

200 JAHRE
SENCKENBERG
SEIT 1817



Die dünne
Haut
der Erde
– Unsere Böden

Die dünne
Haut
der Erde
– Unsere Böden

Ausstellungsführer zur Wanderausstellung des
SENCKENBERG Museum für Naturkunde Görlitz

von
Helga Zumkowski-Xylander, Maria Pilz,
Andrzej Paczos, Axel Christian, Willi Xylander

Görlitz, 2017



7 GRUSSWÖRTE

KAMMER DES LEBENS

- 12 **VIELFALT IM BODEN**
Lebensräume und ihre Bewohner
- 13 **BESTANDTEILE DES BODENS**
- 14 **BODENORGANISMEN WOZU**
- 15 **ZERKLEINERN, ZERRASPELN, ZERSTÜCKELN**
Wie Erstersetzer arbeiten
- 16 **REGENWÜRMER**
Schlinger, Lutscher und Mümmler
- 17 **ZUPFEN UND RUPFEN**
- 18 **TITANEN DER UNTERWELT**
Säugetiere im Boden
- 20 **SCHERMÄUSE**
Von sympathischen Wasserratten und
schädlichen Kulturfolgern
- 21 **DIE KLEINSTEN**
Fadenwürmer & Co.
- 22 **KREBSE IM BODEN**
Ein unerwarteter Lebensraum
- 23 **LIEBESPFIL UND WÜRMERSCHLEIM**
Besonderheiten bei der Fortpflanzung
- 24 **PILZE**
Die Kleinen und die Größten
- 25 **RECYCLING COMPLETED**
Vom Ende zum Anfang
- 26 **JÄGER, SAMMLER UND BAUERN**
Ameisen
- 27 **WAS SUCHT EIN BÄR IM BODEN?**
Bärtierchen
- 28 **VOM TIER, DAS AUSZOG, DAS FÜRCHTEN
ZU LEHREN**
Neobiota und ihre Auswirkungen
- 30 **AUF WIEVIELEN ORGANISMEN
STEHEN SIE?**
- 31 **WENN EINE ASSEL SO GROSS WÄRE WIE
EIN MENSCH...**
- 32 **MORD IN DER LAUBSTREU**
Jäger mit Biss
- 34 **VOM ZERBEISSEN, BETÄUBEN UND
AUSSCHLÜRFEN**
Unterschiedliche Ernährungsformen der
Räuber im Boden
- 36 **PECH GEHABT ODER IMMER DER
NASE LANG**
Wehrsekrete bei Bodentieren
- 37 **RITTERLICHES TREIBEN IM BODEN**
Von Schutzpanzern und weiten Sprüngen



KAMMER DES WISSENS

- 40 **DIE EIGENSCHAFTEN DES BODENS**
- 41 **FALLENSTELLER**
Wie fängt man ein Bodentier?
- 42 **BETRETEN VERBOTEN**
Tourismus bedroht die Bodentiere der Antarktis
- 44 **FLIEGENDE MILBEN EROBERN
LEBLOSE BÖDEN**
Wie kleinste Bodenlebewesen in neue Lebensräume vordringen
- 45 **HART IM NEHMEN**
Bodentiere passen sich an extreme Bedingungen an
- 46 **ALLES WIRD ANDERS**
Wald im Wandel
- 48 **CHECKLISTEN**
- 49 **WER BIN ICH?**
Neue Methoden für alte Fragen
- 50 **DIE DATENBANK ZU BODENTIEREN**
Edaphobase



CHAMBER OF CRUMBS

- 54 **BODEN – DIE DÜNNE HAUT DER ERDE**
- 55 **AM ANFANG WAR DAS GESTEIN**
- 56 **STETER TROPFEN HÖHLT DEN STEIN**
- 57 **WIE ENTSTEHT BODEN?**
- 58 **LUFT UND WASSER IM BODEN**
- 59 **DAS BODENBUCH**
- 60 **BODENDIVERSITÄT**
- 61 **BÖDEN, DIE ALLESKÖNNER**
- 62 **BUNT, BUNT, BUNT SIND ALLE UNSERE
BÖDEN...**
- 63 **BODEN UND MENSCH**
- 64 **BODENTYPEN IN MITTELEUROPA**



CHAMBER OF HORRORS

- 68 **EINE MENSCHENGEMACHTE
KATASTROPHE?**
- 69 **FRUCHTBARER BODEN – EINE ENDLICHE
RESSOURCE**
- 70 **MEHR NICHT?**
- 72 **BETON STATT BODEN**
Wir versiegeln unsere besten Böden
- 73 **FORTGESPÜLT UND WEGGEWEHT**
- 75 **DA IST KEIN DURCHKOMMEN**
Bodenverdichtung
- 76 **UNSICHTBARE BELASTUNGEN**
- 78 **LANDRAUB**
- 80 **VOM ACKER AUF DEN TELLER**
- 82 **VISIONÄRE**

- 84 **TERMINE, IMPRESSUM & DANKSAGUNG**

Diesem Heft beiliegend finden Sie:
Das Würfelspiel für die ganze Familie "Der Forscher und die Bodentiere"

GRUSSWORTE



Europas Reichtum ist seine Vielfalt – und diese umfasst nicht nur unsere immense kulturelle, politische und historische Reichhaltigkeit, sondern auch unsere Natur. Während die meisten dabei an das denken, was auf der Oberfläche wächst und gedeiht, krecht und fleucht, liegt ein wahrer Schatz verborgen unter der Erde. Ich bin deshalb froh, dass Ihre Ausstellung uns einen Einblick eröffnet, wie unser Fundament funktioniert, wie also Abertausende von „Ökosystem-Ingenieuren“ – von Maulwürfen und Regenwürmern, über Asseln und Ameisen bis hin zu Bakterien, Pilzen und Algen unter unseren Füßen zu unserem Nutzen zusammenarbeiten.

Das Wissen, das Ihre Ausstellung vermittelt, ist umso wichtiger, weil die Böden in einem noch nie da gewesenen Maße bedroht sind: Versiegelungen, Erosion, unsachgemäße Bewirtschaftung, der Einsatz von Pestiziden und der Klimawandel beeinflussen und beeinträchtigen die Leistungsfähigkeit des unterirdischen Ökosystems.

Als Europäische Kommission setzen wir uns deshalb dafür ein, dass die Böden den gleichen Schutz erhalten wie Luft und Wasser. Dies können wir allerdings nur erreichen, wenn nicht nur die Mitgliedsstaaten, sondern auch die Landwirte, die Industrie und die Gesellschaft mitziehen. Gemeinsam können wir den Reichtum unserer Böden und ihrer Erträge sichern, die uns Menschen in Europa und auch darüber hinaus nähren.

Die Ausstellung „Die dünne Haut der Erde – Unsere Böden“ des Senckenberg Museums in Görlitz, die ich bereits im UNECSO-Jahr der Böden 2015 sehen konnte, leistet einen entscheidenden Beitrag zum Schutz des Erdreichs. Mit Ihrer Präsentation schaffen Sie ein dringend notwendiges Bewusstsein für das, worauf unser Leben beruht.

Ich freue mich deshalb sehr, dass die Böden dank Ihrer Ausstellung gewissermaßen eine europäische Reise unternehmen können. Ich hoffe, dass Sie damit viele Menschen dazu motivieren, unsere Böden besser zu schützen und somit eine unserer wichtigsten Lebensgrundlagen zu bewahren.

In diesem Sinne wünsche ich Ihnen und Ihrer Ausstellung viel Erfolg!

Dr. Jean-Claude Juncker
Präsident der Europäischen Kommission



Wenn etwas redensartlich „guten Boden“ hat, verbinden wir damit gute Zukunftsaussichten. Hier verdeutlicht bereits die Sprache, welche große Bedeutung der Boden für uns hat: Er ist die Grundlage unseres Lebens. Gesunde Böden sind mehr als schlichtes Erdreich, sie sind vielschichtige Komplexe aus mineralischen und organischen Substanzen, Wasser und Luft, in denen eine Vielzahl verschiedenster Arten von Bodentieren und Mikroorganismen lebt. Böden unterliegen seit jeher gravierenden Veränderungen: zum Beispiel durch klimatische Faktoren und menschliche Eingriffe wie Landnutzung im Rahmen der Landwirtschaft oder Versiegelung. Für eine gute Zukunft brauchen wir guten Boden. Deshalb sind eine nachhaltige Nutzung der Böden, ihr Erhalt und ihre Wiederherstellung wichtig.

Die besondere Bedeutung der Böden für unser Leben hat auch die Weltgemeinschaft erkannt. In den Zielen für nachhaltige Entwicklung rücken die Vereinten Nationen Land und Boden gleich zweimal in den Mittelpunkt: Beim Ziel, den Hunger zu be-

den und die Landwirtschaft nachhaltig zu gestalten. Und beim Ziel, Ökosysteme zu schützen, dort wiederherzustellen, wo sie Schaden genommen haben und die Verschlechterung der Böden aufzuhalten und umzukehren. Zur Erreichung dieser Ziele kann Forschung wichtige Beiträge leisten. Wesentlich sind zudem Wissen, Verständnis und Bewusstsein über unsere unverzichtbare Lebensressource Boden. Denn den wenigsten Menschen ist bewusst: Der Boden lebt und verändert sich kontinuierlich.

Die Senckenberg-Ausstellung „Die dünne Haut der Erde – Unsere Böden“ macht die Vielfalt unserer Böden erlebbar. Das Senckenberg Museum für Naturkunde in Görlitz als Initiator erforscht seit über fünf Jahrzehnten, welche Lebewesen im Boden vorkommen, welche ökologischen Ansprüche sie haben und welchen Beitrag sie für die Aufrechterhaltung oder Regeneration der Bodenfunktionen leisten. Die Ausstellung macht die Ergebnisse dieser Arbeit auf eingängige und verständliche Weise für die Öffentlichkeit zugänglich – und dies nicht nur in Görlitz, sondern als Wanderausstellung an wechselnden Standorten.

Auf ihrem Weg durch Deutschland und Europa wünsche ich der Ausstellung großen Erfolg und allen Besucherinnen und Besuchern spannende Einblicke in die faszinierende Welt des Bodens.

Prof. Dr. Johanna Wanka
Bundesministerin für Bildung und Forschung



Für die meisten von uns ist Boden einfach da – eine Selbstverständlichkeit. Selbst bei uns im dichtbesiedelten Deutschland ist die Wertschätzung für diese Ressource oft nicht besonders hoch. Nach wie vor wächst die Siedlungs- und Verkehrsfläche in Deutschland um rund 90 Fußballfelder – und zwar am Tag. Wir vergessen dabei oft, wie begrenzt und wie wertvoll die fruchtbaren Flächen der Erde sind.

Böden sind nicht nur die Grundlage für unsere Lebensmittelproduktion oder die Herstellung nachwachsender Rohstoffe. Sie sind unentbehrlich für den natürlichen Wasserkreislauf und spielen eine wichtige Rolle beim Klimaschutz. Im Humus und Torf zum Beispiel ist mehr Kohlenstoff gespeichert als in der Vegetation auf der Oberfläche.

Gesunder Boden wimmelt von Leben. Ein komplexes System, in dem alles ineinandergreift und jede Art seine Rolle hat: Regenwürmer, Asseln, Spinnen, Milben, Springschwänze oder Mikroorganismen wie etwa Bakterien, Pilze oder Amöben.

Muten wir unseren Böden zu viel zu, gefährden wir dieses System. Die Fruchtbarkeit der Böden sinkt, sie veröden. Neben den Gefährdungen, die entstehen, weil wir Böden übernutzen oder versiegeln, werden sich auch die Folgen des Klimawandels in den kommenden Jahrzehnten negativ auf viele heute noch fruchtbare Böden auswirken. Bedenken wir, dass die Bevölkerung der Erde von heute 7,3 Mrd. auf gut 10 Mrd. im Jahr 2050 ansteigen wird, können wir den Verlust dieser wichtigen Lebensgrundlage nicht hinnehmen. Schließlich soll unsere Erde auch zukünftigen Generationen ein auskömmliches Leben ermöglichen.

Wir sollten die Böden als ein begrenztes, wertvolles und empfindliches Gut anerkennen und sorgsam nutzen. Wir tragen die Verantwortung für ihren Schutz und müssen lernen, unsere vielfältigen Ansprüche und Interessen stärker als bisher an ihrer Nachhaltigkeit zu messen.

Um den Schutz des Bodens zu gewährleisten, bedarf es der breiten Information und fundierter, aber allgemeinverständlicher Aufklärung, wie sie die Ausstellung "Die dünne Haut der Erde" des Senckenberg-Verbundes in beeindruckender Weise leistet.

Ich wünsche dieser Ausstellung deshalb zahlreiche Besucherinnen und Besucher, die sich mit ihrem Besuch sicher auch selbst zu einem nachhaltigen Umgang mit der Ressource Boden anregen lassen.

Dr. Barbara Hendricks
Bundesministerin für Umwelt, Naturschutz,
Bau und Reaktorsicherheit





KAMMER DES LEBENS

Auf einem Quadratmeter Boden leben mehr Organismen, als es Menschen auf der Welt gibt. Sie übernehmen für uns das Recycling abgestorbener Pflanzen, toter Tiere und ihrer Ausscheidungsprodukte und stellen die so freigewordenen Nährstoffe den Pflanzen wieder zur Verfügung. Ohne diese Prozesse könnten die Pflanzen nicht wachsen und viele Lebewesen – auch wir Menschen – würden verhungern. So zahlreich die Bodenorganismen sind, so vielfältig sind ihre Lebensräume. Ihre Anpassungen an ein Leben im Boden zeigen sich in ihrem Aussehen und ihrer Lebensweise.

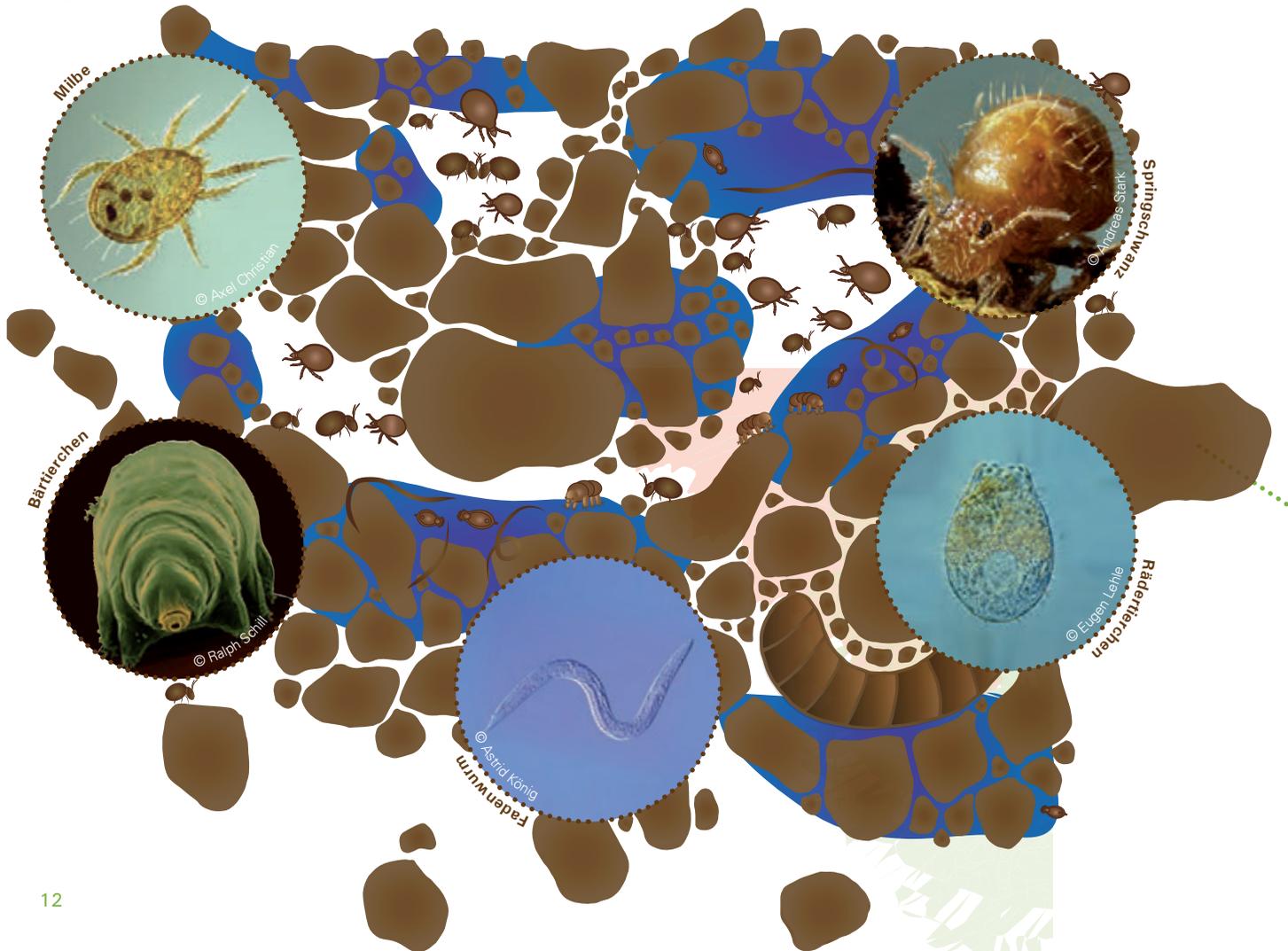
VIELFALT IM BODEN

Lebensräume und ihre Bewohner

Der Lebensraum Boden mit seinen Porenräumen und seiner abwechslungsreichen Struktur ist uns Menschen fremd. In ihm leben sehr viele Kleinstlebewesen, die unterschiedliche Funktionen haben.

