner als pflanzliche Feinwurzeln sind,

vergrößert sich dadurch die Oberfläche und die Reichweite einer Pflanze für die Aufnahme von Wasser und der darin gelösten Nährstoffe. Der Pilz zapft dafür die Pflanzenwurzel an und entzieht ihr im Gegenzug die für ihn wichtigen Nährstoffe wie Zucker und Aminosäuren. In gedüngten Böden lässt sich häufig eine Hemmung der Mykorrhiza beobachten, wodurch das Pflanzenwachstum eingeschränkt wird.

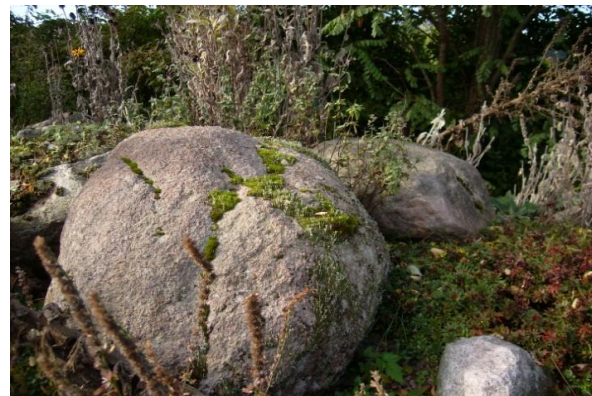


B8 | Moose, Pilze und andere Organismen besiedeln und zersetzen einen Birkenstamm zu Humus. (Foto A. Niegengerd)

Flechten stellen ebenfalls eine Symbiose von Pilzen mit anderen Organismen dar, in diesem Fall mit Algen. Die Lebensgemeinschaft mit dem Pilz ermöglicht es der Alge insbesondere, sich vor Austrocknung zu schützen und unwirtliche Untergründe zu besiedeln. So kommen Flechten besonders häufig auf Felsen, Baumrinden und unfruchtbarem Boden vor. Mit ihren sauren Ausscheidungen greifen Flechten das Gestein an und vermögen Elemente wie Magnesium, Eisen, Mangan aus den Kristallgittern des Gesteins herauszulösen. Sie leisten damit einen ersten bedeutenden Beitrag zur Bodenbildung und gehören daher zu den Pionierorganismen bei der Besiedelung des Gesteinsuntergrundes (► Modul A „Was ist Boden?“).



B7 | Birkenpilz an Birke. (Foto A. Niegengerd)



B9 | Flechten, Moose und andere Organismen besiedeln Gesteine und zersetzen sie im Laufe langer Zeiträume. (Foto A. Niegengerd)

2.4 Pflanzen

Nahezu alle Pflanzen sind auf den Boden als lebenswichtiges Substrat angewiesen. Gleichzeitig beeinflussen sie wiederum den Boden und seine Entwicklung oder über die in den Boden abgegebenen Stoffe das Wachstum anderer Pflanzen (z.B. Wuchshemmstoffe des Walnussbaumes). Manche Pflanzen wie z.B. Raps, Rotklee oder Lupine werden vom Menschen gezielt zur Bodenverbesserung eingesetzt, indem sie als Zwischenfrüchte angebaut oder zur Gründüngung untergepflügt werden.

Im Boden sind Pflanzen mit ihren Wurzeln verankert. Diese dienen dem Wasser- und Nährstofftransport aus dem Bodensubstrat in die oberirdischen Teile der Pflanze. Die Abgabe von Stoffen, z. B. von CO_2 bei der Wurzelatmung oder von Säuren oder Kohlenhydraten als Stoffwechselprodukte, ermöglicht es den Wurzeln und damit den Pflanzen, Symbiosen unter anderem mit Bakterien und Pilzen einzugehen. Die kräftigen Hauptwurzeln sowie die primären und sekundären Seitenwurzeln durchdringen vorwiegend die Grobporen, die sie durch sekundäres Dickenwachstum aufweiten können, wogegen die Wurzelhaare, durch die der eigentliche Stofftransport erfolgt, auf die groben Mittelporen beschränkt sind. Nach dem Absterben der Wurzeln bilden die dann offenen Wurzelröhren wichtige Wege für versickerndes Wasser und für die kleineren Bodentiere.



B10 | Windbruch Birke, die offenen Wurzelröhren sind deutlich zu erkennen. (Foto A. Niegengerd)

Die absterbende Wurzelmasse (vor allem die Feinwurzeln) trägt wesentlich zur Bildung von Humus bei (unter Wald: 3.000 bis 10.000 kg pro Hektar und Jahr; unter Grünland: 3.000 bis 8.000 kg pro Hektar und Jahr; unter Acker: 300 bis 3.600 kg pro Hektar und Jahr). Über die von den Wurzeln abgegebenen Säuren und den Wurzeldruck bzw. die Wurzelsprengung fördern die Wurzeln die Verwitterungsprozesse bei der Bodenbildung (► Modul A „Was ist Boden“?).

Da viele Pflanzen sehr spezifische Ansprüche an den Boden haben, hängt ihr Wachstum von der Beschaffenheit des jeweiligen Bodens bezüglich verschiedener Umweltfaktoren wie Wassergehalt, pH-Wert, Kalkgehalt, Nährstoffgehalt und -zusammensetzung ab. Solche Pflanzen sind als sogenannte Zeigerpflanzen wichtige Bioindikatoren für die jeweiligen Eigenschaften des Bodens (↗ Exkurs Zeigerpflanzen, auf der folgenden Seite).

Zu den Pflanzen gehören als „einfachste“ Gruppe die Algen. Sie besitzen einen einzelligen oder fadenförmig mehrzelligen Aufbau und sind primär Wasserbewohner. Im Boden bewohnen sie daher hauptsächlich die wassergefüllten Hohlräume. Da sie für die Photosynthese Licht benötigen, kommen sie nur in der oberen Bodenschicht, dort allerdings zum Schutz vor Austrocknung, meist in Schattenlage, vor.