Große Bewohner wie Regenwürmer und Säugetiere kennen wir. In der **LAUBSTREU** und den oberen Bodenschichten leben jedoch auch Tiere, die erst beim genauen Hinsehen erkennbar sind. Die einen zerkleinern als Ersterzersetzer das herabgefallene Laub, andere gehen als Jäger auf Beutesuche.

In der **OBEREN BODENSCHICHT** befinden sich viele kleine luftgefüllte Porenräume. In diesen leben zahlreiche kleine Tiere. Sie besitzen oft einen harten Panzer und sind erst mit einer guten Lupe zu erkennen. Diese Organismen bauen das abgestorbene Material weiter ab. Andere kleine Organismen leben im Wasserfilm, der die Bodenpartikel umgibt und die Porenräume auskleidet. Diese Tiere sind weichhäutig und können nur durch ein Mikroskop gesehen werden. Aber auch Pilze, Bakterien und Pflanzenwurzeln finden wir hier.



BESTANDTEILE DES BODENS

Ein intakter Boden setzt sich aus verschiedenen Bestandteilen zusammen: Gesteinsresten, Humus, Lebewesen, Luft und Wasser.

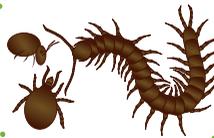
GESTEINSRESTE, die sich durch Verwitterung auflösen, stellen Nährstoffe für die Pflanzen bereit.



Abgestorbene Pflanzen und Tiere sowie die Ausscheidungsprodukte von Tieren werden im Boden abgebaut. Dabei entsteht der **HUMUS**. Dieser enthält viele Nährstoffe, die die Pflanzen zum Wachsen benötigen. Der Abbau zu Humus erfolgt in vielen aufeinanderfolgenden Zersetzungsschritten.



An dem Recyclingprozess sind Tiere, Bakterien und Pilze beteiligt. Diese **LEBEWESEN** zerkleinern das Ausgangsmaterial durch Zerkauen und chemischen Abbau. An diesem Prozess sind Eiweißstoffe, die Enzyme, beteiligt.



Die mit **LUFT** und **WASSER** gefüllten Porenräume beherbergen die kleinsten Bodenlebewesen.





BODENORGANISMEN WOZU

Viele Bodentiere fressen abgestorbenes Material. Während der Verdauung werden die organischen Verbindungen aufgespalten und in einfachere zerlegt. Dabei gewinnen diese Lebewesen Energie, die sie zum Leben brauchen.

Bodentiere sorgen durch ihre Grabtätigkeit auch für die Durchlüftung und Lockerung des Bodens. Dies fördert die Versickerung des Wassers und erhöht seine Speicherkapazität. Gleichzeitig findet durch das Graben eine Umschichtung des Bodens statt und nährstoffreicher Humus gelangt in die Tiefe. Bodenorganismen sind an der Verfestigung von Bodenteilchen und an der Bildung stabiler Ton-Humus-Komplexe beteiligt, die den Nährstoffverlust durch Auswaschung reduzieren. Nicht zuletzt beteiligen sie sich an der Reinigung des Niederschlagswassers und am Abbau von Schadstoffen. Von diesen Leistungen der belebten Natur profitieren wir ohne unser Zutun.

Diese „**ÖKOSYSTEMAREN LEISTUNGEN**“ des Bodens und seiner Organismen sind für das Leben auf der Erde unverzichtbar. Denn ohne sie könnten Pflanzen nicht wachsen und viele Organismen – auch wir Menschen – würden verhungern.



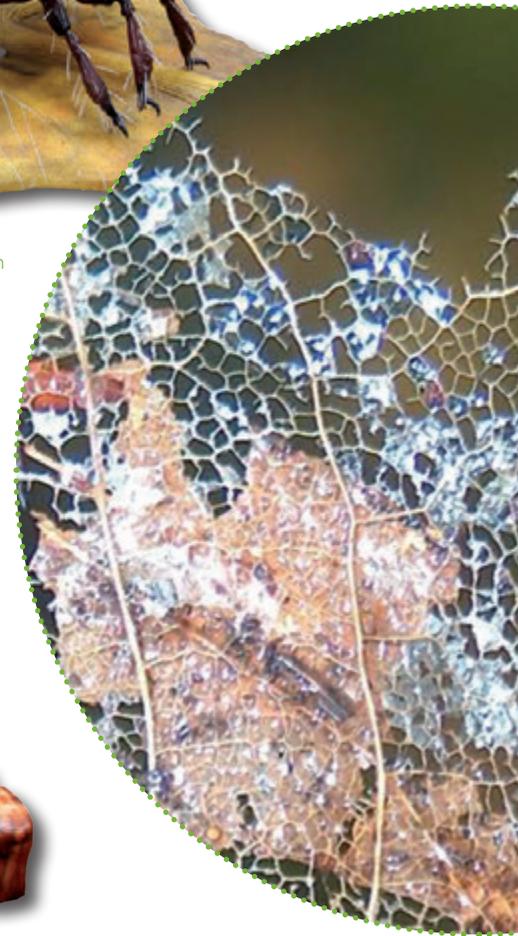
Der etwa 22 mm große Schrägstreifige Saftkugler ist ein Bewohner der Streuschicht und gehört zu den Ersterzsetzern.



Diese Hornmilbe ist nur 0,5 mm groß. Sie frisst Pilzhyphe, die an verrottenden Pflanzenteilen wachsen.



Thekamöben umfließen mit ihren Scheinfüßchen andere Einzeller. Sie sind nur ca. 75 µm groß.



ZERKLEINERN, ZERRASPELN, ZERSTÜCKELN

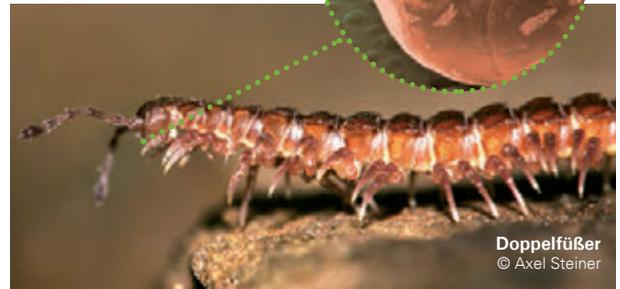
Wie Erstzersetzer arbeiten

Erstzersetzer zerkleinern mit ihren Mundwerkzeugen Pflanzenteile oder auch Tierkadaver. Am Boden liegende Blätter weisen daher oft Fraßspuren auf – sogenannten Lochfraß.

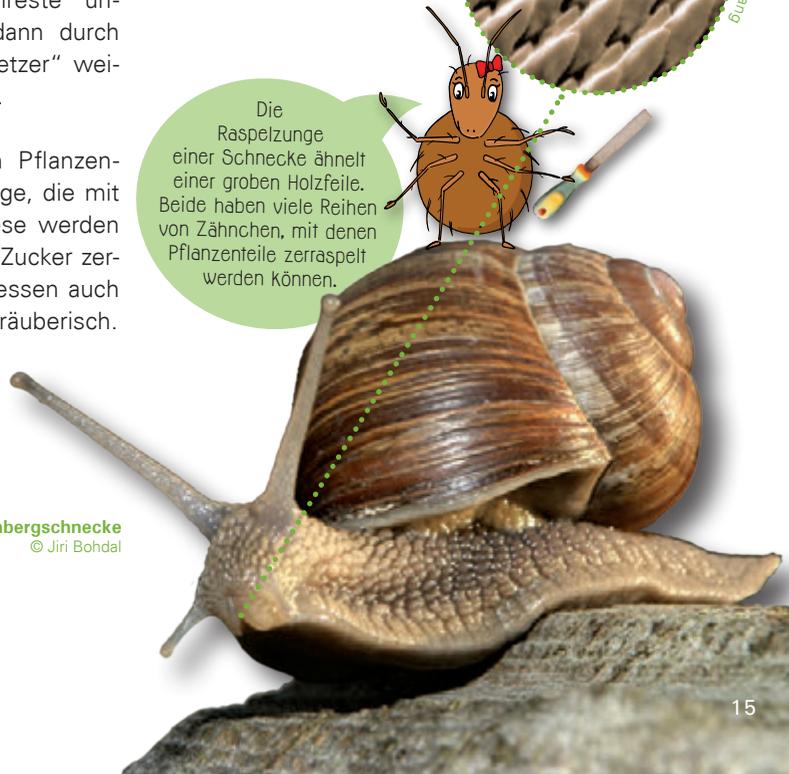
Doppelfüßer und Asseln haben paarige Kiefer, mit denen sie ihre Nahrung grob zerkleinern. Am liebsten mögen sie angerottete Pflanzenteile. Sie rupfen mit ihren äußeren, zähnenartigen Mundwerkzeugen kleine Pflanzenteile ab. Hinten liegen mehrere Reihen kleiner, harter Lamellen, mit denen sie die Nahrung weiter zerkleinern. Die Nahrung wird schließlich durch eine Platte zerschmirgelt und dann verdaut.

Doppelfüßer und Asseln sind schlechte Futterverwerter. Sie scheiden Pflanzenreste unverdaut aus, die dann durch kleinere „Zweitersetzer“ weiter abgebaut werden.

Schnecken zerkleinern Pflanzenteile mit ihrer Raspelzunge, die mit Zähnchen besetzt ist. Diese werden im Darm durch Bakterien in Zucker zerlegt. Einige Schneckenarten fressen auch Kot und Aas, wieder andere leben räuberisch.



Die Raspelzunge einer Schnecke ähnelt einer groben Holzfeile. Beide haben viele Reihen von Zähnchen, mit denen Pflanzenteile zerraspelt werden können.





REGENWÜRMER

Schlinger, Lutscher und Mümmler

Regenwürmer gehören zu den bekanntesten Tieren im Boden. Sie unterscheiden sich in ihrem Lebensort, ihrer Farbe, Größe, Lebensweise und Fortpflanzung. Ihr Körperbau ist aber bei allen Arten sehr ähnlich.

In der Streuschicht leben Regenwürmer, die zwischen den Blattschichten waagerechte Gänge bauen. Sie schlingen Pflanzenreste und anderes Material hinunter, das durch Bakterien schon vorverdaut wurde. In ihrem Kaumagen wird es weiter zerkleinert. Der Kot der Schlinger enthält noch große Mengen organischer Stoffe.

Tiefgrabende Regenwürmer legen senkrechte, bis zu 3 Meter tiefe Gänge an. Diese kleiden sie mit mineralhaltigem Kot aus. Sie ziehen verrottete Blätter von der Oberfläche in ihre Gänge. Dort herrschen gute Bedingungen für das Wachstum von Bakterien. Diese besiedeln die Blätter und zersetzen sie weiter. Die Würmer lutschen dann die nährstoffreichen Kleinstlebewesen von den Blättern ab.



Tiefgrabender Regenwurm



Mineralschichtbewohner

Mineralbodenbewohnende Regenwürmer fressen sich sprichwörtlich durch den Boden. Sie graben waagerechte Gänge durch die unteren Bodenschichten. Diese Arten nutzen kleinste organische Stoffe im Boden.

NUTZTIER REGENWURM

Durch ihre Ernährung und Lebensweise tragen Regenwürmer wesentlich zur Streuzersetzung, zur Humus- und Krümelbildung sowie zur Durchlüftung des Bodens bei. Ihr Beitrag zur Bodenfruchtbarkeit ist extrem hoch.



Regenwurm der Streuschicht
© Ulfert Graefe

ZUPFEN UND RUPFEN

Kleinere Tiere wie einige Hornmilben und Springschwänze bauen als „Folgeersetzer“ die Kotkrümel der größeren „Erstzersetzer“ ab.

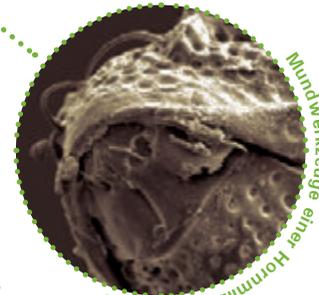
Hornmilben können mit ihren speziellen Mundwerkzeugen kleine Stücke aus Blättern herausschneiden; sie tragen so zur Streuzersetzung bei. Viele Arten fressen zudem Pilzhyphen oder Algen, die sie vom Untergrund abweiden. Hornmilben nehmen außerdem den Kot der Erstzersetzer auf und bauen ihn weiter ab.

Springschwänze zerkleinern die Laubstreu, indem sie mit ihren Mundwerkzeugen kleinste Teile von der Blattoberfläche abrufen. Einige Arten fressen neben dem Falllaub auch alles andere, was in der Laubstreu zu finden ist: Kotpellets von Asseln, Tierreste und Pilze. Daneben gibt es Springschwänze, die ein sehr enges Nahrungsspektrum haben. Diese ernähren sich fast ausschließlich von Pilzhyphen, Algen, Pollen oder Bakterien.

Springschwänze sind ursprüngliche, flügellose Insekten, Hornmilben hingegen gehören zu den Spinnentieren.



Hornmilbe
© Birgit Lang



Mundwerkzeuge einer Hornmilbe
© Birgit Lang



Bezahnter Oberkiefer eines Springschwanzes
© Jürgen Schütz



Dunkelbrauner Kugelspringer

Die Mundwerkzeuge von Folgezersettern arbeiten wie kleine Zangen. Sie können kleine Stückchen abrufen.





TITANEN DER UNTERWELT

Säugetiere im Boden

Säugetiere sind die Riesen unter den Bodentieren. Einige von ihnen leben nur als Gäste im Boden, andere sind ständige Bodenbewohner. Durch ihre Grabtätigkeit durchmischen sie den Boden. Die entstehenden Tunnel sorgen für seine Durchlüftung und leiten das Wasser ab.

Der **MAULWURF** verbringt fast sein gesamtes Leben im Boden. Mit seinen zu Grabschaufeln entwickelten Vorderfüßen gräbt er sein Röhrensystem. In diesem jagt er nach Regenwürmern, Insekten und deren Larven. Maulwürfe orientieren sich in ihren unterirdischen Gängen mit Hilfe ihres guten Geruch- und Tastsinns. Dabei vollbringen sie eine enorme Gedächtnisleistung. Denn sie merken sich alle Verzweigungen ihres oft 500 Meter langen Tunnelsystems.

Das **MAUSWIESEL** ist ein Gast im Boden. Durch seinen langgestreckten Körperbau und seine Größe ist es an die Jagd in engen Gängen angepasst. Denn Mäuse sind die Hauptnahrung dieses kleinsten Raubsäugers Europas.



© kleinsaeuger.at

Maulwurf



Mauswiesel
© Bernhard Herzog



In Europa kommen 19 Mäusearten vor. Vielen Arten dient der Boden als Lebensraum und Ort für die Aufzucht der Jungen. **GELBHALSMÄUSE** bewohnen bevorzugt strukturreiche Laubwälder. Sie sind gute Kletterer und können weit springen. Sie ernähren sich hauptsächlich oberirdisch von Samen, Früchten und Pilzen, aber sie fressen auch tierische Nahrung wie zum Beispiel Insekten, Regenwürmer und Schnecken. Sogar kleine Wirbeltiere stehen auf ihrem Speiseplan. Im Winter greifen Gelbhalsmäuse auf ihre Vorräte zurück, also auf Samen, Haselnüsse, Bucheckern und Eicheln.



© Tomasz Skorupka

Gelbhalsmaus



© Richard Kraft

Gelbhalsmäuse gehören zu den Allesfressern



© Tomasz Skorupka

Waldspitzmäuse sind Räuber

SPITZMÄUSE gehören nicht zu den Mäusen. Sie sind mit Maulwürfen und Igel verwandt und ernähren sich von Insekten, Schnecken und Regenwürmern.



© Tomasz Skorupka

Waldspitzmaus



SCHERMÄUSE

Von sympathischen Wasserratten und schädlichen Kulturfolgern

In Deutschland kommen Schermäuse in zwei verschiedenen Lebensräumen vor. Sie unterscheiden sich daher in ihrem Verhalten.

Die landlebende Schermaus ist vorwiegend dämmerungsaktiv. Sie bewohnt bis zu 100 m lange unterirdische Gänge auf Feldern, im Grünland, in lichten Laubwäldern, Obstanlagen, Brachflächen und Gärten. Deshalb wird sie auch Wühlmaus genannt. Sie ernährt sich von 50 verschiedenen Pflanzenarten, bevorzugt aber saftige Wurzeln, Zwiebeln und Knollen. Daher können Schermäuse an Kulturpflanzen erhebliche Schäden anrichten. Sie fressen auch gerne Gräser und krautige Pflanzen. Im Winter ernähren sich Wühlmäuse von ihren Vorräten, die sie in gut gefüllten unterirdischen Kammern anlegen.



© Lubomír Hlásek

Landlebende Schermaus – die Wühlmaus

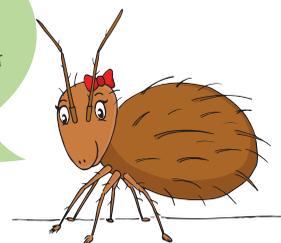


© Lubomír Hlásek

Wasserlebende Schermaus

Am Wasser lebende Schermäuse sind hauptsächlich in Ufernähe von Fließgewässern, aber auch an Seen und Teichen zu finden. Sie sind vorwiegend tagaktiv und können gut schwimmen und tauchen. Sie ernähren sich von oberirdischen Pflanzenteilen wie markreichen Stängeln von Rohrkolben und Schilf. Wie die an Land lebende Schermaus fressen sie aber auch Wurzeln und Knollen, trüchtige Weibchen sogar Insekten, Schnecken oder Fische. Die Gänge dieser Schermäuse sind nur sehr kurz und werden hauptsächlich zur Jungenaufzucht und als Unterschlupf genutzt. Im Winter ernähren sich in Wassernähe lebende Schermäuse von ihren Vorräten, die sie in meist unterirdischen Nestern anlegen. Knospen von Sträuchern dienen zusätzlich als Winternahrung.

Wenn man früher von einer „Wasserratte“ sprach, meinte man diese wasserliebenden Schermäuse. Heute verwenden wir den Begriff „Wasserratte“ für jemanden, der gerne im Wasser ist.



DIE KLEINSTEN

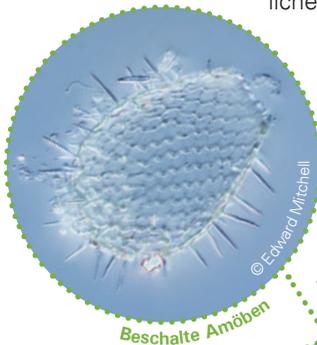
Fadenwürmer & Co.

Am Ende des Recyclings im Boden spielen sehr kleine Lebewesen eine wichtige Rolle: Thekamöben und Fadenwürmer, aber auch Rädertiere, Wimpertierchen oder Bauchhärlinge beschleunigen den Abbauprozess, indem sie Bakterien oder Pilzfäden fressen und so deren Aktivität erhöhen. Pilze und Bakterien wiederum wandeln das verbliebene organische Material in Nährsalze um, die sich im Bodenwasser lösen und von den Pflanzen über die Wurzel aufgenommen werden.

Beschalte **AMÖBEN** (Thekamöben) gehören zu den Einzellern. Sie ernähren sich von anderen Einzellern, Algen und Bakterien, die sie mit ihren Scheinfüßchen umfließen und dann aufnehmen. Thekamöben besitzen Schalen mit nur einer Öffnung, aus der die Scheinfüßchen austreten. Die verschiedenen Arten bilden unterschiedliche Schalenformen aus. Die meisten

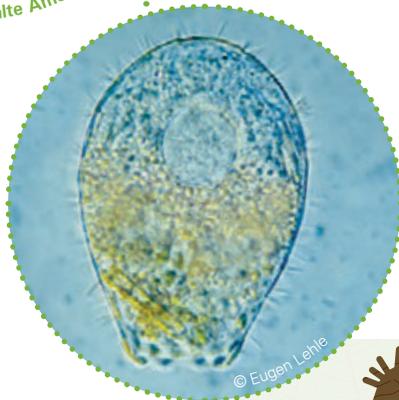
Thekamöben haben entweder ein Gehäuse aus kleinen Mineralpartikeln oder selbstproduzierten Kieselsäureplättchen. Manchmal besteht es nur aus organischem Material oder seltener aus Kalkplättchen. Die Schale schützt die

Thekamöben vor Austrocknung.



Beschalte Amöben

© Edward Mitchell



© Eugen Lehle

In den wassergefüllten Porenräumen und dem die Bodenpartikel umgebenden Wasserfilm schlängeln sich **FADENWÜRMER**, eine arten- und individuenreiche Tiergruppe. Ihre Mundhöhlen sind sehr unterschiedlich aufgebaut, je nachdem, wovon der Wurm sich ernährt. Bakterienfresser haben eine kleine Mundhöhle und oft große, verzweigte Lippenanhänge. Mit ihnen wischen sie Bakterien vom Untergrund. Einige räuberische Fadenwürmer hingegen besitzen eine große, ausstülpbare Mundhöhle und kräftige Zähne, mit deren Hilfe sie kleine Beutetiere aufschlitzen. Andere Räuber, an Wurzeln saugende Arten, Pilz- oder Algenfresser wiederum haben speer- oder stiletartige Mundwerkzeuge, mit denen sie ihre Nahrung anstechen und aussaugen.



Fadenwurm

© Astrid König

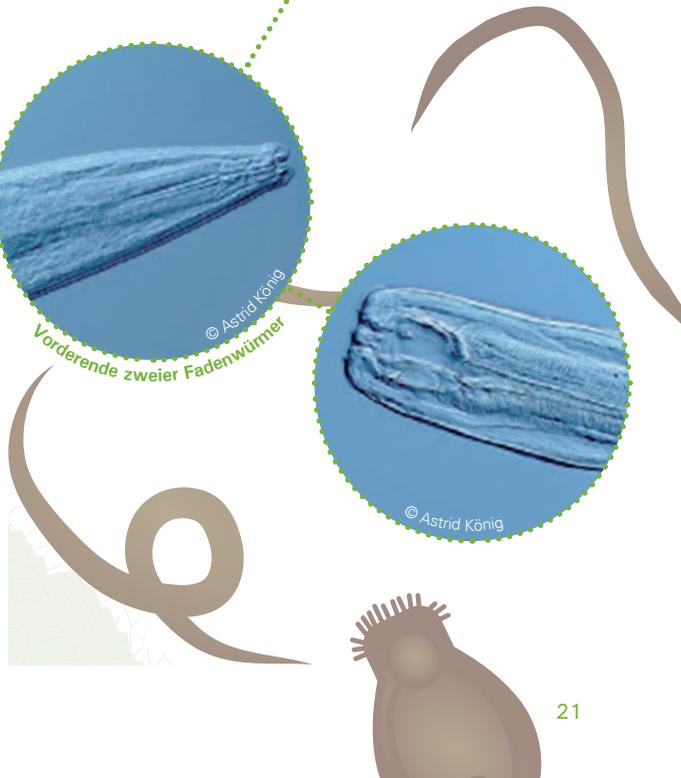
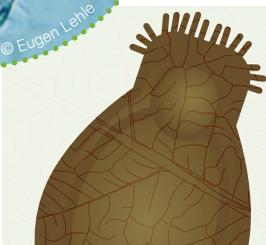


Vorderende zweier Fadenwürmer

© Astrid König



© Astrid König





KREBSE IM BODEN

Ein unerwarteter Lebensraum

Landasseln gehören zu den Krebsen. Viele atmen noch, wie ihre im Wasser lebenden Verwandten, mit Kiemen. Arten, die sich stärker an das Landleben angepasst haben, atmen über Lungen oder wie Insekten über Tracheen. Das ist ein Röhrensystem, das sich durch den Körper zieht und den Sauerstoff direkt zu den Organen führt. Landasseln benötigen aber stets eine hohe Luftfeuchtigkeit. Sie sind daher häufig unter Steinen oder Totholz zu finden.

Auch ihre Brutpflege erleichtert den Asseln das Leben im Boden: Die Weibchen legen circa 100 Eier in ihren mit Flüssigkeit gefüllten Brutraum auf der Bauchseite. Hier schlüpfen die zunächst noch „unvollständigen“ Assel-Larven und werden von der Mutter noch einige Tage herumgetragen. Die Larven häuten sich mehrfach in diesem Brutbeutel und verlassen ihn dann als fertige Miniasseln.



© Erzsébet Hornung

Assel



© Erzsébet Hornung

Assel mit Brutraum

Asseln sind tolle Mamas! Sie tragen ihre Kinder in einem Brutraum mit sich herum. So sind die Kleinen gut geschützt. Erst wenn sie größer sind, verlassen sie ihre Mutter.



© Juliane Eberhardt

Brutraum



LIEBESPFIL UND WÜRMERSCHLEIM

Besonderheiten bei der Fortpflanzung

Schnecken und Regenwürmer gehören zu den langsamen Tieren. Ihr Aktionsradius ist daher beschränkt und die Wahrscheinlichkeit, auf paarungsbereite Artgenossen zu treffen, eher gering. Deshalb sind sie meist zwittrig, das heißt: Sie vereinen beide Geschlechter in einem Tier. Begegnen sich zwei Artgenossen, können sie sich miteinander fortpflanzen.

Regenwürmer entziehen sich durch ihr Leben im Boden der Beobachtung, und so sieht man sie selten bei der Paarung. Eine Ausnahme ist der **TAUWURM**, einer unserer größten Regenwürmer. Dieser paart sich an der Oberfläche. Dabei legen sich die Partner nebeneinander, so dass ihre beiden Gürtel – drüsige Körperbereiche mit den Samentaschen – aneinander liegen. Ein von der Gürtelregion abgesondertes Sekret verbindet beide Tiere während der Spermienübertragung. Hierbei werden die Spermien in eine Rinne auf der Bauchseite abgegeben, nach vorn transportiert und von einer Öffnung im Körper des Partners aufgenommen.



© Otto Ehrmann

Regenwurmpaarung



© Ekkehard Wachmann

Schneckenpaarung

Um die Fortpflanzung nicht dem Zufall zu überlassen, legen viele Schnecken Duftspuren aus. So werden potenzielle Partner angelockt. Treffen diese aufeinander, beginnt ein Paarungsritual, das sich über Stunden hinziehen kann.

Dabei stechen einige Arten winzige „**LIEBES-**

PFEILE“ in den Fuß des Partners. Dies erhöht ihre Paarungsbereitschaft. Dann erst beginnt die eigentliche Begattung, bei der die Schnecken sich gegenseitig ein Spermienpaket übertragen. Bei günstiger Witterung erfolgt die Befruchtung der Eizellen und die Schnecken legen ihre Eier ab.



Weinbergschnecke bei der Eiablage
© Ingo Stiegemeyer

PILZE

Die Kleinen und die Größten

Pilze gehören weder zu den Pflanzen noch zu den Tieren. Sie stellen ein eigenständiges Reich der Organismen dar.

Wir kennen meist nur ihre oberirdischen Fruchtkörper. Der weitaus größere Teil des Pilzes jedoch, das Pilzgeflecht, lebt im Boden. Pilze gehören zu den größten Lebewesen der Welt. Das größte nachgewiesene Pilzgeflecht der Erde, ein **HALLIMASCH**, befindet sich in Oregon. Es ist 600 Tonnen schwer und über neun Quadratkilometer groß. Dies entspricht der Größe von 1200 Fußballfeldern.



© Ulrike Damm
Sporen eines Jochpilzes

Pilze vermehren sich sowohl geschlechtlich als auch ungeschlechtlich über ihr **PILZGEFLECHT** oder ihre **SPOREN**. Diese finden sich überall im Boden und sind mikroskopisch klein, so dass sie für uns meist unsichtbar sind.

Pilze bauen auch Substanzen ab, die andere Organismen nicht „knacken“ können. Sie sind daher besonders wichtig für das Recycling von Stoffen im Boden, aber auch für den Abbau von Umweltgiften.



© Karlheinz Baumann

Hallimasch

RECYCLING COMPLETED

Vom Ende zum Anfang

Die von den Bodenorganismen im Rahmen des Recyclings gebildeten und freigesetzten Nährsalze dienen den Pflanzen für ihr Wachstum. Sie profitieren von der Aktivität der Tiere, Einzeller, Pilze und Bakterien.

Über ihr weitläufiges Wurzelgeflecht nehmen Pflanzen das Wasser und die darin gelösten Nährstoffe aus den Porenräumen des Bodens auf. Sie transportieren es über ihre Leitungsbahnen nach oben und nutzen die Nährstoffe zum Aufbau neuer Organe wie Blätter und Stoffe wie Chlorophyll.

Auf der anderen Seite scheiden Pflanzen eine Reihe von Stoffen in den Wurzelraum aus. So fördern sie das Wachstum von Mikroorganismen und tragen damit auch zur Ernährung der kleinen Bodentiere bei.



Fliegenpilze gehören zu den Mycorrhizapilzen



© Ulrike Damm

Fichtenwurzel mit Mycorrhiza

Bestimmte Pilze helfen allerdings den Pflanzen bei der effektiven Nutzung der Nährstoffe. Denn alle unsere einheimischen Bäume und die meisten übrigen Pflanzen gehen eine Lebensgemeinschaft mit Pilzen ein. Diese Symbiose bezeichnet man als Mykorrhiza.

Bei den meisten mitteleuropäischen Bäumen umwachsen Pilze die feinen Wurzelspitzen und erleichtern der Pflanze die Aufnahme von Wasser und Nährstoffen. Bei krautigen Pflanzen, wie dem Heidekraut, wachsen die Pilzfäden sogar zum Teil in die Wurzeln hinein. Die Pflanzen ihrerseits versorgen die Pilze mit Zuckern und anderen nahrhaften Substanzen. Ohne ihre jeweiligen Partner gedeihen viele Bäume und Pilze nicht oder nur schlecht.

JÄGER, SAMMLER UND BAUERN

Ameisen

Die meisten Ameisen bilden Staaten mit einer oder mehreren Königinnen. Daneben gibt es in jedem Staat Männchen, Arbeiterinnen und Soldatinnen. Die Männchen begatten die Königin während ihres Hochzeitsfluges und sterben danach ab. Nur die Königin legt Eier. Sie regiert ihre Kolonie nicht uneingeschränkt. Vielmehr organisieren die Arbeiterinnen ihre Aufgaben selbst – entsprechend dem Bedarf. Die Königin kann jedoch die Zusammensetzung der Nachkommen und die Aggressivität der Arbeiterinnen über Hormone steuern.

Die Ernährungsweisen von Ameisen sind sehr unterschiedlich. Einige Arten machen Jagd auf andere Insekten oder fressen Aas. Viele sammeln auch Samen, Pollen oder Nektar. Andere melken Blatt- und Wurzelläuse, um an deren zuckerhaltige Ausscheidungen, den Honigtau, zu gelangen. Tropische Ameisen legen manchmal Pilzkulturen auf vorgekauften Blättern an und ernähren sich von den Pilzfäden. Eine unserer bekanntesten Ameisen, die Rote Waldameise, ist ein Allesfresser.

Die **ROTE WALDAMEISE** baut ein Nest in Form eines oberirdischen Hügels. Darunter, für uns unsichtbar, liegt ein doppelt so großer unterirdischer Teil. Der Hügel dient als Klimaanlage und schützt vor Nässe oder extremer Hitze.

Knotenameisen bauen vorwiegend unterirdische Nester. Ihre waagerechten Gänge und Kammern durchziehen das Erdreich bis in unterschiedliche Tiefen. Da eine Regulation des Nestklimas über einen oberirdischen Teil häufig fehlt, bringen die Arbeiterinnen die Brut je nach Temperatur in unterschiedlich tief gelegene Gänge.



Ameisenhaufen der Roten Waldameise



Ameise melkt eine Blattlaus



Ameise mit Beute



WAS SUCHT EIN BÄR IM BODEN?

Bärtierchen

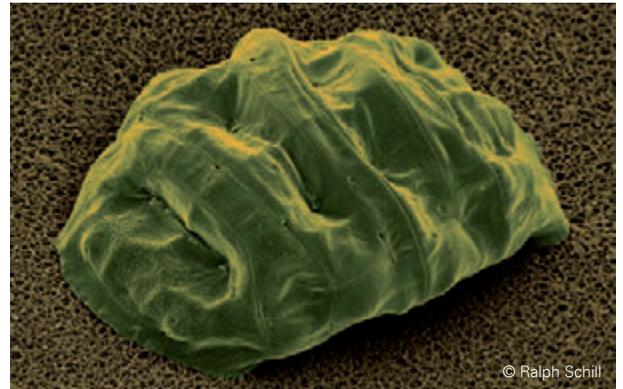
Bärtierchen bewohnen Wasserfilme in Laubstreu, Boden und Moosen. Sie bewegen sich mit ihren acht Stummelfüßen tapsig durch ihren Lebensraum, was ihnen den Namen einbrachte. Die Füßchen tragen paarige Krallen. Das hintere Paar ist gedreht und gibt ihnen festen Halt am Untergrund.

Einige **BÄRTIERCHEN** stechen mit ihren Mundwerkzeugen Algen an und saugen sie aus. Andere Arten sind Räuber und fressen vornehmlich Fadenwürmer und Rädertierchen. Aber auch Artgenossen werden nicht verschmäht.

Die Lebensräume der Bärtierchen an Land trocknen häufig aus und sind Temperaturschwankungen ausgesetzt. Diesen wechselnden Lebensbedingungen haben sich die

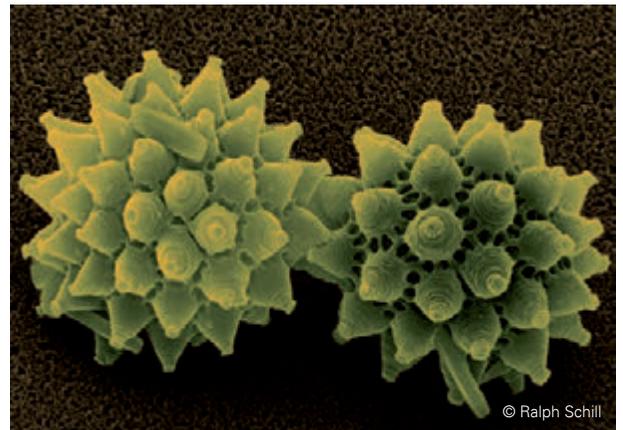
Bärtierchen angepasst. Bei Wassermangel schrumpfen sie zu **TÖNNCHEN**. So können sie bis zu 20 Jahre überdauern. Steht Wasser zur Verfügung, brauchen Bärtierchen manchmal nur 20 Minuten, um wieder aktiv zu werden.