B11 | Wurzeln sind Anker im Boden, aber auch wichtiger Nährstoffleiter vom Boden in den Baum. (Foto A. Niegengerd)



B12 I von oben nach unten:
Maiglöckchen; Sauerklee;
Adlerfarn und weiße Taubnessel.
(Fotos: A. Niegengerd)

Zeigerpflanzen

Zeigerpflanzen, auch Indikatorpflanzen genannt (lateinisch indicare, anzeigen), sind Pflanzenarten, die durch ihre spezifischen Ansprüche an den Standort Hinweise auf die Bodeneigenschaften bzw. die Bodenqualität liefern. Dazu gehören vor allem das Nährstoffangebot (z.B. Stickstoff), die Bodenreaktion (sauer/alkalisch) oder der Wasserhaushalt (trocken/feucht). Der Wert einer Zeigerpflanze ist dabei umso größer, je spezieller ihr Anspruch an den jeweiligen Standort ist. So zeigt beispielsweise das Galmei-Veilchen (*Viola calaminaria*) auf schwermetallhaltigen Böden (Kupfer, Zink, Blei) oder ist das vermehrte Auftreten stickstoffliebender (= nitrophiler) Pflanzen (z. B. der Brennnessel) Hinweis auf eine Überdüngung mit Stickstoff.

Aufgrund ihrer Spezialisierung sind Zeigerpflanzen an den für sie weniger günstigen Standorten in aller Regel konkurrenzwach und werden dort von den angepassten oder gegenüber den Bodenverhältnissen toleranteren Pflanzenarten verdrängt. Dies fördert ihre Verbreitung bevorzugt oder sogar ausschließlich auf Böden mit entsprechend besonderen Eigenschaften

Säurezeiger

- Rosmarinheide
- Sauerklee
- Heidelbeere
- Rippenfarn
- Waldhainsimse
- Adlerfarn
- Kleiner Sauerampfer

Stickstoffzeiger

- Giersch
- Knoblauchsrauke
- Klette
- Zaunwinde
- Weiße Taubnessel
- Schwarzer Holunder
- Brennnessel

Kalkzeiger

- Kalkaster
- Alpenveilchen
- Ragwurz
- Mehlprimel
- Aronstab
- Maiglöckchen
- Waldmeister

Kalkzeiger



Frauenschuh

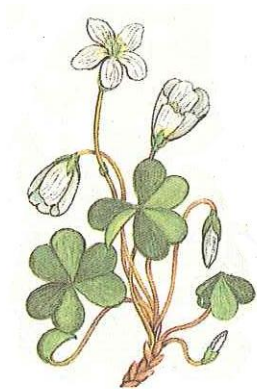


Waldmeister



Maiglöckchen

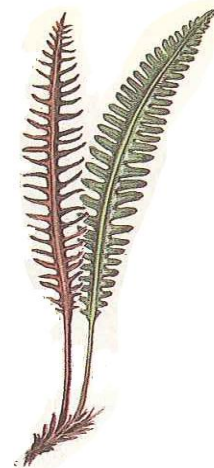
Säurezeiger



Sauerklee



Rosmarinheide



Rippenfarn

Stickstoffzeiger



Klette

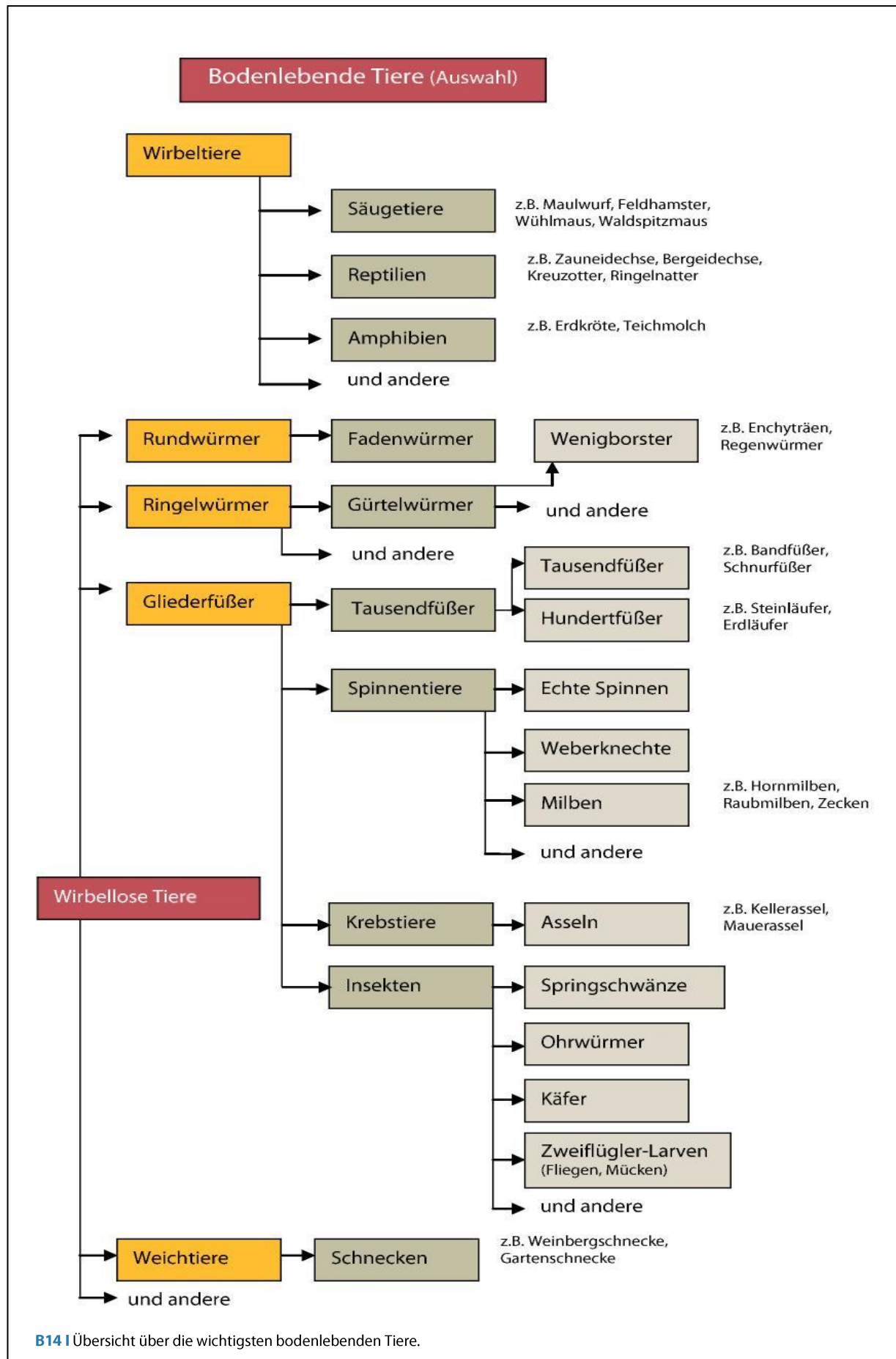


Zaunwinde



Weiße Taubnessel

B13 I Beispiele von Kalk-, Säure- und Stickstoffzeiger.
(Quelle: Urania-Verlag Leipzig 1989)