Bei den meisten Bärtierchenarten gibt es beide Geschlechter. Arten, die sehr widerstandsfähig gegen Austrocknen sind, besitzen häufiger die Fähigkeit zur „Jungfernzeugung“. Bei einigen von ihnen fehlen die Männchen ganz.



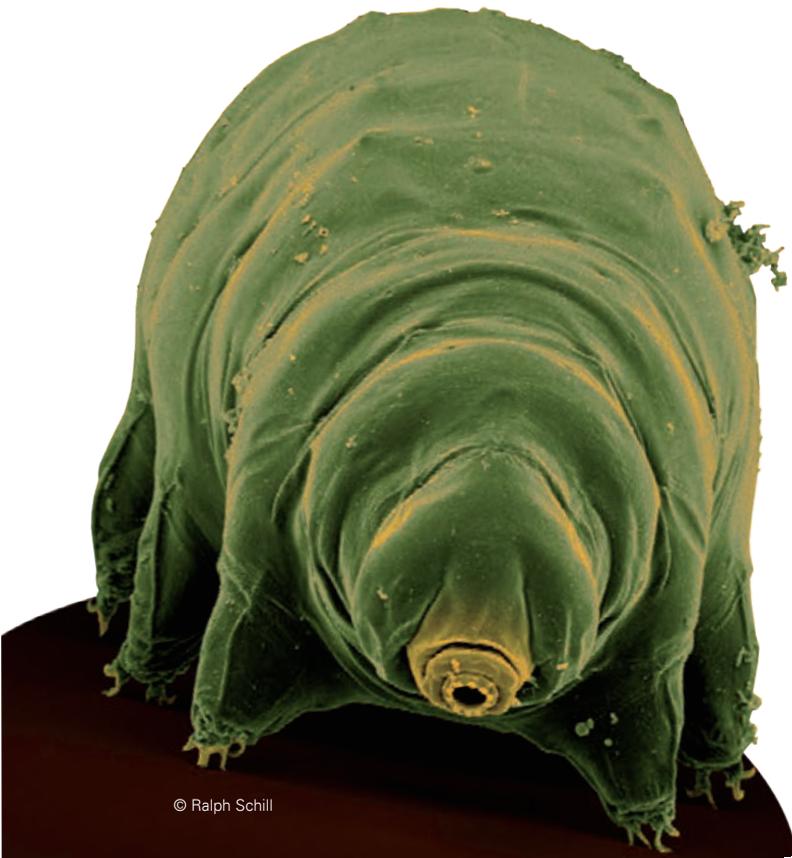
© Ralph Schill

Bärtierchen Tönnchen



© Ralph Schill

Bärtierchen Eier



© Ralph Schill



VOM TIER, DAS AUSZOG, DAS FÜRCHTEN ZU LEHREN

Neobiota und ihre Auswirkungen

Heute kommen in vielen Regionen der Welt gebietsfremde Pflanzen- und Tierarten vor. Sie wurden teils absichtlich durch den Menschen eingeführt, teils unbewusst verschleppt. Einige Arten können sich in der neuen Heimat stark vermehren und so zur Plage werden.

TAUSENDFÜSSER IN AUSTRALIEN

Ein aus Portugal stammender Tausendfüßer wurde zufällig nach Australien eingeführt. Im Süden des Kontinents vermehrte er sich extrem stark. Dort drang er in Häuser ein, krabbelte in Steckdosen, verursachte Kurzschlüsse und legte sogar den Bahnverkehr lahm. Zunächst wurde der Fremdling vor allem mit Pestiziden bekämpft. Danach wurde aus Europa sein natürlicher Feind eingeführt, eine parasitische Fliege, die aber in Australien nicht heimisch wurde. Forscher fanden schließlich einen australischen Fadenwurm, der einheimische Tausendfüßer parasitiert und auch den portugiesischen Einwanderer befällt. Dieser Fadenwurm wird nun zu dessen biologischer Bekämpfung eingesetzt.



Der portugiesische Tausendfüßer hat sich in Australien extrem vermehrt



Massenvorkommen vor einer Tür



Rotwurm



© Paul Ojanen

REGENWÜRMER IN AMERIKA

Eingeschleppte Regenwürmer, wie der europäische Rotwurm, führten in einigen Regionen Nordamerikas zu dramatischen Auswirkungen in den Wäldern. Denn dort fehlten diese Schwerathleten vorher in den Böden. Die Abbauprozesse liefen daher langsamer ab. Die eingeschleppten Regenwürmer beschleunigen nun die Zersetzung, die Humusschicht wurde geringer und die Verfügbarkeit von Nährstoffen veränderte sich. Dies führte zu einer deutlichen Abnahme der Krautschicht.



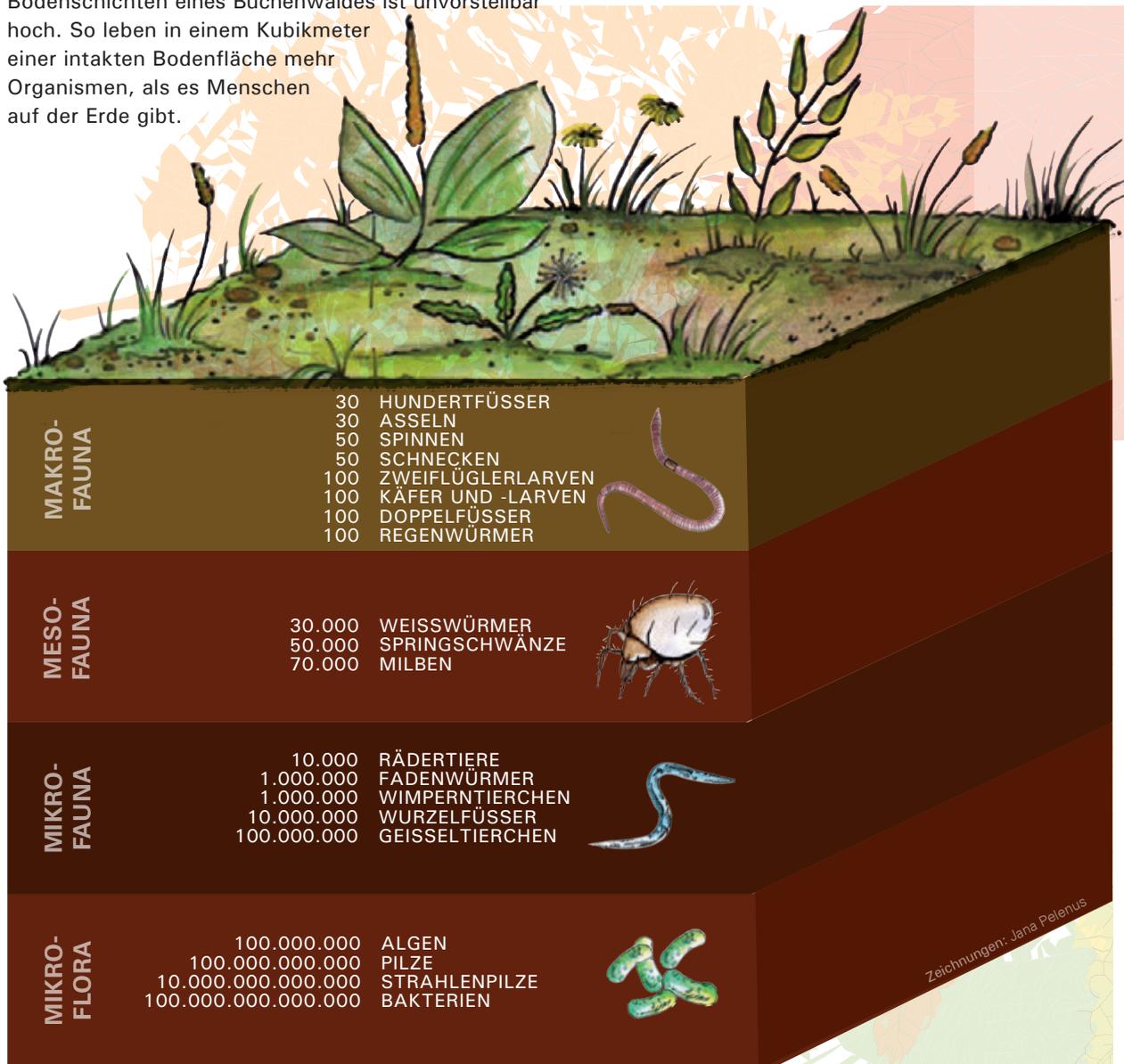
© Paul Ojanen

▲ Regenwurmfreies Gebiet in einem Zucker-Ahorn-Wald mit dichter Krautschicht im nördlichen Wisconsin – USA.

◀ Fortgeschrittenes Stadium der Regenwurm-Invasion in einem Zucker-Ahorn-Wald im nördlichen Wisconsin. Der Boden liegt frei und die Dichte und Vielfalt der krautigen Pflanzen ist deutlich geringer.

AUF WIEVIELEN ORGANISMEN STEHEN SIE?

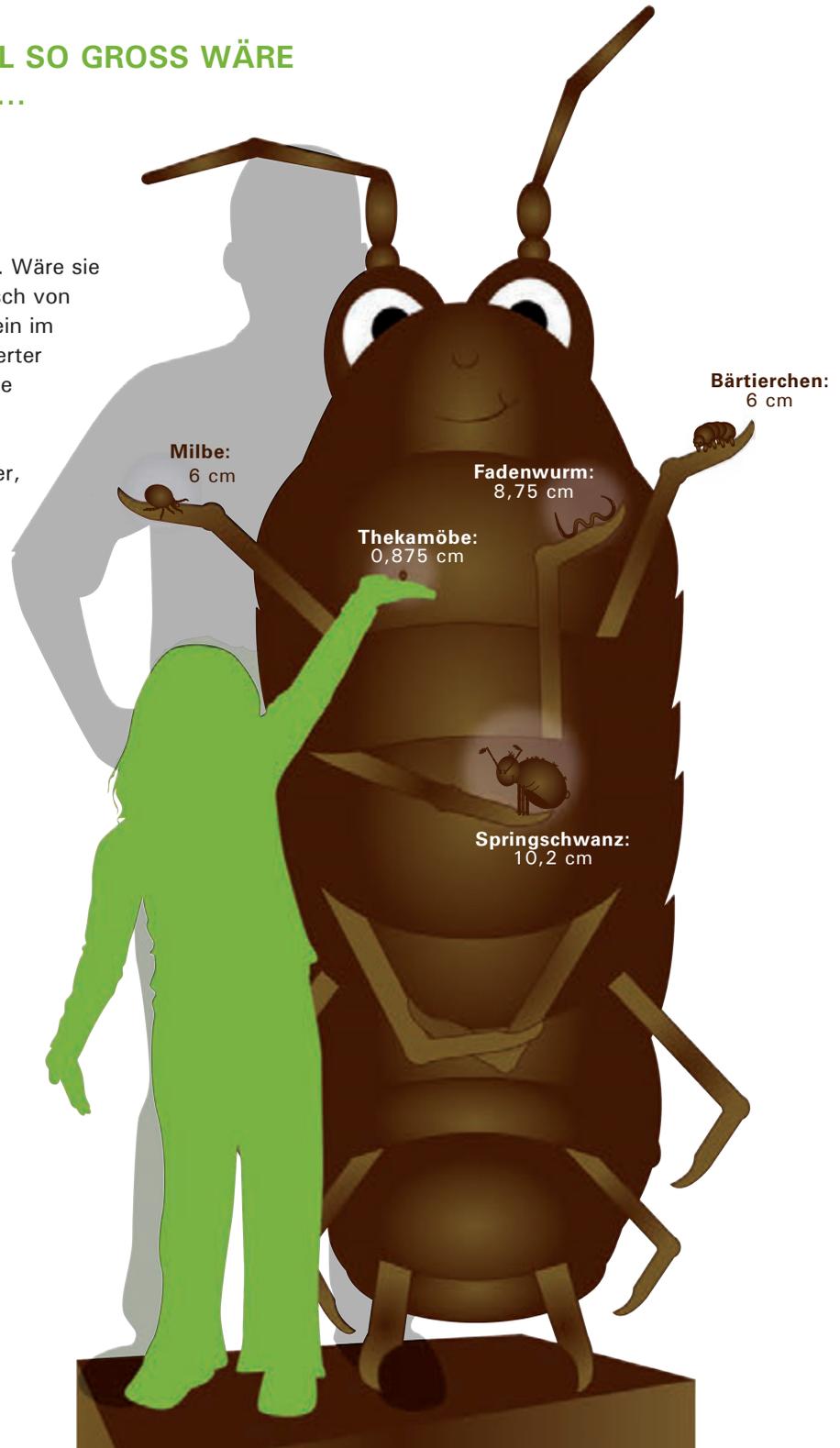
Die Anzahl der Organismen in den oberen Bodenschichten eines Buchenwaldes ist unvorstellbar hoch. So leben in einem Kubikmeter einer intakten Bodenfläche mehr Organismen, als es Menschen auf der Erde gibt.



WENN EINE ASSEL SO GROSS WÄRE WIE EIN MENSCH...

TIERE IM BODEN SIND OFT SEHR KLEIN.

Eine Assel ist 1,5 cm lang. Wäre sie aber so groß wie ein Mensch von etwa 1,75 m, dann wäre ein im gleichen Maßstab vergrößerter Springschwanz so groß wie eine Maus, der größte Fadenwurm so groß wie ein Kugelschreiber, Milben und Bärtierchen wären etwas kleiner als ein Tennisball und Thekamöben so groß wie eine Erbse.



MORD IN DER LAUBSTREU

Jäger mit Biss

In der Laubstreu und in den Porenräumen des Bodens leben viele räuberische Tiere. Diese sind entweder Lauerjäger oder sie wandern auf der Suche nach Beute aktiv umher. Mit ihren Sinnesorganen finden sie ihre Beute. Ihre ausgefeilten Jagdtechniken unterscheiden sich genauso wie die Art ihrer Nahrungsaufnahme.

HUNDERTFÜSSER sind meist Lauerjäger. Sie erlegen eher kleinere Beute, können aber auch Tiere überwältigen, die deutlich größer sind als sie selbst. Streift ein Beutetier, zum Beispiel ein Springschwanz, Fühler oder Beine eines Hundertfüßers, wendet dieser sich ihm blitzschnell zu. Er stößt seine beiden kräftigen Giftklauen, die auf der Unterseite des ersten Körpersegments sitzen, in das Opfer. Dabei injiziert er Gift aus einer großen, sackartigen Drüse in das Beutetier. Das Gift lähmt die Beute zunächst und tötet sie dann. Anschließend wird sie vom Hundertfüßer gefressen.



© Peter Decker
Giftklauen eines Hundertfüßers



© Axel Steiner

Hundertfüßer



© Birgit Lang
Fangscheren der Raubmilbe

RAUBMILBEN suchen aktiv in der Laubstreu nach Beute. Mit ihren Tasthaaren am ersten Beinpaar spüren sie ihre Beute auf – Springschwänze, Milben, Fadenwürmer. Findet eine Raubmilbe ihr Opfer, lässt sie ihre Kieferschere blitzartig nach vorn schnellen und packt es. Dies geschieht durch Muskeln, die in Sekundenbruchteilen Körperflüssigkeit in die Kieferschere pumpen. Das erbeutete Tier wird angeschnitten und Verdauungssaft in die Wunde injiziert. Schließlich saugt die Milbe den vorverdauten Nahrungsbrei auf und nur die leere Hülle des Opfers bleibt zurück.



Raubmilbe

© Birgit Lang



Vorderkörper der Raubmilbe

© Birgit Lang





VOM ZERBEISSEN, BETÄUBEN UND AUSSCHLÜRFEN

Unterschiedliche Ernährungsformen der Räuber im Boden

SPINNEN betäuben mit ihren paarigen Kiefern-scheren und einem Giftbiss ihre Beutetiere. Danach spritzen sie Verdauungsenzyme in die Beute, welche das Gewebe des Opfers außerhalb des Spinnenkörpers verflüssigen. Diesen vorverdauten Nahrungsbrei nimmt die Spinne auf. Übrig bleibt nur die leere Hülle des Beutetiers.

LAUFKÄFER streifen auf und in der Streuschicht des Bodens umher und suchen nach Beute. Sie ernähren sich von Insekten, anderen Gliederfüßern, aber auch von Schnecken und Regenwürmern. Größere Arten wie der Lederlaufkäfer können auch kleine Wirbeltiere wie Molche töten. Laufkäfer zerkleinern ihre Beute mit ihren mächtigen Kiefern.



© Birgit Balkenhol
Kiefern-scheren einer Spinne



© Ingo Turre

Labyrinthspinne



Lederlaufkäfer

© Fotonatur.de/Steffen Schellhorn



© Fotonatur.de/Steffen Schellhorn

Ameisenlöwe

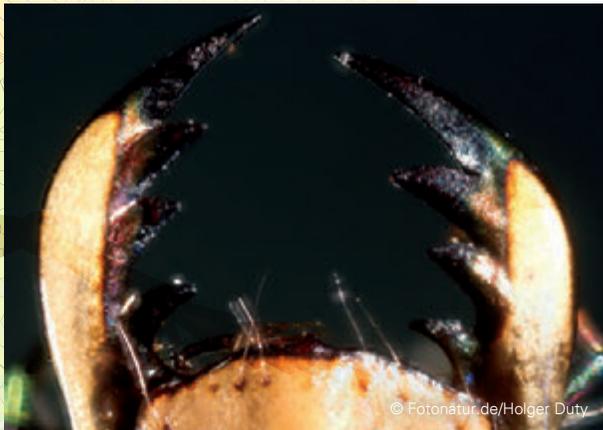
Der **AMEISENLÖWE**, die Larve der Ameisenjungfer, gräbt sich einen Trichter in den Sandboden. An dessen Grund lauert er auf Beute, etwa auf Ameisen. Er packt sie mit seinen kräftigen, nach innen gekrümmten Saugzangen und schlürft seine Opfer aus. Beute, die am Rand des Trichters entlangläuft, bewirft der Ameisenlöwe mit Sandkörnern, damit sie in den Trichter rutscht.

Die Larve des **SANDLAUFKÄFERS** lebt in Röhren, die bis zu 50 cm tief sein können. Im Eingangsbereich ihrer Röhre wartet sie auf Beute. Sandlaufkäferlarven ernähren sich von Insekten und Spinnentieren. Kommt ein potenzielles Beutetier vorbei, springt die Larve aus ihrer Röhre, packt das Opfer mit ihren zangenartigen Mundwerkzeugen und saugt es aus.



© Willi Xylander

Sandlaufkäfer



© Fotonatur.de/Holger Duty

Mundwerkzeuge eines Sandlaufkäfers



© Fotonatur.de/Holger Duty

Sandlaufkäferlarve



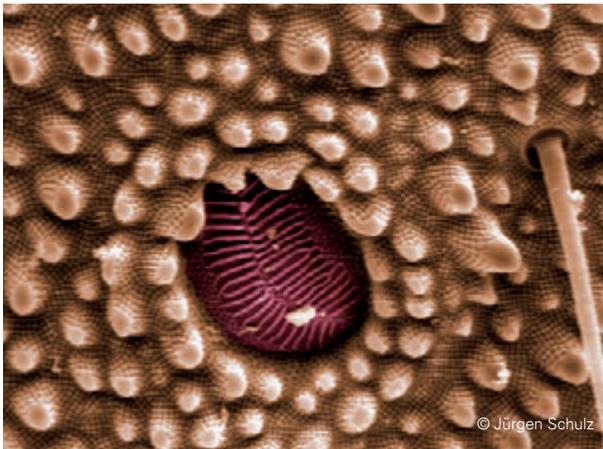
PECH GEHABT ODER IMMER DER NASE LANG WEHRSEKRETE BEI BODENTIEREN

Beutetiere sind den Räubern nicht wehrlos ausgesetzt. Viele Bodentiere setzen Sekrete und Gifte zur Abwehr von Feinden ein.

Einige Doppelfüßer sondern bei Gefahr reizende oder sogar giftige Stoffe ab. Diese Substanzen werden aus einer Vielzahl von **WEHRDRÜSEN** an den Körperflanken freigesetzt. Von einigen Doppelfüßern wird das Sekret dem Angreifer bis zu 30 Zentimeter weit entgegengespritzt.

Schnecken und Regenwürmer wehren sich häufig durch die Abgabe von zähem **SCHLEIM**, der Räubern, wie Laufkäfern, die Mundwerkzeuge verkleben kann.

Zahlreiche Käfer und Wanzen vertreiben Angreifer mit übelriechenden Wehrsekreten, die sie aus speziellen Drüsen gezielt auf ihre Feinde abschießen. Die Zusammensetzung dieser Sekrete ist unterschiedlich, ihnen gemeinsam ist der abstoßende Geruch.



© Jürgen Schulz

Wehrdrüse eines Springschwanzes



© Hans S. Reip

Doppelfüßer



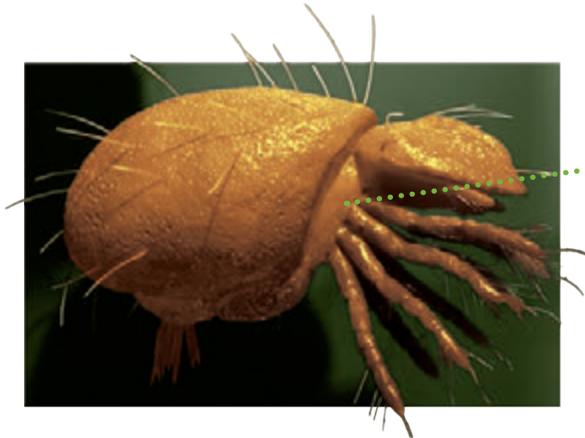
Nacktschnecke
© Ingo Turre

RITTERLICHES TREIBEN IM BODEN VON SCHUTZPANZERN UND WEITEN SPRÜNGEN

Neben der chemischen Abwehr von Feinden durch Wehrsekrete haben Bodenorganismen auch andere Strategien entwickelt, um Feinden zu entgehen.

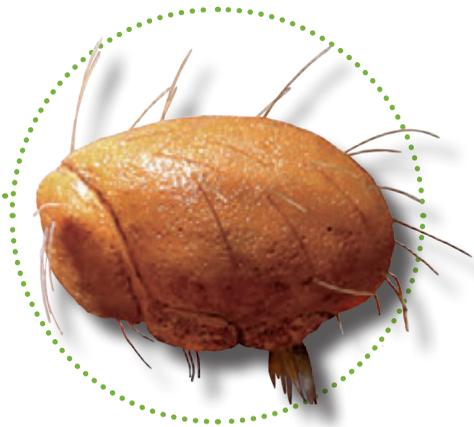
So rollen sich Asseln und **DOPPELFÜSSER** bei Bedrohung durch Räuber ein. So wie die Rüstung den Ritter schützt, verwehrt der hart gepanzerte Rücken dem Räuber den Biss in die weiche Bauchseite.

HORNMILBEN haben eine Körperpanzerung, durch die sie rundum geschützt sind. Einige Arten ziehen bei Gefahr ihre Beine ein und klappen den Vorderkörper nach unten – wie ein Ritter sein Visier. So bilden sie eine harte Kugel ohne Angriffspunkte für den Räuber.



Saftkugler

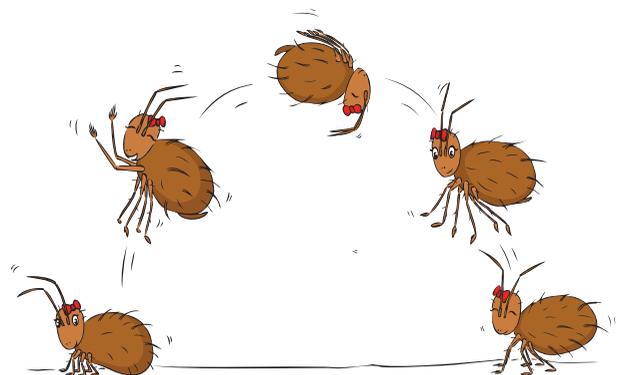
© Henrik Enghoff/
Natural History Museum of Denmark



Diese Hornmilbe macht sich bei Gefahr zu einer Kugel

SPRINGSCHWÄNZE reagieren auf einen Feindkontakt oder Angriff, indem sie sich rückwärts aus der Gefahrenzone katapultieren. Dazu nutzen sie eine Sprunggabel, die auf ihrer Bauchseite liegt und blitzschnell auf den Untergrund geklappt wird. Die Strecke, die bei diesem Rückwärtssalto zurückgelegt wird, beträgt ein Vielfaches ihrer Körperlänge.

Mit einem Salto retten sich Springschwänze blitzschnell vor dem Zugriff eines Räubers. Dabei springen sie 35 cm weit und erreichen eine Geschwindigkeit von 50 km pro Stunde.





KAMMER DES WISSENS

Bodentiere wie Maulwurf, Tausendfüßer oder Regenwurm kennen die meisten Menschen schon seit ihrer Kindheit. Die Welt der kleinsten Bodenlebewesen bleibt ihnen hingegen verborgen. Diese Zwerge wurden auch erst zu Beginn des 17. Jahrhunderts entdeckt, als die ersten Mikroskope gebaut wurden. Am Senckenberg Museum für Naturkunde Görlitz stehen der Boden und seine Bewohner im wissenschaftlichen Fokus, nachdem der bekannte Bodenzoologe Prof. Dr. Wolfram Dunger 1959 Direktor wurde. Die Mitarbeiter untersuchen seitdem, welche Bodentiere wo und in welcher Zahl vorkommen, aber auch deren Anpassungen und Ansprüche an den Lebensraum und welchen Beitrag Bodentiere für die Aufrechterhaltung der vielfältigen Funktionen des Bodens leisten.

Dazu nehmen die Wissenschaftler Bodenproben in vielen verschiedenen Lebensräumen, erforschen deren Besiedlung, beschäftigen sich mit den Folgen des Klimawandels, erstellen Checklisten oder untersuchen Bodenlebewesen in Extremlebensräumen. Die Forschungsdaten werden für die Anwendung in Wissenschaft und Naturschutz zugänglich gemacht, beispielsweise in Form von Datenbanken.

DIE EIGENSCHAFTEN DES BODENS

Der Lebensraum Boden wird durch die Eigenschaften des jeweiligen Standortes geprägt. Diese bestimmen nicht nur, welche Pflanzen wachsen können, sondern auch welche Bodentiere in welcher Häufigkeit vorkommen.

So sind Salzwiesen zwar schön anzusehen, stellen aber an die auf und in ihr lebenden Pflanzen und Tiere extreme Herausforderungen. Nur wenige Spezialisten, wie dieser Springschwanz, können in einem solchen Boden leben.

Um Informationen zur Beschaffenheit und Qualität der Böden zu erhalten, nehmen Görlitzer Wissenschaftler Proben mit einem Bodenstecher. Im Labor werden anschließend die Eigenschaften des Bodens untersucht.

Diese können stark variieren, beispielsweise der pH-Wert. Einige Böden sind so sauer wie der Saft einer Zitrone, andere neutral wie Wasser, weitere alkalisch wie Seife.



© Hans-Jürgen Schulz
 Springschwanz aus einer Salzwiese



© Hans-Jürgen Schulz

Salzwiese

Durch Sieben und Sedimentation lassen sich die Anteile an Sand, Ton und Schluff im Boden bestimmen. Viele Bodentiere mögen lockeren und porenreichen Boden, in dem sie sich gut bewegen können. Aber auch Sauerstoff-, Wasser- und Nährstoffgehalte sind für ihr Vorkommen entscheidend. Diese Werte beeinflussen auch die Verbreitung von Pflanzen sowie Bakterien und Pilzen, die die Grundlage des Nahrungsnetzes im Boden bilden.

FALLENSTELLER

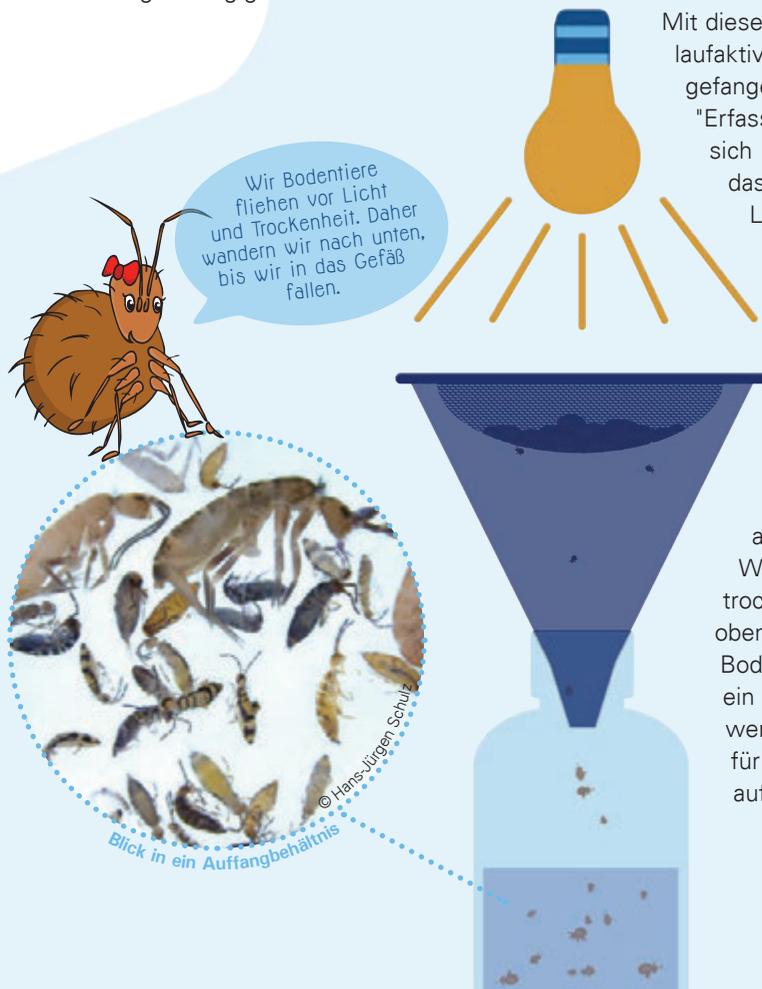
Wie fängt man ein Bodentier?

Bodentiere leben versteckt auf und im Boden. Einige sind nachtaktiv und die meisten sind so klein, dass man sie kaum oder gar nicht sehen kann. Sie können daher nicht so einfach wie Vögel beobachtet oder wie Schmetterlinge mit einem Netz eingefangen werden. Es erfordert besondere Methoden, um ein Bodentier zu „fangen“.

Auf dem Boden und in der Laubstreu lebende Tiere können mit sogenannten Bodenfallen erfasst werden. Dazu wird ein Gefäß ebenerdig in den Boden gesteckt. Über den glatten Rand fallen die Tiere in eine konservierende Fangflüssigkeit. Ein Dach schützt vor Regenwasser. Die Fallen werden regelmäßig geleert.



© Ingo Turre



Wir Bodentiere fliehen vor Licht und Trockenheit. Daher wandern wir nach unten, bis wir in das Gefäß fallen.

Blick in ein Auffangbehältnis

© Hans-Jürgen Schulz

Mit diesen **BODENFALLEN** werden insbesondere laufaktive Tiere, wie einige Laufkäferarten, gefangen. Wissenschaftler sprechen von der "Erfassung der Aktivitätsdichte". Arten, die sich weniger bewegen, fallen seltener in das Fanggefäß. Zum Beispiel tappt eine Labyrinthspinne selten in eine Bodenfalle, da sie meist in ihrem Netz sitzt und auf Beute lauert.

Doch die meisten Bodentiere leben nicht auf dem Boden, sondern im Boden. Damit die dort lebenden Tiere erfasst werden können, nimmt man Bodenproben. Die Tiere müssen dann aus den Porenräumen des Bodens ausgetrieben werden. Dazu nutzen die Wissenschaftler einen einfachen Trick: Sie trocknen den Boden mit einer Lampe von oben nach unten langsam aus, sodass die Bodentiere nach unten flüchten, wo sie in ein Auffangbehältnis fallen. Anschließend werden sie gezählt, sortiert, bestimmt und für spätere Untersuchungen in Sammlungen aufbewahrt.

BETRETEN VERBOTEN

Tourismus bedroht die Bodentiere der Antarktis

Trotz der extremen Kälte gibt es Leben in der Antarktis. Im kurzen antarktischen Sommer können Moose und Flechten auf eisfreien Flächen wachsen. Auch Bodentiere widerstehen den extremen Bedingungen. Über Jahrtausende konnten sich einige Arten ansiedeln und an Frost und Trockenheit anpassen. Es entstand eine einzigartige, artenarme Lebensgemeinschaft, die sehr störanfällig reagiert.

Der Mensch ist ein solcher Störfaktor, denn die Zahl der Touristen steigt jährlich an. Forscher untersuchen daher, wie sich der zunehmende Tourismus in die Antarktis auf die dortige Tierwelt auswirkt. So wiesen Wissenschaftler acht eingeschleppte Springschwanz- und Milbenarten nach. Zudem leben weniger Tiere in Böden, die durch Touristen gestört wurden. Da Arten unterschiedlich empfindlich reagieren, verändert sich die Zusammensetzung der Gemeinschaft der Bodentiere und somit das natürliche Gleichgewicht.



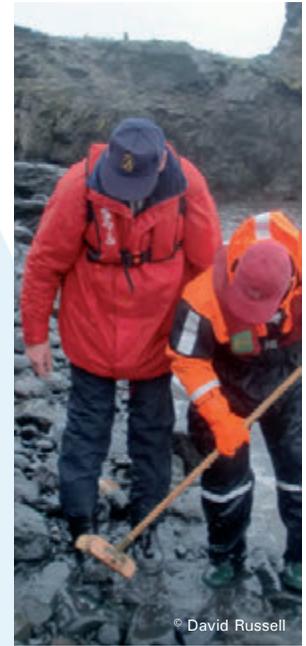
© David Russell





© David Russell

Zum Erhalt dieses einzigartigen Systems fordern die Wissenschaftler daher eine verstärkte Aufklärung der Touristen und Betretungsverbote für bestimmte Lebensräume. Maßnahmen wie das intensive Waschen der Schuhe nach jedem Landgang verhindern die Verschleppung von Arten zwischen einzelnen Anlandungsstellen.



© David Russell



© David Russell

Kritisch beobachtet dieser Pinguin die Arbeit der Wissenschaftler, die Bodenproben in der Antarktis nehmen.