2.5 Tiere

Wirbellose Tiere

Wirbellose Tiere haben nicht nur wegen ihrer großen Individuenzahl eine wichtige Bedeutung für das Bodenleben, sondern tragen auch einen wesentlichen Anteil zur Biomasse im Boden bei (→Tabelle B1). Diese Bodenbewohner leben als Pflanzenfresser oder Kleintierjäger, viele sind jedoch Destruenten, zersetzen demnach vorwiegend abgestorbene tierische und pflanzliche Organismenreste. Sie lassen sich den verschiedensten Stämmen des Tierreichs zuordnen: Rundwürmer (hier vor allem Fadenwürmer bzw. Nematoden), Ringelwürmer, Gliederfüßer und Weichtiere sind im Boden die wichtigsten Organismen.

Rundwürmer

Die weißlich-gelblichen, runden und nur 0.5 bis 1 mm großen Nematoden (Fadenwürmer) gehören zu den Rundwürmern. Sie kommen im Boden mit 10 bis 1.000 Tieren pro Gramm überaus häufig vor. Bis heute sind bei diesen Organismen etwa 13.000 Arten bekannt, von denen sich manche „räuberisch“ von Bakterien, Pilzen oder Einzellern ernähren, die meisten jedoch parasitisch leben. Durch ihren Stoffwechsel tragen die Nematoden wesentlich zum Umbau von Stickstoffverbindungen bei.

Ringelwürmer

Die wichtigsten Ringelwürmer des Bodens sind die Enchyträen und die Regenwürmer. Wegen der regelmäßig an ihren gleichmäßig gegliederten, beinlosen Körper angeordneten Borstenpaaren gehören Enchyträen und Regenwürmer innerhalb der Ringelwürmer zu den so genannten Wenigborstern. Die Enchyträen sind bis 40 mm lang und gelblichweiß gefärbt. Sie saugen die für sie wichtigen Nährstoffe vorwiegend aus den Wurzelhaaren der Pflanzen.



Von ihren nahen Verwandten, den Regenwürmern, gibt es in Mitteleuropa etwa 35 Arten. Zu ihnen gehören der Gemeine Regenwurm wie auch der Mistwurm. Regenwürmer können bei uns bis zu 30 cm lang werden, in Australien gibt es jedoch auch Regenwurmart von bis zu 3 m Länge! In guten Böden kommen bis zu 300 Regenwürmer unter einem Quadratmeter Bodenfläche vor. Sie zeigen allerdings sehr unterschiedliche Ansprüche an ihre Lebensumgebung.

Da Regenwürmer vollständig an das Leben im Boden angepasst sind, benötigt ihre dünne, feuchte Haut keinen Verdunstungsschutz, was ihnen die Hautatmung erleichtert. Ebenso fehlen der Haut vor Licht schützende Pigmente, so dass Regenwürmer meist typisch rötlich-fleischfarben erscheinen (→B16). Im Boden orientieren sich Regenwürmer vor allem durch ihren Tastsinn, besitzen jedoch auch einen undifferenzierten Lichtsinn über Lichtsinneszellen, die über die gesamte Körperoberfläche verteilt sind. Diese Zellen ermöglichen es dem Regenwurm, das für ihn schädliche Sonnenlicht zu vermeiden (►Schüleraktivität B4).



B16 Regenwürmer (Foto: A. Niegengerd)

Regenwürmer fressen abgestorbenes Pflanzenmaterial, Tierkot und andere organische und mineralische Bestandteile des Bodens. Dabei ziehen sie z.B. die Laubstreu bevorzugt nachts durch ihre Röhren in tiefere Bodenschichten (bis zu 20 Blätter pro Wurm und Nacht). In ihrem Darm erfolgt eine Durchmischung, wobei unverdaute organische Stoffe vermengt mit anorganischen wieder ausgeschieden werden. Dies fördert im Boden die Bildung von Ton-Humus-Komplexen, die für die Stabilität des Bodengefüges und die Speicherung von Nährstoffen wichtig sind.

Über ihre Ausscheidungen tragen Regenwürmer wesentlich zur Rückführung von Nährstoffen aus tieferen Bodenschichten in Oberflächennähe und beim Anlegen ihrer Gänge zu einer Durchmischung der Bodenschichten bei (►Schüleraktivität B4). Innerhalb der Nahrungskette dienen Regenwürmer aber auch selbst als Nahrung vieler Tiere, z. B. von Vögeln oder Lurchen.



B17 | Regenwurmkot mit seinem hohen Gehalt an noch verwertbaren Stoffen ist eine wichtige Nahrungsquelle für kotfressende Organismen. (Foto A. Niegengerd)

Bis in Tiefen von etwa zwei, manchmal sogar acht Metern durchziehen Regenwürmer den Boden mit einem umfangreichen Röhrensystem, das sie bei mechanischen Erschütterungen oder Staunässe nach starken Regenfällen verlassen. Zeiten mit ungünstigen Lebensbedingungen wie Kälte oder Trockenheit verbringen Regenwürmer dagegen in schleimausgekleideten Höhlen, meist in größerer Bodentiefe. Durch das Graben der Röhren tragen Regenwürmer zu einer ständigen Lockerung des Bodens bei. Diese Makroporen haben darüber hinaus große Bedeutung für die Belüftung des Bodens und das Eindringen von Wasser. Der Boden erhält dadurch die nötige Feuchtigkeit, gleichzeitig wird die Gefahr von oberflächlichen Abflüssen und Bodenerosion (►Modul D Wasser). Das Röhrensystem der Regenwürmer wird aber auch von anderen Tieren sowie von den Pflanzenwurzeln genutzt.

Gliederfüßer

Gliederfüßer erkennt man an ihrem gegliederten Chitinpanzer mit ebenfalls gegliederten Extremitäten. Sie lassen sich in vier systematische Klassen unterteilen: Tausendfüßer, Spinnentiere, Krebstiere und Insekten.