© Arne Kertelheim



© Arne Kertelheim

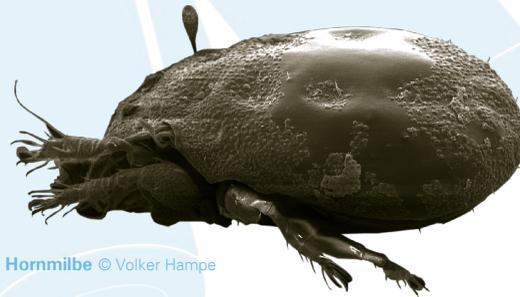


© Arne Kertelheim

FLIEGENDE MILBEN EROBERN LEBLOSE BÖDEN

Wie kleinste Bodenlebewesen in neue Lebensräume vordringen

Görlitzer Bodenzooologen beschäftigen sich seit langem mit der Frage, wie Bodentiere neue Lebensräume erreichen. Eine besondere Herausforderung stellt die Besiedlung junger, wenig belebter Böden dar. Sie sind sehr nährstoffarm und unterliegen ständig schwankenden Bedingungen. Diese sogenannten Rohböden entstehen sowohl auf natürlichem Wege als auch durch menschliche Aktivität, beispielsweise durch Aufschüttungen in Tagebauen.



Hornmilbe © Volker Hampel

Langzeitstudien zur Besiedlung solcher anfänglich „steriler“ Böden zeigen, dass selbst kleinste Bodentiere neue Lebensräume schnell besiedeln und sich dort die wenigen vorhandenen Nahrungsquellen erschließen. Nach und nach entwickelt sich ein immer komplexeres Nahrungsnetz. Die Gemeinschaft der Bodenbewohner verändert sich. Immer mehr Arten kommen hinzu.

Um in neue Lebensräume zu gelangen, spielt Wind eine wichtige Rolle: Oberflächennahe Winde erfassen die auf dem Boden lebenden Hornmilben und tragen sie durch wiederholte Kurzstreckenflüge in einen neuen Lebensraum. Obwohl die meisten Hornmilben bodennah transportiert werden, konnte eine Wissenschaftlerin des Senckenberg Museums Görlitz mit Klebefallen Milben auch in 160 m Höhe fangen. Da sich einige Milbenarten aus unbefruchteten Eiern entwickeln können, kann eine einzelne, verwehte Milbe eine neue Population gründen.



© Oliver Rieckhoff



© Manfred Wanner

2006



© Astrid König

2010



© Astrid König

2015

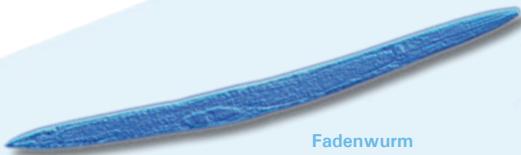
Die Entwicklung einer Bergbaufolgelandschaft vom Rohboden zur Vegetationsfläche

HART IM NEHMEN

Bodentiere passen sich an extreme Bedingungen an

Der Lebensraum Boden unterliegt fortwährenden Schwankungen bezüglich Temperatur, Nährstoff- und Wasserverfügbarkeit, Sauerstoff- oder Kohlendioxidgehalt. Bodentiere haben sich an diese ständigen Veränderungen ihres Lebensraums angepasst. Einige Arten sind sogar in der Lage, unter extremen Bedingungen zu leben.

Fadenwürmer beispielsweise sind wahre Überlebenskünstler. Sie kommen fast überall vor, trotz der antarktischen Kälte und können über mehrere Jahre ohne Wasser, Sauerstoff und Nahrung überleben. Unter solch widrigen Umständen stellen sie ihren Stoffwechsel fast völlig ein und verharren bewegungslos. Bessern sich die Bedingungen, dauert es einige Stunden, manchmal nur wenige Minuten, und der Wurm nimmt seine Aktivität wieder auf.



Fadenwurm
© Astrid König

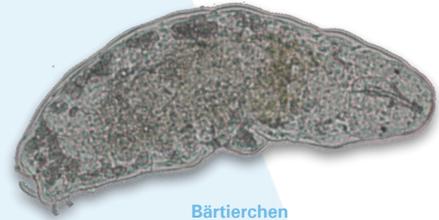
Bodenzoologen aus Görlitz haben diese erstaunlichen Lebewesen auch in natürlichen CO₂-Quellen, sogenannten Mofetten, gefunden. Dort sind einige spezialisierte Arten noch bei 62 % CO₂ in den Bodenporen aktiv. Zum Vergleich: Ein Mensch stirbt, wenn er länger als eine halbe Stunde Luft ausgesetzt ist, die 10 % CO₂ enthält. Was diese Fadenwürmer aushalten können, schafft aber nicht jeder Bodenbewohner. Die meisten ersticken an den Ausgasungsstellen.



© Hans-Jürgen Schulz

Ausgasungsstelle

Auch andere Bodenbewohner haben erstaunliche Fähigkeiten. Obwohl ihr aktives Leben wie bei Fadenwürmern an Wasser gebunden ist, überstehen Bärtierchen Perioden der Austrocknung.



Bärtierchen
© Jana Bingemer

Nicht nur zu wenig Wasser, auch zu viel Wasser kann für die Bodentiere Stress bedeuten. So wird der Sauerstoff bei Staunässe schnell knapp, weil das Wasser die Luft der Bodenporen verdrängt. In Auen "wandern" daher einige Springschwanzarten aus den Überflutungszonen in höher gelegene Gebiete, während einige Milbenarten eine Luftblase als Sauerstoffreservoir am Körper tragen und ausharren, bis der Wasserstand wieder sinkt.

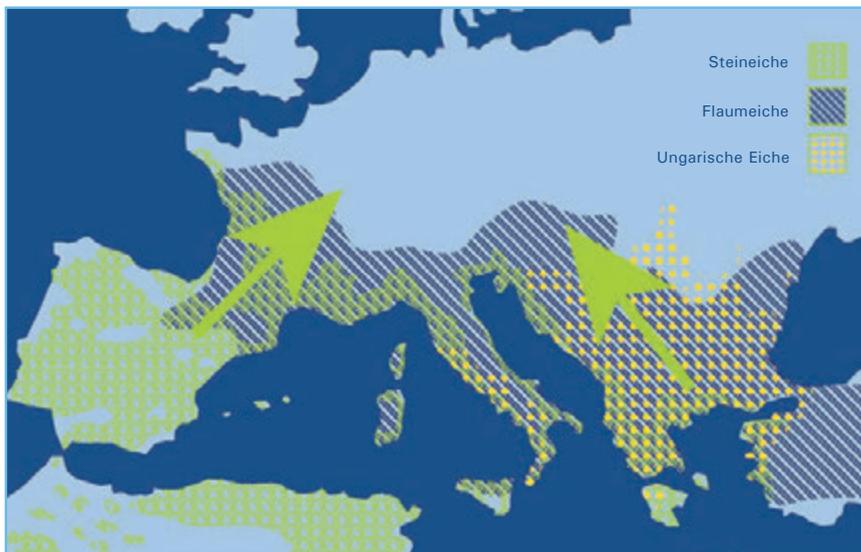


ALLES WIRD ANDERS

Wald im Wandel

Fast ein Drittel Deutschlands ist mit Wald bedeckt und Forste sind ein wichtiger Wirtschaftsfaktor. Durch den fortschreitenden Klimawandel ist die Existenz vieler Wälder jedoch gefährdet. Höhere Temperaturen und die zunehmende Trockenheit können in einigen Gebieten Deutschlands zu großflächigem Waldsterben führen – mit ökologischen und wirtschaftlichen Konsequenzen.

Im Laufe der kommenden Jahrzehnte, so die Prognosen der Forscher, könnten trockenheitsresistentere und somit besser angepasste Eichenarten aus Südeuropa heimische Arten in unseren Wäldern verdrängen. Würde man diesem natürlichen Prozess vorgreifen und bereits jetzt südeuropäische Eichen anpflanzen, so die Idee, könnte man der Verödung ganzer Gebiete zuvorkommen und einen stabilen Wald erhalten.



Verbreitungsgebiete und mögliche natürliche Einwanderungsrouten südeuropäischer Eichenarten

Ob jedoch das Laub fremder Eichenarten von der heimischen Tierwelt recycelt werden kann, wollen Forscher des Senckenberg-Instituts in Studien herausfinden. Bodentiere spielen hierbei eine zentrale Rolle, denn sie bauen das Laub ab. Dieser Abbau muss gewährleistet sein, um auch in unseren Gebieten zum Beispiel Steineichen, Flaumeichen oder Ungarische Eichen anpflanzen zu können. In Experimenten stellten die Görlitzer Bodenzooologen den Asseln und Tausendfüßern sowohl ein-

heimisches als auch fremdes Eichenlaub zur Verfügung. Diese Wahlversuche haben gezeigt, dass das Laub südeuropäischer Bäume sogar etwas schneller zersetzt wird als heimisches. Das Anpflanzen südeuropäischer Baumarten scheint also in Deutschland möglich zu sein.



Trockene Wälder in Hessen
© Andreas Gerlach

Stellt euch vor, ihr habt die Wahl zwischen Pizza, Brokkoli, Schokolade und Spinat – was nehmt ihr? Manches mögt ihr mehr, anderes weniger.

Genauso geht es Bodentieren. Wissenschaftler prüfen, ob Tausendfüßer und Asseln auch Laub von Bäumen aus anderen Ländern fressen.



CHECKLISTEN

Checklisten geben einen Überblick über alle in einem Gebiet vorkommenden Organismen einer Gruppe. Wissenschaftler des Senckenberg Instituts sind bei der Erstellung solcher Checklisten in aller Welt beteiligt. Und diese können so manche Überraschung bieten!

DIE SPANNENDE VIELFALT DER NATUR

In der Checkliste der Regenwürmer in Deutschland aus dem Jahr 2014 werden alle 46 bei uns vorkommenden Arten beschrieben. Neben dem hier gezeigten **GE-MEINEN REGENWURM** oder Tauwurm (*Lumbricus terrestris*) finden sich auch seltene, kaum bekannte Arten. Beispielsweise der Badische Riesenregenwurm (*Lumbricus badensis*): Wie der Name schon sagt, ist diese Art der größte in Deutschland lebende Regenwurm. Ausgestreckte Würmer erreichen Längen bis zu 60 cm. Allerdings ist der Riese nur in einem kleinen Gebiet im Südteil des Schwarzwaldes zuhause. Man findet in der

Checkliste jedoch nicht nur Angaben zur Größe und Verbreitung, sondern auch zur Ökologie und manche Überraschung: So gibt es eine Regenwurmart, die ausschließlich am Grund eines Alpensees zu finden ist. Andere Arten werden in mehreren Metern Höhe an Baumstämmen entdeckt.



© Roswitha Walter

Gemeiner Regenwurm oder Tauwurm

BLINDE PASSAGIERE

Nicht nur heimische, sondern auch fremde Arten führen die Experten in der Checkliste der Doppelfüßer Singapurs auf. Diese invasiven Arten wurden in den letzten Jahren an Pflanzenwurzeln oder in Komposterde eingeschleppt. Die schwarzgelb gefärbte Art *Anoplodesmus saussurii* verbreitet sich schnell.

In einigen Gärten und Parks treten bis zu 130 Tiere pro Quadratmeter auf. Welche Folgen diese Massenausbreitung der ursprünglich aus Süd-Indien oder Sri Lanka stammenden Art hat, ist noch nicht abzusehen.



© Peter Decker

Neuankömmlinge, die an exotischen Pflanzen eingeschleppt werden, gibt es übrigens auch in Deutschland. Im feuchtwarmen Klima von Gewächshäusern oder botanischen Gärten fühlen sie sich wohl und breiten sich aus. Diese Art, die in der Karibik beheimatet ist, wurde im Gondwanaland im Leipziger Zoo entdeckt.



© Peter Decker

Im Flugzeug, Schiff oder an Schuhsohlen werden kleine Bodentiere unentdeckt durch die Welt transportiert. So gelangen sie in ferne Länder.



WER BIN ICH?

Neue Methoden für alte Fragen

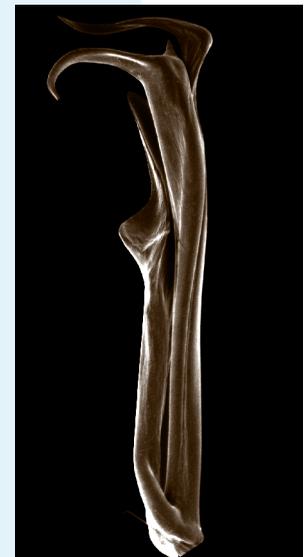
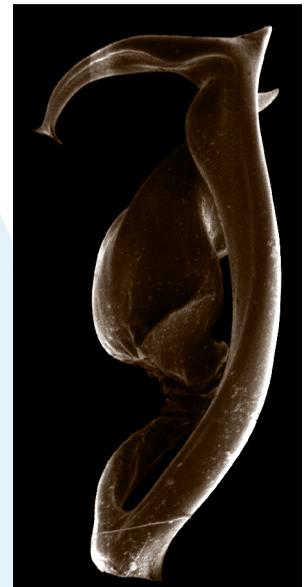
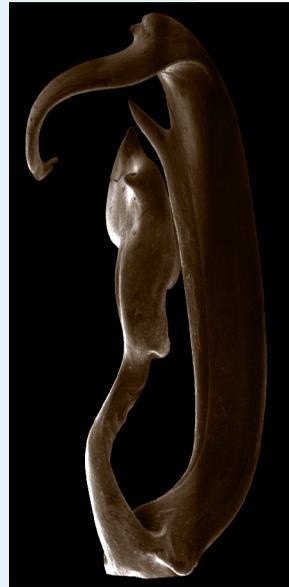
Um zu bestimmen, zu welcher Art sie gehören, untersuchen Spezialisten die Merkmale der Bodentiere unter dem Mikroskop. Das ist aufwendig. Denn viele Merkmale sind sehr klein. Und einige Tiere müssen erst präpariert werden, um die Besonderheiten der Art erkennen zu können.

Bestimmte Arten lassen sich gut voneinander trennen. Die jeweilige Form der Begattungsorgane verschiedener Tausendfüßer dient zur Unterscheidung der Arten.

Doch nicht immer lässt sich eine Art so eindeutig von der anderen trennen. Dies liegt zum einen daran, dass nicht alle Entwicklungsstadien die typischen Merkmale der Art zeigen. Finden Zoologen nur sehr junge Tiere einer Art, können sie diese oft nicht bestimmen. Zum anderen können bestimmte Merkmale, wie die Farbe, stark variieren. Diese beiden Kugelspringer gehören tatsächlich zu einer Art.



In Problemfällen kann die Analyse des Erbguts helfen. Jede Art hat einen eigenen, unverwechselbaren genetischen Fingerabdruck. Vergleicht man diese Fingerabdrücke, kann man feststellen, ob bestimmte Tiere zu einer einzigen Art gehören oder nicht. Man kann sogar Tiere, die an einem bestimmten Ort leben, von Verwandten aus anderen Regionen unterscheiden. Görlitzer Wissenschaftler tragen im Projekt „German Barcode of Life“ dazu bei, die genetischen Merkmale von einheimischen Bodentieren zu erfassen.



Begattungsorgane verschiedener Tausendfüßerarten © Peter Decker

DIE DATENBANK ZU BODENTIEREN

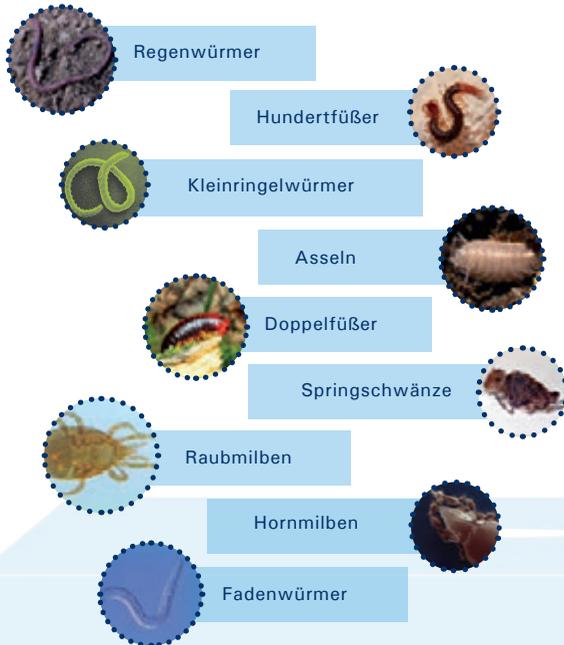
Edaphobase

Seit 2009 werden am Senckenberg Museum für Naturkunde Görlitz Informationen zu Bodentieren in einer weltweit einmaligen Datenbank zusammengeführt. Forschungsdaten aus den letzten 40 Jahren werden erfasst und verwaltet, kontinuierlich kommen neue hinzu. Aktuell umfasst Edaphobase schon mehr als eine halbe Million Datensätze, hauptsächlich aus Deutschland.

In **EDAPHOBASE** wird zu jedem Bodentier erfasst, um welche Art es sich handelt und wo und wann es gefunden wurde. Diese Daten werden mit verschiedenen Informationen zum Fundort verknüpft, wie Klima, pH-Wert oder Vegetation. Mit Hilfe dieser Daten und Begleitinformationen können taxonomische und ökologische Fragestellungen beantwortet werden.