Trotz ihres Namens besitzen Tausendfüßer zwar keine tausend Füße, weisen jedoch eine zumindest sehr große Anzahl an Beinpaaren an ihrem gegliederten Körper auf. Zu den Tausendfüßern gehören die Hundertfüßer mit einem Beinpaar je Körpersegment (z. B. Steinläufer, Erdläufer, Zwergfüßer) und die eigentlichen Tausendfüßer mit zwei Beinpaaren je Körpersegment (z. B. Bandfüßer, Schnurfüßer, Saftkugler). Ihre Größe reicht von 2 bis über 60 mm. Viele Arten wie der Saftkugler ernähren sich von modernem Laub und anderen abgestorbenen Pflanzenteilen, manche Arten wie der Steinläufer leben räuberisch von Insekten, Asseln oder anderen Tausendfüßern.



B18 | Bodentiere (Foto: A. Niegengerd)

Systematisch gehören zu den **Spinnentieren** die Echten Spinnen, Weberknechte und Milben sowie Skorpione und Pseudoskorpione. Für den Boden sind auf Grund ihrer Anzahl vor allem die Milben von großer Bedeutung. Diese bis zu 2 mm großen, farblos-weißlich bis braunen Gliedertiere besitzen wie die anderen Spinnentiere vier Beinpaare. Viele Milben ernähren sich von abgestorbenen Pflanzen (wie die Hornmilbe) oder von Pilzen. Raubmilben mit meist längeren Beinen und scharfen Mundwerkzeugen jagen Fadenwürmer, Springschwänze, Fliegenlarven, Enchyträen oder andere Milben. Sie sind auf Grund ihrer Spezialisierung auf bestimmte Beutetiergruppen gute Bioindikatoren für die Bodenverhältnisse. Parasitische Milben erkennt man an den oft verkürzten Gliedmaßen. Der bekannteste Vertreter hiervon ist die Zecke.



B19 | Links Zecke noch hungrig, rechts auf einem Wirt (Katze) mit Blut vollgesaugt. (Fotos A. Niegengerd)

Die meisten **Krebstiere** sind wegen ihrer Kiemenatmung an das Wasserleben gebunden. Eine Ausnahme stellen die Asseln dar. Diese Gliedertiere, zu denen Kellerassel, Mauerassel, Kugel- oder Rollassel (→B2) gehören, sind 3 bis 15 mm groß und besitzen segmentierte, abgeflachte, länglich-ovale Körper mit meist grauer Farbe. An den sieben freien Brustsegmenten sitzen jeweils ein Paar Laufbeine. Asseln ernähren sich von Pflanzenresten und sind dazu überwiegend nachts und meist unter Steinen oder morschem Holz aktiv, um ihre Wasserverluste zu reduzieren (► Schüleraktivität B5).

Die größte Gruppe im Tierreich bilden die **Insekten**. Sie sind auch im Boden mit zahlreichen Arten vertreten, von denen viele nur einen Teil ihres Lebens im Boden verbringen. So leben vor allem die Larven von Fliegen, Mücken und Käfern in den oberen Bodenschichten und ernähren sich dort von anderen Insekten oder Insektenlarven (z. B. der Drahtwurm, die Larve des Schnellkäfers) oder auch von Pflanzenwurzeln (z. B. der Engerling, die Larve des Maikäfers). Zu den wichtigsten im Boden lebenden Insekten gehören die Springschwänze, die Ameisen und die Ohrwürmer. Springschwänze gehören nicht nur zu den am häufigsten vorkommenden Insekten überhaupt, sondern stellen auch im Boden die größte Individuenzahl aus dieser Organismen-gruppe. So kann man 500 bis 1.000 Tiere in einem Liter Humus finden. Sie besitzen einen länglichen, weißen Körper mit einer Sprunggabel am Ende des letzten Hinterleibsegments, die ihnen bei Gefahr ein Hochschnellen erlaubt. Tiefer im Boden lebende Formen sind wurmförmig. Da sie blind sind, besitzen sie an den Extremitäten hochempfindliche Tasthaare. Springschwänze ernähren sich von Pilzen und zerfallenen Pflanzenteilen.



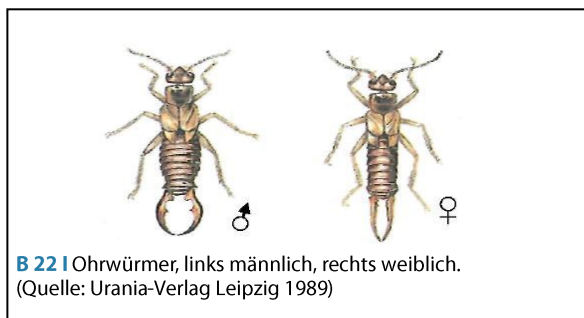
B20 | Links: Körniger Schaufelkäfer gehört zur Familie der Laufkäfer (erbeutet Kleintiere, besonders Schnecken, da der schaufelförmig schmale Vorderkörper ihn befähigt in Schnecken einzudringen). Rechts: Maikäferlarven. (Fotos: A. Niegengerd)

Ameisen, wie die Rote Waldameise oder die Wiesenameise, sind 0,2 bis 12 mm große Insekten, die meist in Staaten von wenigen Dutzend bis zu einer Million Individuen leben. Viele Ameisenarten bauen an der Bodenoberfläche oder dicht darunter teilweise sehr umfangreiche Wohnburgen. Die Ameisenhaufen der Großen Roten Waldameise können mehrere Meter Höhe erreichen und sich bis zu zwei Metern in den Boden erstrecken. Durch die rege Bautätigkeit und das ständige Einbringen organischen Materials (Tierleichen, Pflanzenreste) tragen diese Ameisen intensiv zur Durchlüftung und Durchmischung des Bodens bei. Mit der Beseitigung von Tierleichen und Pflanzenresten erfüllen sie wichtige Aufgaben als Schädlingsbekämpfer und „Gesundheitspolizei des Waldes“.



B 21 | Ameisenhaufen, Höhe ca. 1,40 m Durchmesser ca. 1,20 m. Ergebnis jahrelanger fleißiger Arbeit der Roten Waldameise. (Foto: A. Niegengerd)

Ohrwürmer sind 0,5 bis 20 mm lang und besitzen am Hinterende eine kräftige Zange. Sie ernähren sich als Allesfresser von Pflanzen, Pilzen und Insektenlarven und haben eine wichtige Funktion bei der Bekämpfung von Schädlingen im Garten (z. B. von Blattläusen).



B 22 | Ohrwürmer, links männlich, rechts weiblich. (Quelle: Urania-Verlag Leipzig 1989)

Weichtiere

Die wichtigsten im und auf dem Boden lebenden Weichtiere sind die Schnecken. Insbesondere Eiablage und Überwinterung erfolgt bei diesen Tieren im Boden. Nacktschnecken und Gehäuseschnecken ernähren sich je nach Art von Pflanzenteilen, Algen, Pilzen, Aas oder Kot. Manche Arten leben räuberisch. Wichtigstes Werkzeug für die Nahrungsaufnahme der Schnecken ist ihre Raspelzunge. Da nicht alle Arten einen wirksamen Schutz vor Austrocknung besitzen, bevorzugen Schnecken schattige und feuchte Plätze oder sind nachtaktiv. Sie stellen eine wichtige Nahrungsgrundlage für andere Tiere dar.



B23 | Nacktschnecke bei der Eiablage unter einem Stein im Spätsommer (Foto: A. Niegengerd)

Wirbeltiere

Von den Wirbeltieren nutzen viele den Boden als Versteck, Wohnraum (z. B. Fuchs, Wildkaninchen, Feldhamster, Mäuse) oder Winterquartier (z. B. Erdkröte, Zauneidechse oder Dachs). Manche Arten graben dafür selbst Höhlen, andere nutzen vorhandene Höhlen anderer Tiere. Nur wenige Arten leben wirklich dauerhaft im Boden bzw. unter der Erdoberfläche wie der Maulwurf. Der Maulwurf besitzt einen walzenförmigen Körper mit einem spitzen Kopf und einem glatten Fell. Seine Extremitäten haben sich zu Grabbeinen mit einem zusätzlichen Knochen, dem Sichelbein, umgewandelt. Winzigen Augen stehen ein sehr feiner Gehör- und Geruchssinn gegenüber. Dies alles sind Anpassungen an ein dauerhaftes Leben „unter Tage“. Obwohl der Maulwurf zur Ordnung der Insektenfresser gehört, ernährt er sich neben Insekten und Insektenlarven jedoch auch von Regenwürmern und anderen Tieren des Bodens bis hin zu Mäusen. Täglich nehmen Maulwürfe mindestens ihr Eigengewicht an Nahrung auf, oft aber auch bis zur doppelten Menge. Bei

ausreichender Versorgungssituation legen sie Vorräte an, indem sie beispielsweise Regenwürmer durch einen Biss ins Vorderende lahmenden und zu mehreren Hunderten in „Vorratskammern“ einlagern. Zu einem typischen Maulwurfsbau gehören umfangreiche Gangsysteme mit zahlreichen „Jagdgängen“, den charakteristischen Maulwurfshügeln und einer zentralen Wohnhöhle. Da Maulwürfe zahlreiche Feinde wie Greifvögel, Marder, Störche, Rabenvögel oder Füchse besitzen, verlassen sie ihre schützenden Gänge nur selten, am ehesten nachts. Im Winter verlagern sie ihren Aufenthaltsschwerpunkt in frostfreie Tiefen. Durch die ständige Erweiterung ihres Gangsystems tragen Maulwürfe zu einer gründlichen Bodendurchmischung und einer gleichmäßigen Belüftung des Bodens bei.



B24 | Der Maulwurf gehört zur Ordnung der Insektenfresser (Insectivora) ist 12,5- 15 cm groß, der Schwanz 2,8 cm lang. Er jagt gefräßig in unterirdischen Gängen Insektenlarven, Regenwürmer und andere Kleintiere. Der Maulwurf frisst keine Pflanzen und hält keinen Winterschlaf. (Foto: A. Niegengerd)

Wühlmäuse sind Nagetiere und reine Pflanzenfresser. Da sie die Wurzeln von Nutzpflanzen anfressen und ihre Gänge dicht unter der Erdoberfläche im Bereich der stärksten Durchwurzelung anlegen, sind sie bei Gärtnern sehr unbeliebt und werden als Schädlinge in vielen Gärten sogar mit Gift verfolgt.



B25 | Der Körper der Wühlmaus ist 7- 23 cm. Sie wiegen ca. 80-200 g und sind große Schädlinge in der Forst- und Landwirtschaft, sowie im Gartenbau. (Foto: A. Niegengerd)

Feldhamster gehören ebenfalls zu den Nagetieren. Sie sind aus den östlichen Steppengebieten nach Mitteleuropa eingewandert und leben heute vor allem in landwirtschaftlich genutzten Gebieten mit lehmig-tonigem Boden. Als Einzelgänger legen sie bis zu 2 m tiefe Erdbaue mit bis zu 10 m langen Gängen, Vorrats- und Schlafkammer an. Durch diese große Grabtiefe wird sehr viel humoses Material tief in den Boden transportiert und unterstützt dadurch in Verbindung mit Klima und Vegetationsfaktoren die Bildung mächtiger, humoser Oberböden. Feldhamster ernähren sich von Samen und anderen Pflanzenteilen, verschmähen aber auch Regenwürmer, Insektenlarven und kleinere Wirbeltiere nicht. In ihren Backentaschen transportieren sie Körnervorräte in die eigens dafür angelegten unterirdischen Vorratskammern, um bei Unterbrechungen ihres Winterschlafs ausreichend mit Nahrung versorgt zu sein.



B26 I Feldhamster, Ordnung der Nagetiere (Rodentia). Der Körper ist 20- 34 cm und der Schwanz 2,5- 6,5 cm lang. Sie sind Allesfresser, ernähren sich jedoch mehr pflanzlich. Der Feldhamster hält Winterschlaf. Er wird von Greifvögeln gejagt und ist vom Aussterben bedroht. (Quelle: Urania-Verlag Leipzig 1989)