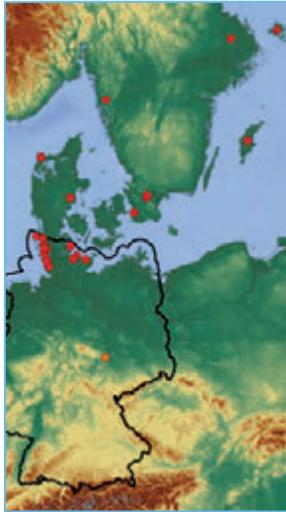


In Edaphobase momentan erfasste Tiergruppen:



So ist es beispielsweise möglich, aus den Daten zu jeder Art deren besondere ökologische Ansprüche abzuleiten, die sie an ihren Lebensraum stellt. Es gibt Generalisten, die weniger anspruchsvoll sind, und Spezialisten, die nur unter bestimmten Bedingungen vorkommen. Finden Forscher Spezialisten, können sie daraus Rückschlüsse auf den Lebensraum ziehen.

Mittels der Auswertungsfunktionen der Datenbank lässt sich der Zustand eines Lebensraums beschreiben, aber auch seine zeitliche Entwicklung. So können Veränderungen erfasst werden, die durch Klima- und Landnutzungswandel hervorgerufen werden. Wissenschaftler können damit den menschlichen Einfluss auf den Boden einschätzen, Prognosen treffen und Handlungsempfehlungen geben, die den Störungen gezielt entgegenwirken.



LEBEN SPRINGSCHWÄNZE AUCH AN SALZWASSER?

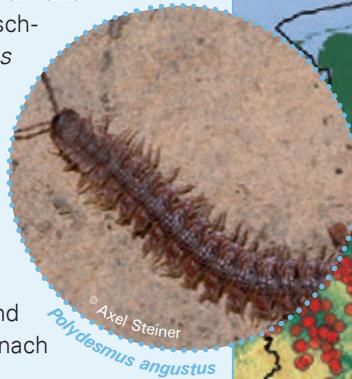
Ja. Der Springschwanz *Halisotoma maritima* kommt hauptsächlich in Küstennähe vor. Diese Art ist an die salzhaltigen Böden unserer Küsten angepasst. Daher ist er im Landesinneren auch nur sehr selten zu finden, etwa an Binnensalzstellen oder salzigen Seen (orangener Punkt).



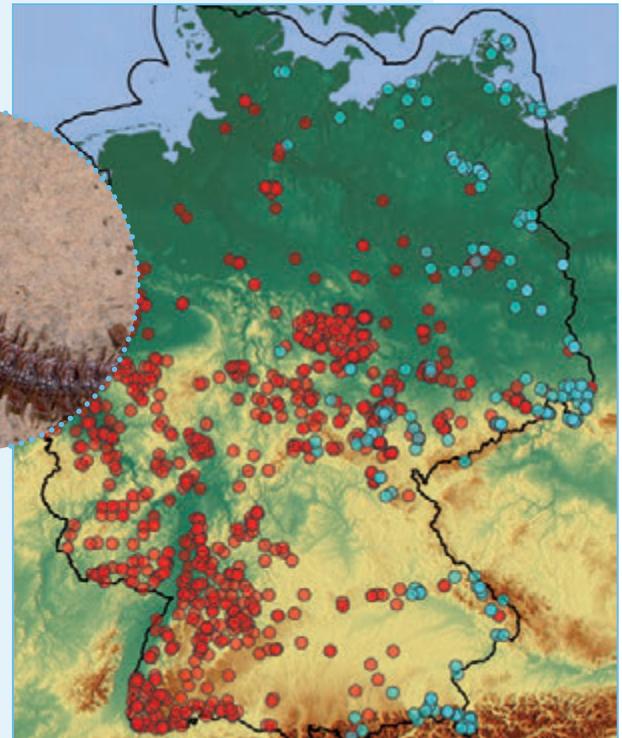
Halisotoma maritima
© Arne Fjellberg

GIBT ES VERBREITUNGSGRENZEN VON VERSCHIEDENEN DOPPELFÜSSER-ARTEN?

Nach den letzten Kaltzeiten haben zwei nahe verwandte Doppelfüßerarten Deutschland vom Westen (*Polydesmus angustus*, rote Kreise) und Osten (*Polydesmus complanatus*, blaue Kreise) her wieder besiedelt. Anhand der Fundpunkte in der Karte wird die Verbreitungsgrenze beider Arten quer durch Deutschland sichtbar. Die Art *Polydesmus angustus* wird verschleppt und kann sich aufgrund ihrer besseren Anpassungsfähigkeit nach Osten ausbreiten.



© Axel Steiner
Polydesmus angustus



Diese Beispiele zeigen einen kleinen Teil der vielfältigen ökologischen Fragestellungen, die man mithilfe der in Edaphobase hinterlegten Daten beantworten kann. Die Datenbank ist frei verfügbar unter <http://portal.edaphobase.org>.





KAMMER DER KRÜMEL

Jeden Tag stehen wir auf ihm. Wir bauen unsere Häuser, Straßen und Fabriken auf ihm. Er ernährt uns – Boden ist unsere Lebensgrundlage. Er dient Menschen, Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen als Lebensraum, wirkt als Speicher, Puffer und Filter, ist Rohstofflieferant sowie Wasserreservoir. Außerdem werden Böden durch uns Menschen intensiv land- und forstwirtschaftlich genutzt. Auf der natürlichen Fruchtbarkeit der Böden basierte die Entwicklung fast aller frühen Hochkulturen. Die Qualität und Beschaffenheit der Böden spielen auch heute noch eine große Rolle.





BODEN – DIE DÜNNE HAUT DER ERDE

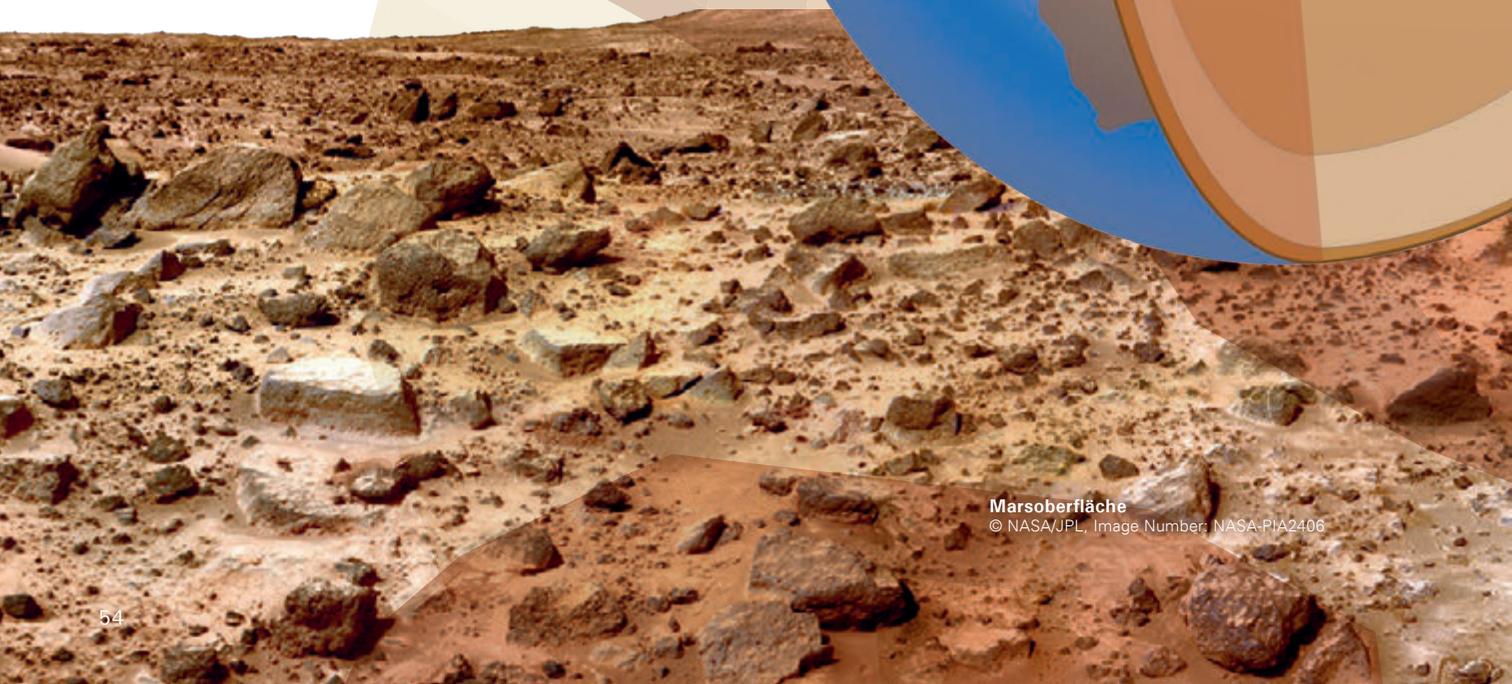
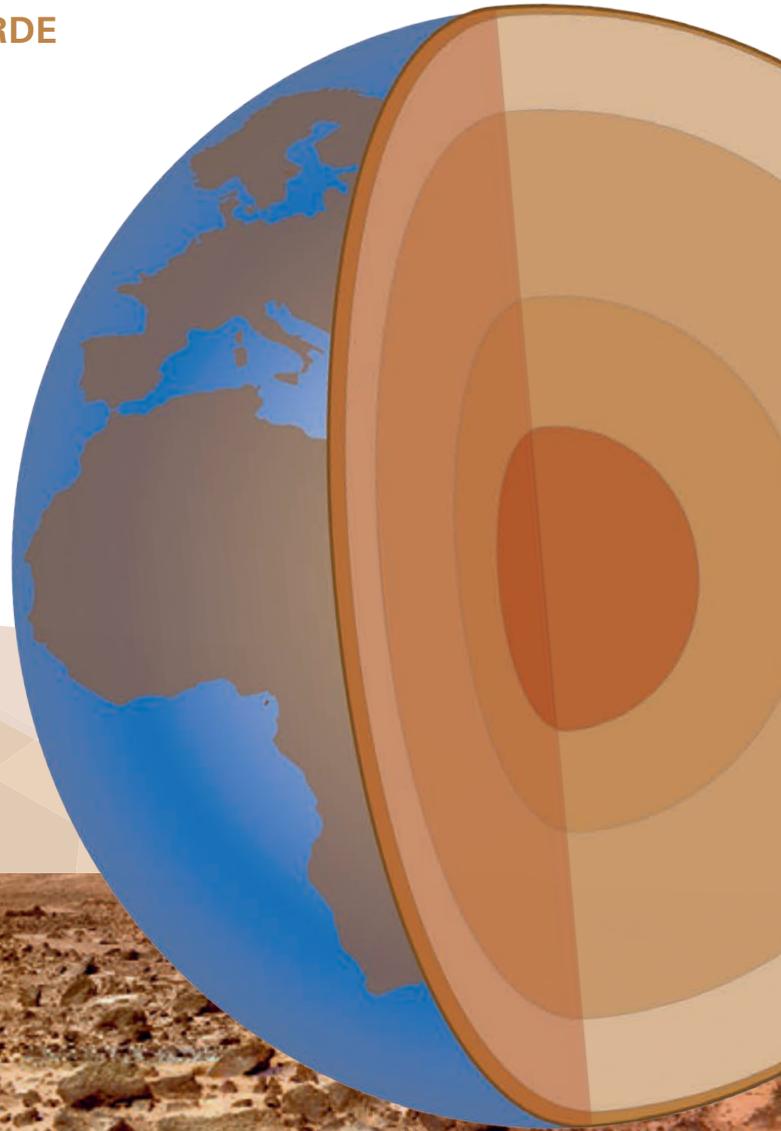
Die Erde ist der einzige Himmelskörper im Sonnensystem, auf dem es Meere, Leben und Böden gibt. Böden entwickeln sich auf dem Festland, wenn geeignete Klimabedingungen existieren und entstehen nur dort, wo es auch Leben gibt. Planeten ohne Boden wie der Mars erscheinen deshalb wüst und leer.

Die Erde ist ein Steinplanet, der größtenteils aus plastischer, heißer Masse besteht. Die Erdkruste, die nur 40 Kilometer mächtig ist, bildet die äußerste Hülle. Auf der Oberfläche dieser Hülle entwickelt sich der Boden. Er ist durchschnittlich 2 Meter dick.

Wie wenig das ist, zeigt der Vergleich mit einer Apfelschale: Ein Apfel müsste einen Durchmesser von 8,5 Kilometer haben, damit die Schalendicke in Relation zur Erde der Mächtigkeit der Bodenschicht entspricht.



Der Boden ist die dünne Haut der Erde!



AM ANFANG WAR DAS GESTEIN

Die Erdkruste besteht aus Gesteinen. Diese sind meist aus verschiedenen Mineralen zusammengesetzt. Die Bedingungen bei der Entstehung der Gesteine sowie deren mineralische und chemische Zusammensetzung bestimmen deren Eigenschaften. Basalte sind beispielsweise meist sehr feinkörnig und dunkel gefärbt, Granite hingegen hell und grobkörniger. Sandsteine sind meist porös und können leichter abgetragen werden.

Gesteine sind das Ausgangsmaterial für die Bodenbildung.

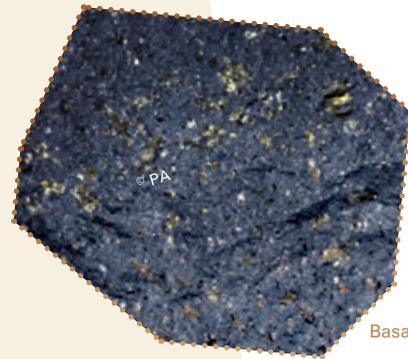
Auch Reste von Pflanzen und Tieren können zu Gesteinen werden. So zeigt dieser Kalkstein den Abdruck einer Muschelschale. (Fotos: Andrzej Paczos)



Sandstein



Granit



Basalt



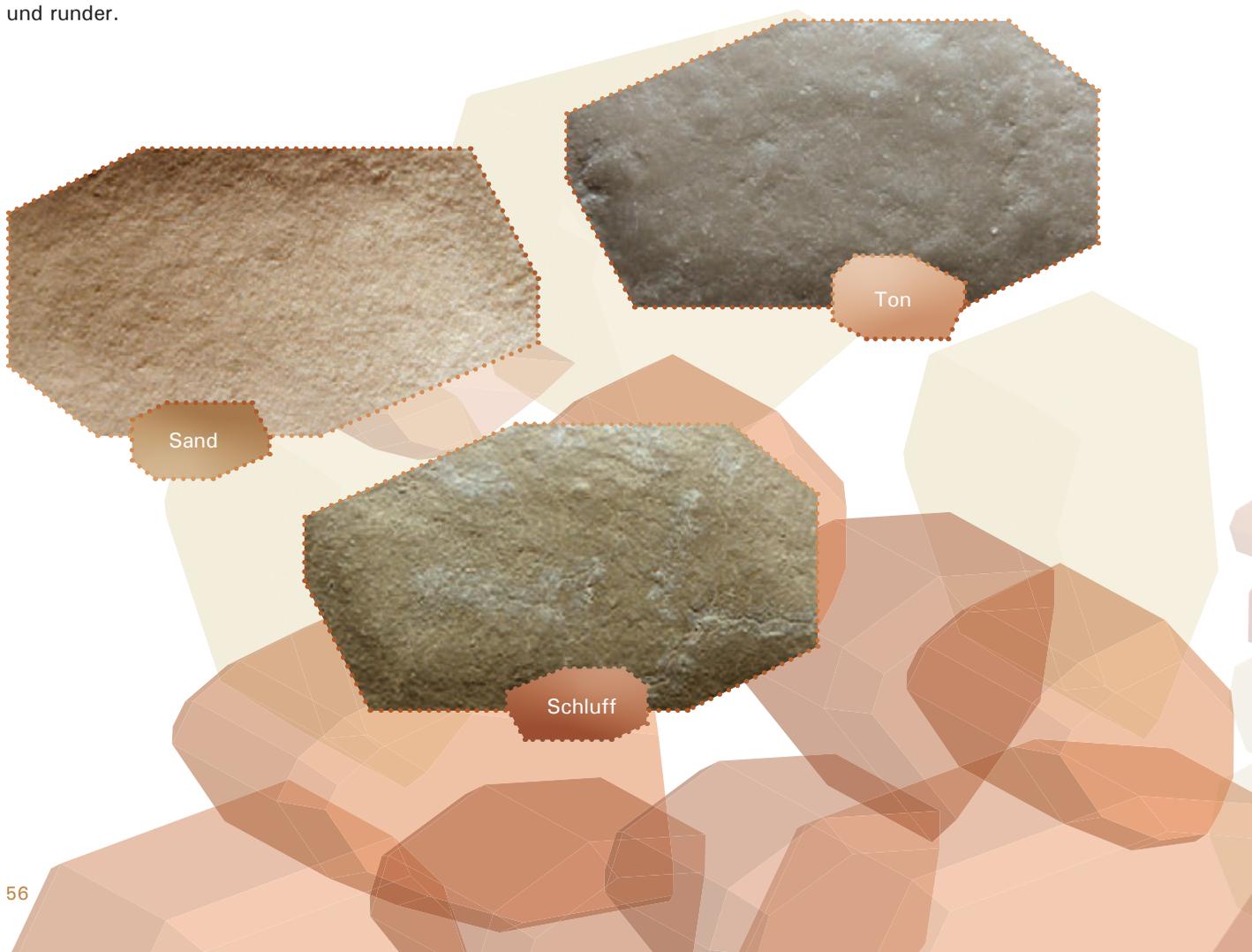
Kalkstein



STETER TROPFEN HÖHLT DEN STEIN

Härteste Gesteine überdauern Jahrtausende, doch auch an ihnen nagt der Zahn der Zeit! Verwitterung kann auf verschiedenen Wegen erfolgen: physikalisch, chemisch oder biologisch. So greifen beispielsweise Wasser und Wind die Oberflächen an, Hitze und Frost sprengen Teile ab und Mikroorganismen oder Wurzeln zersetzen die Gesteine. Im Laufe der Zeit zerfallen diese in Gesteinsblöcke und Schutt. Durch die Erdanziehung, Wasser und Wind oder durch Gletscher wird das zerkleinerte Gesteinsmaterial abgetragen und wegtransportiert. Dadurch werden die Körner immer kleiner und runder.