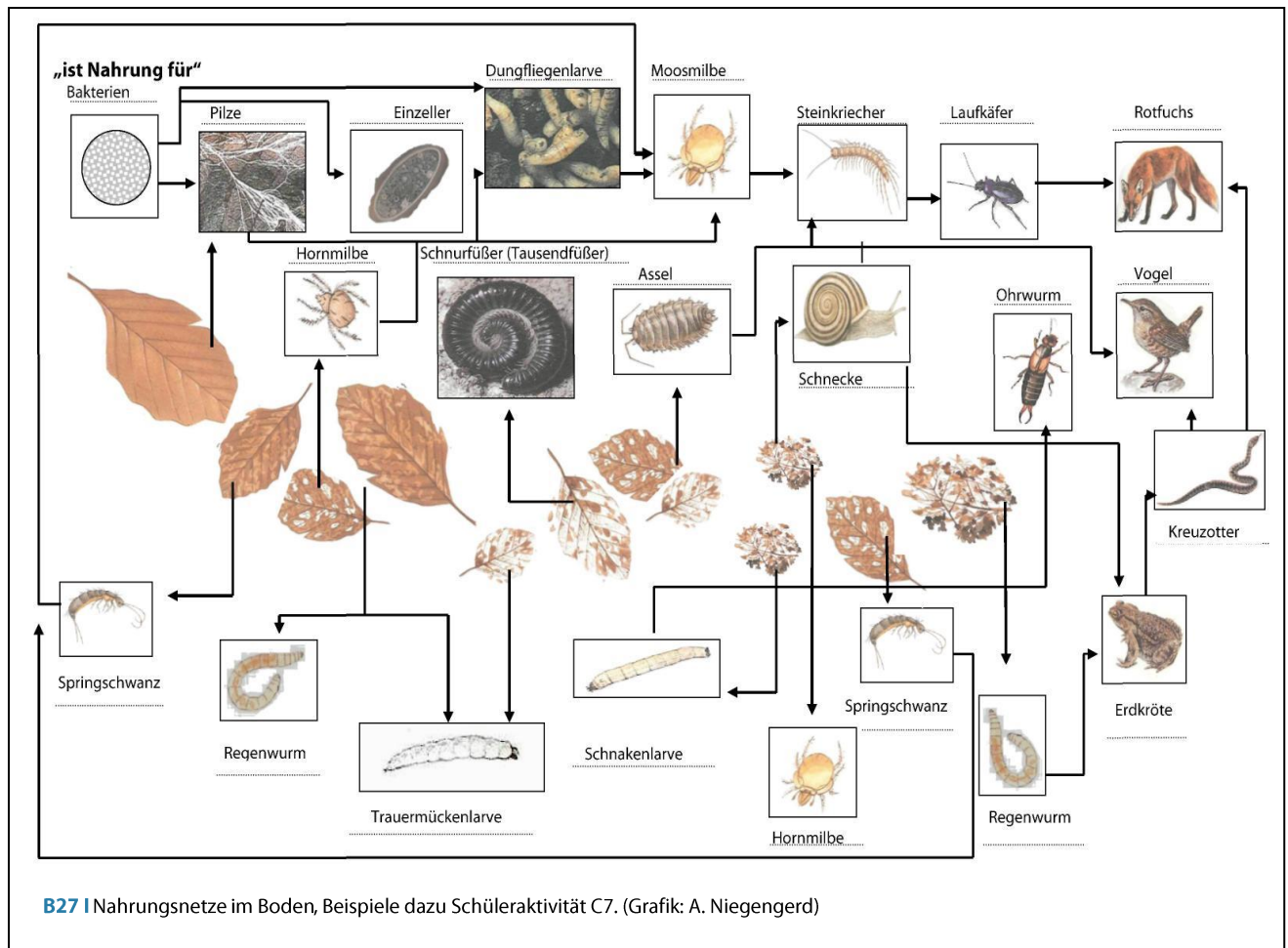
3. Nahrungsnetze und Stoffkreisläufe

Alle Lebewesen des Bodens sind miteinander über Nahrungsketten und Nahrungsnetze verknüpft. Als Produzenten bauen grüne Pflanzen durch Photosynthese in ihren Chloroplasten aus Kohlendioxid (CO₂) und Wasser Biomasse in Form von Kohlenhydraten (z. B. Glucose oder Stärke) auf und setzen dabei Sauerstoff frei (► Modul C Waldboden). Dazu benötigen sie bestimmte Mineralsalze, die sie mit dem Wasser aus dem Boden aufnehmen. Die von den Pflanzen produzierte Biomasse dient den Konsumenten verschiedener Ebenen (Pflanzenfresser = Primärkonsumenten, Fleischfresser = Sekundär- oder Tertiärkonsumenten usw.) unter anderem als Grundlage für ihr Wachstum und zur Energiegewinnung. Bei der Atmung setzen diese wiederum das gebundene Kohlendioxid und Wasser frei. Die Biomasse abgestorbener Organismen landet in der Regel wieder auf dem bzw. im Boden.

Wasserlösliche und pflanzenverfügbare anorganische Stoffe werden jedoch erst durch mehrstufige Abbauprozesse durch die Destruenten (= Zersetzer), meist Kleinstlebewesen im Boden, aus abgestorbener tierischer und pflanzlicher (organischer) Substanz freigesetzt (► Modul A „Was ist Boden?“). Sie werden damit wieder in die Stoffkreisläufe eingeschleust

(z. B. den des Stickstoffs, (► Modul E Landwirtschaft). So bildet sich auch im Boden ein sensibles und dynamisches ökologisches Gleichgewicht aus Konkurrenzverhältnissen, Räuber-Beute-Beziehungen, symbiotischem und parasitärem Zusammenleben sowie anderen gegenseitigen Wechselwirkungen zwischen Mikroorganismen, Pflanzen und Tieren aus (↗ B27, ► Schüleraktivität C7). Die Hauptfunktionen der Bodenorganismen sind dabei der Abbau der organischen Substanz und ihre Umwandlung in anorganische Stoffe (Mineralisierung) sowie teilweise die Bindung von Luftstickstoff (Stickstofffixierung). Sie tragen dadurch wesentlich zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit bei. Im Winter speichern die Bodenorganismen größere Mengen an Nährstoffen in ihrem Körper.

Dadurch wird auf natürlichem Wege eine Auswaschung der bodeneigenen Nährstoffe durch die Niederschläge und das Sickerwasser verhindert. Die Aktivität der Bodenorganismen ist abhängig von Temperatur, Feuchtigkeit und Nahrungsangebot, kann aber auch durch menschliche Eingriffe von außen gestört werden (↗ Kapitel 6). Mit einer Einschränkung ihrer Tätigkeit ist nachweislich auch eine Verringerung der Erträge auf dem jeweiligen Boden verbunden.



4. Abbau von Laubstreu durch Bodenlebewesen

Abgestorbene Pflanzenreste wie Blätter, Knospschuppen, Äste, Zweige und Früchte bilden die Laubstreu auf Waldböden (► Modul C Waldboden). Sie fällt jährlich in ungeheuren Mengen an: etwa 0,15 bis 30 Tonnen pro Hektar in Kiefern- und Fichtenwäldern und 0,40 Tonnen pro Hektar in Laubmischwäldern.

Der Abbau der Streu erfolgt aerob durch atmosphärische Gase (Atmosphärien) und verschiedenste Gruppen von Bodenorganismen in drei Phasen: In der Initialphase werden hochpolymere organische Verbindungen zu niedermolekularen Stoffen abgebaut. Auf der Oberseite eines abgeworfenen Laubblatts bauen in dieser Phase sogenannte Zuckerpilze Kohlenhydrate ab. In der Zerkleinerungsphase werden die Streustoffe von den Bodentieren zerbissen. Dabei beginnen Hornmilben und Springschwänze das Blatt seitlich anzufressen (Fensterfraß). Insektenlarven, Asseln und Tausendfüßer vergrößern diese Löcher (Lochfraß).

Ohrwürmer, Asseln, Tausendfüßer und Schnecken fressen schließlich die weichen Blattteile bis auf die Blattadern heraus (Skelettfraß). Die Zerkleinerung vergrößert die Oberfläche der organischen Substanz um das Tausendfache und erhöht damit die Angriffsfläche für mikrobielle Abbauenzyme. Regenwürmer verlagern die Streureste und sogar ganze Blätter in tiefere Bodenschichten. Vom Kot der verschiedenen Tiere ernähren sich wiederum weitere Arten wie Springschwänze und Milben. In der Abbau- und Umbauphase zerlegen Pilze und Bakterien die schwer verdaulichen Rückstände wie Cellulose oder Lignin und wandeln sie in andere organische Substanzen, z. B. amorphe, hochmolekulare (vielfach aromatische oder polymere) Huminstoffe um (Humifizierung). Sie werden schließlich als anorganische Stoffe, wie z. B. Kohlendioxid, Wasser, Ammonium, Nitrat, Nitrit oder Phosphat wieder für die Aufnahme durch die Pflanzen verfügbar gemacht (Mineralisation).

Die am Zersetzungsprozess der organischen Substanz im Boden beteiligten Pilze und Bakterien dienen gleichzeitig selbst als Nahrung für andere Bodenorganismen. Räuberische Bodentiere regulieren wiederum die Populationen der streu-, pilz- oder bakterienfressenden Organismen. So ist ein komplexes System von Organismen in der Lage, die organische Substanz erst mechanisch zu zerkleinern und schließlich biochemisch vollständig abzubauen. Gleichzeitig werden durch die Aktivität der Bodenlebewesen die Pflanzenteile bzw. ihre Inhaltsstoffe in tiefere Bodenschichten verlagert, was zu einer Durchmischung der Bodenbestandteile und zu einer Verbesserung der Humusbildung in den oberen Bodenschichten führt.



B28 | Pilze als wichtige Destruenten im Wald: Ihr Fadengeflecht (Myzel) durchdringt sehr schnell abgestorbenes Holz, verändert es innerhalb von wenigen Jahren und macht es für die eigentlichen Holzzerstörer wie z. B. Fadenwürmer, Springschwänze und Milbenarten zugänglich. (Foto: A. Niegengerd)

5. Kompostierung

Kompost, das „schwarzes Gold des Gärtners“, ist das Verrottungsprodukt verschiedener organischer Substanzen. In Haushalten und Gärten ist Komposterde durch die Bereitstellung wichtiger Hauptnährstoffe und Spurenelemente sowie durch die Förderung des Bodenlebens ein wichtiger Bodenverbesserer. Kompost aus dem eigenen Garten ist aber auch eine preiswerte Alternative zu Torf, der in käuflicher Blumenerde verwendet und mit negativen ökologischen Folgen aus Moorflächen gewonnen wird.

Bei der Kompostierung werden unter Wärmeabgabe durch Bakterien, Pilze, Würmer und andere Kleintiere Verbindungen aus Ton- und Humuspartikeln (Ton-Humus-Komplexe) gebildet und die Ausgangsmaterialien mineralisiert. Wie beim Abbau der Laubstreu schließen Bakterien das organische Material auf und Bodentiere zerkleinern es. Sowohl deren Ausscheidungen als auch das zerkleinerte Material dienen der Bodenflora und -fauna als Nährboden.

Die Abbaubarkeit organischer Verbindungen ist sehr unterschiedlich: Zuckermoleküle werden besser als Stärke, diese wiederum besser als Proteine umgesetzt, Cellulose wird dagegen schlechter als Eiweißstoffe, jedoch besser als Holzstoff (= Lignin) abgebaut, während viele Kunststoffe überhaupt nicht zersetzt werden (► Schüleraktivität B2). Neben der Zusammensetzung der Stoffe (vor allem auch dem Gehalt

an Kohlenstoff und Stickstoff) haben verschiedene Umweltfaktoren wie Temperatur, Feuchtigkeit und Sauerstoffversorgung einen großen Einfluss auf den Kompostierungsprozess. So bildet sich Kompost nur bei ausreichender Feuchtigkeit und Sauerstoffversorgung sowie Temperaturen zwischen 20° C und 40° C. Unter anaeroben Bedingungen verfault das organische Material dagegen. Es wird dabei unter Freisetzung von Schwefelwasserstoff und anderen giftigen Verbindungen nur unvollständig zersetzt, viele Bodenorganismen werden dadurch in ihrer Aktivität gehemmt. Fäulnisprozesse sollten daher beim Kompostieren, auch im Hinblick auf eine Geruchsbelästigung und die Qualität des Komposts, unbedingt vermieden werden, beispielsweise durch verringerte Feuchtigkeit und gute Belüftung (Umschichtung).



B29 | Aufgeschichtete Gartenabfälle für die Kompostierung. (Foto: A. Niegengerd)



B30 I Komposthaufen, abgelagerter Gartenabfall nach 2 Jahren. Nicht nur Bodentiere und Würmer fühlen sich im Kompost wohl. Eine Ringelnatter nutzt den Haufen (liegt neben einem Teich, Nahrung vornehmlich Frösche), um sich ein Sonnenbad zu gönnen. Sie hat bereits ihre Eier in Klumpen unter dem verrotteten Laub abgelegt.

(Foto: A. Niegengerd)

6. Auswirkungen der Eingriffe des Menschen auf die Bodenlebewesen

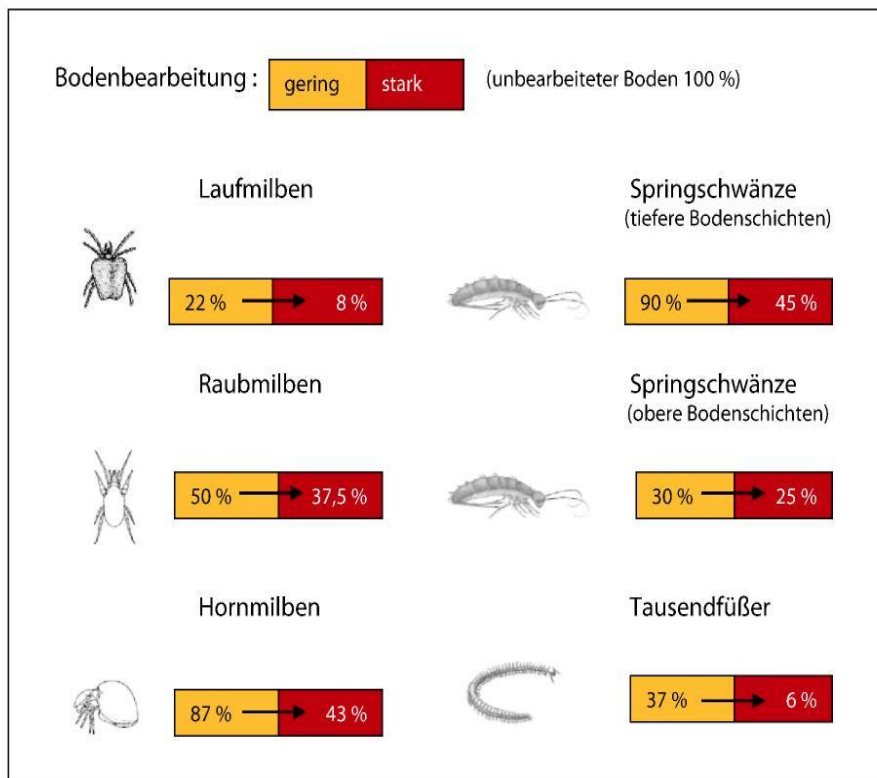
Der Eingriff des Menschen in den Boden kann für dessen Lebewesen gravierende Folgen haben (► Modul E Landwirtschaft). Bereits die Bodenbearbeitung mit einfachsten Mitteln stellt einen Eingriff in das ökologische Gleichgewicht des Lebensraums Boden dar. So kann sich das Wasserhaltevermögen des Bodens verändern.

Als Folge davon werden feuchtigkeitsliebende Bodenorganismen zurückgedrängt und die Ausbreitung anderer Formen begünstigt, die mit resistenten Dauerstadien auch Trockenzeiten überstehen können (z. B. Fadenwürmer oder Einzeller). Bei steigender Intensität der Bodenbearbeitung nimmt die Anzahl der Bodentiere deutlich ab (↗ B31 oben). Ihre Artenzusammensetzung und Individuenzahl kann häufig ein direkter Hinweis auf den Zustand der Böden sein (↗ B31 unten).

Die Ernte bedeutet für den Boden durch die Abfuhr von Nutzpflanzen einen Nährstoff- und Mineralstoffentzug. Diesem gilt es im Rahmen der Düngung zeit- und bedarfsgerecht zu begegnen. Auch durch den Wegfall der schützenden Pflanzendecke wird insbesondere der Wasserhaushalt des Bodens beeinflusst, indem die fehlende Beschattung und die Verdunstung infolge von Luftzug seine verstärkte Austrocknung fördert. Andererseits erhöht der Verlust der Verdunstung durch die Pflanzen den ungehinderten Zutritt von Wasser in den Boden.

Dieses kann als Folge der Bodenverdichtung meist nicht rasch genug versickern und bedingt eine für viele Bodenorganismen schädliche Staunässe. Früher war das Abbrennen der Vegetation weit verbreitet, um den Boden über Asche Mineralstoffe zuzuführen. Zwar bedeutete das Abbrennen einen starken Mineralstoffeintrag, doch tötete es gleichzeitig zahlreiche Organismen direkt ab. Zudem förderte es Arten wie die Brennnessel, die nährstoffreiche Verhältnisse benötigen und schließlich als „Unkräuter“ wieder in Konkurrenz zu Nutzpflanzen treten.

Eingriffe des Menschen in den Lebensraum Boden sollten bestehende Stoffkreisläufe und Organismennetzwerke möglichst wenig beeinträchtigen. Beiträge dazu leistet eine Bewirtschaftung nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis, beispielsweise durch Gründüngung oder den Anbau von Zwischenfrüchten (► Modul E Landwirtschaft). Der Mensch wirkt insbesondere durch die Anreicherung von Luftschadstoffen, Schwermetallen, organischen Verbindungen, Salzen oder radioaktiven Substanzen auf die Lebensumwelt der für den Boden und unseren Naturhaushalt außerordentlich wichtigen Bodenlebewesen ein (► Modul F Schadstoffe, ► Modul C Waldboden). Entsprechende Maßnahmen zum Schutz und Erhalt des Lebensraums Boden sind daher unbedingt erforderlich.



Große Springschwänze 	gute Nahrungsversorgung bei geringem Stickstoff- Düngereinsatz
wenige Arten an Springschwänzen mit geringer Größe (0,1 – 0,5 mm), teilweise in großer Anzahl; größere Räuber fehlen vorwiegend runde, hellbraune glänzende Hornmilbe mit der Fähigkeit, sich abkugeln zu können, viele Erdläufer, Raubmilben , einige Steinkriecher 	Verdichtung, geringes Porenvolumen, zu starke Befahrung
Humuserzeuger als breites Beutespektrum vorhanden: verschiedene Springschwänze, Fliegenlarven, Mückenlarven, Regenwürmer, Enchyträen 	sehr gute Humuserzeugung, gutes Lückensystem mit Drainagevermögen
Bandfüßer	beste Humusversorgung und geringe Störung
übermäßig viele Schildkrötenmilben	zerfließende organische Substanz, teilweise zu hoher Ammoniakgehalt der organischen Dünger; viele Fadenwürmer in der organischen Substanz als Beute

B31 I

Oben: Einfluss geringer und stärker Bodenbearbeitung auf die Bodenfauna.
 Unten: Zeigerfunktionen der Bodenfauna in landwirtschaftlich genutzten Böden.

Herausgeber:

Ministerium für Landwirtschaft,
Umwelt und Verbraucherschutz
Mecklenburg-Vorpommern