Je nach ihrer Größe unterteilt man die Verwitterungsprodukte in Kies, Sand, Schluff und Ton. Meistens kommen sie im Boden vermischt vor. Sand, Schluff und Ton sind mineralische Bodenbestandteile. Während man beim Sand noch die körnige Struktur ertasten kann, ist dies bei Schluff nicht mehr möglich. Tonpartikel schließlich sind so fein, dass sie sich fast wie Seife anfühlen. Auch organisches Material, Luft, Wasser und die in ihm lebenden Organismen sind Bestandteile des Bodens.



WIE ENTSTEHT BODEN?

Die Mischung aus Steinen, Sanden, Schluffen und Tonen bildet den Rohboden. Durch Wind und Wasser werden Algen, Bakterien, Pilzsporen, Kleinstorganismen und Pflanzensamen eingetragen. Kleine Tiere können auch aktiv einwandern. Finden sie geeignete Bedingungen vor, breiten sie sich aus. Diese Erstbesiedler beeinflussen die weitere Bodenentwicklung: Pflanzen bauen durch Photosynthese Biomasse auf. Bodenorganismen zersetzen organisches Material. Diese Abbauprodukte mischen sich mit den

mineralischen Bodenbestandteilen. Der Boden besteht also aus verwitterten Gesteinen, verrottetem organischem Material, Wasser, Luft und lebenden Bodenorganismen.

Doch damit ein Boden entsteht, reicht es nicht, alle Anteile einfach zu mischen. Es braucht auch Zeit. Bodenentstehung ist ein langwieriger Prozess: Viele Böden in Mitteleuropa bildeten sich seit dem Ende der letzten Eiszeit vor etwa 14.000 Jahren. Die ältesten Böden kennen wir aus Südafrika. Sie sind mehrere Millionen Jahre alt.





LUFT UND WASSER IM BODEN

Der Boden besteht aus unterschiedlich großen Krümeln, zwischen denen sich kleinere und größere Porenräume befinden. Wasser und Luft, die über die Oberfläche in den Boden gelangen, füllen diese Porenräume.

Während Wasser zwischen den großen Krümeln schnell hindurch sickert, bleibt es in den feinen Poren hängen. Es bildet einen Wasserfilm, der die Bodenkrümel umgibt. Luft hingegen sammelt sich bevorzugt in den größeren Porenräumen.

Neben der Porengröße beeinflussen auch die klimatischen Bedingungen die Anteile von Wasser und Luft im Boden. In trockenen Zeiten steht mehr Luft zur Verfügung. Wenn es stark regnet, kann sich zeitweilig sogar Staunässe bilden und die Bodenluft verdrängen. Dann fehlt der Sauerstoff im Boden. Bodenorganismen und Pflanzen benötigen ein ausgewogenes Verhältnis von Luft und Wasser zum Leben.



DAS BODENBUCH

„JEDER BODEN HAT SEINE EIGENE GESCHICHTE.“

Charles Kellogg (1868–1949, amerikanischer Naturalist)

Die Natur gleicht einer Bibliothek voller Bücher. Der Boden ist eines dieser Bücher und seine Seiten sind die Bodentypen. Die Natur hat die Bodengeschichte nicht mit Buchstaben geschrieben, sondern mit bunten Mineralkörnern, Humus, Wurzeln und Poren.

Schlagen wir eine Seite davon auf:

Es wurden einmal in der Eiszeit an vielen Orten in Mitteleuropa helle, quarzreiche Sande durch die Schmelzwässer der Gletscher abgelagert. Sie enthielten auch zerstreute Beigaben anderer Minerale. Einige davon verwitterten und wurden im Laufe der Zeit zerrieben, wodurch der Sand seine graugelbliche Färbung erhielt. **1**

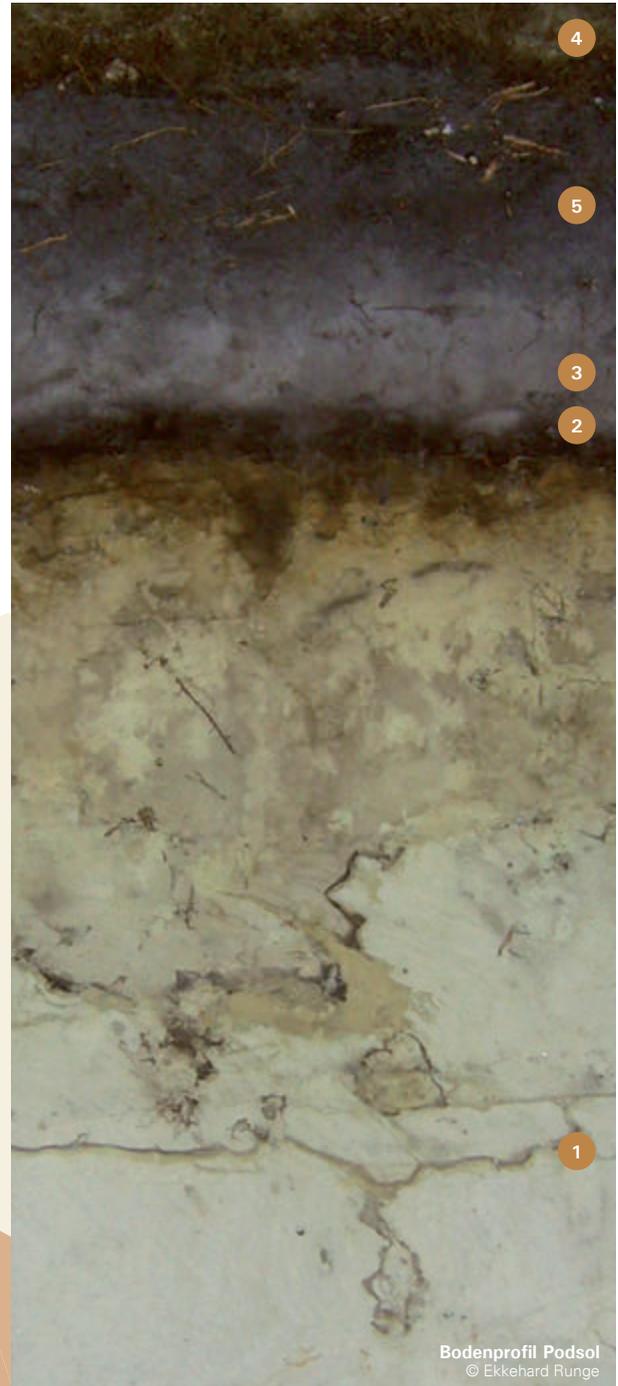
Das Wasser nahm verschiedene Eisenverbindungen mit hinab. Dort, in 50 cm Tiefe, lagerten sich diese zwischen den Sandkörnern ab und verliehen, je nach chemischer Zusammensetzung des Eisens, dem Sand eine orangene bis braune Färbung. **2**

Da, wo sich besonders viel Eisen abgelagerte, färbte sich der Sand sogar schwarz. Die Eisenverbindungen und Sandkörner rückten dicht zusammen und bildeten eine harte und wasserundurchlässige Schicht. **3** Darüber liegender Sand wurde dadurch entfärbt.

Nach der Eiszeit, vor etwa 12.000–14.000 Jahren, begannen Moose, Flechten und erste Bodentiere den Sand zu besiedeln. Die Gräser und weitere Bodentiere folgten. Zuletzt siedelten sich die anspruchslosen Kiefern an und bildeten einen lichten Wald. Allmählich bedeckte eine dünne Humusschicht den Boden. **4**

Der Regen nahm nun dunkle Humuspartikel mit in die Tiefe und verfärbte schließlich den oberen Sand schwarz und grau. **5**

Diese lange Geschichte findet sich auch heute noch auf den sandigen Böden in großen Teilen von Niedersachsen und Brandenburg. Der so entstandene Boden bekam den Namen Podsol, was „der Asche ähnlich“ bedeutet.





BODENDIVERSITÄT

Bodenwissenschaftler unterscheiden weltweit etwa 100.000 verschiedene Bodentypen. Diese Vielfalt entsteht, da sich die Faktoren, die die Bodenentwicklung beeinflussen (wie Klima und Ausgangsgestein), regional unterscheiden.

Einige Böden sind dünn, andere mächtig ausgebildet. Sie bestehen meist aus Schichten, die Horizonte genannt werden. In den gut entwickelten Böden in unseren Breiten unterscheidet man von oben nach unten vier Haupthorizonte:

••••• **O – HUMUS** besteht aus schwarzgefärbter organischer Substanz. Hier konzentriert sich das Leben im Boden. Die Porenräume sind mit Luft und Wasser gefüllt.

••••• **A – OBERBODEN** besteht überwiegend aus mineralischem Material. Das Wasser, das von der Oberfläche durch den Boden sickert, wäscht Zersetzungsprodukte aus und bleicht dabei den Boden. Gleichzeitig wird Humus von oben eingetragen.

••••• **B – UNTERBODEN** besteht vor allem aus dichtem mineralischem Material. Eisen- und Manganverbindungen, die mit dem Wasser eingewaschen werden, färben den Boden meist bräunlich bis schwarz. Die tieferen Bereiche dieses Horizontes werden oft durch Grundwasser beeinflusst.

••••• **C – AUSGANGSGESTEIN**

Die natürliche Abfolge der Bodenhorizonte wird oft durch die Aktivitäten der Menschen gestört, zum Beispiel durch Ackerbau. Durch Pflügen werden die oberen Teile des Bodens ständig durchmischt, so dass eine einheitliche Schicht entsteht - das System Boden ist gestört. Etwa 20 Prozent Deutschlands sind Ackerflächen und somit von diesen Störungen betroffen.



Ackerboden mit durchmischttem Oberboden
© Otto Ehrmann



BÖDEN, DIE ALLESKÖNNER

Ohne Böden wäre die Entwicklung von Leben auf dem Festland nicht möglich. Böden erfüllen wichtige Funktionen in der Natur. Sie sind unter anderem Lebensraum für Tiere und Pflanzen, beeinflussen das Klima, filtern Schadstoffe und recyceln Stoffe im großen Kreislauf der Natur.

LEBENSRAUM

Böden dienen Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen als **Lebensraum**. Im Boden leben unzählige, uns meist unbekannte Lebewesen. Diese sind angepasst und viele von ihnen findet man auch nur dort.

KLIMAREGLER

Neben den Ozeanen sind Böden und Pflanzen die größten **Kohlenstoffspeicher** der Erde. Je weniger Kohlendioxid die Atmosphäre enthält, desto geringer ist auch der Treibhauseffekt. Böden tragen maßgeblich zur Regulation unseres Klimas bei, denn der Boden speichert zweimal so viel Kohlenstoff wie die gesamte Landvegetation. Außerdem sind Böden **Wasserspeicher** und beeinflussen durch Aufnahme und Abgabe des Wassers das Klima.

SCHADSTOFFFILTER

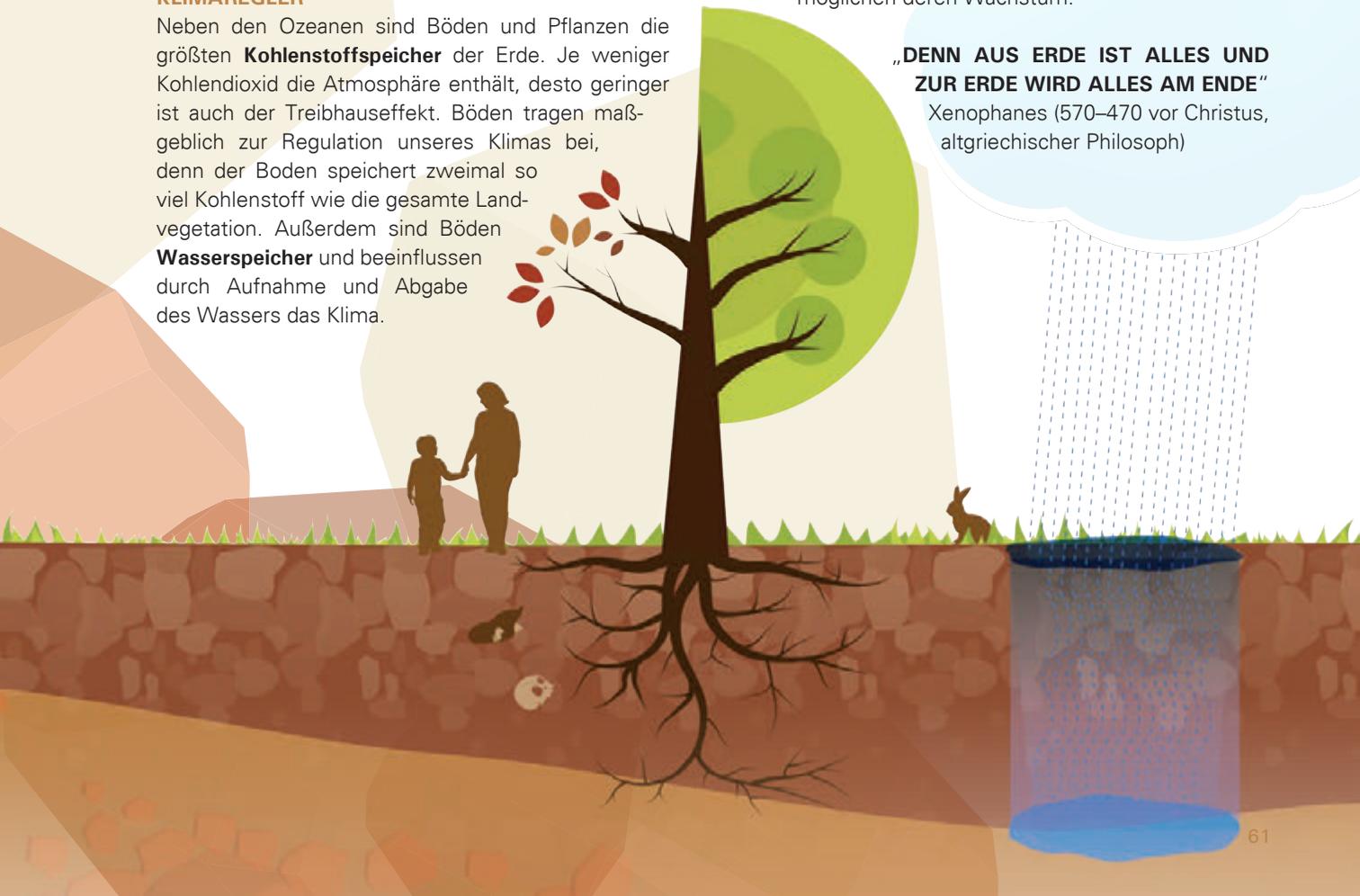
Der Boden wirkt zugleich als **Filter**, Ablagerungsort und Puffer. Durch Versickerung und Verdunstung bleiben im Wasser gelöste Substanzen an den Bodenkrümeln haften und werden gebunden. Während einige Schadstoffe dort neutralisiert werden, bleiben andere dauerhaft im Boden.

WIEDERVERWERTUNGSANLAGE

Überreste von Lebewesen sowie deren Ausscheidungsprodukte gelangen in den Boden und werden in ihre Bestandteile zersetzt. Die so entstandenen Nährstoffe werden von den Pflanzenwurzeln aufgenommen und ermöglichen deren Wachstum.

„DENN AUS ERDE IST ALLES UND ZUR ERDE WIRD ALLES AM ENDE“

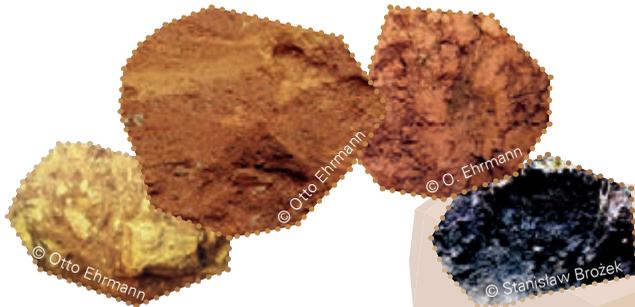
Xenophanes (570–470 vor Christus, altgriechischer Philosoph)



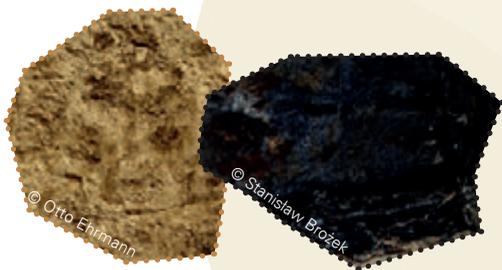


BUNT, BUNT, BUNT SIND ALLE UNSERE BÖDEN...

Böden verbindet man intuitiv mit einem braunen Farbton, dabei gibt es regional große farbliche Unterschiede. An einem Ort ist Boden fast schwarz, in anderen Gebieten grau oder ockerfarben. Durch Anreicherung von Eisenoxiden entstehen sogar rote Böden, die vor allem in den Tropen zu finden sind. Dass unter der Oberfläche viele verschiedene Farben verborgen sein können, zeigen Bodenprofile. Jede Farbe enthält Informationen zur Entstehung und den Eigenschaften des Bodens.



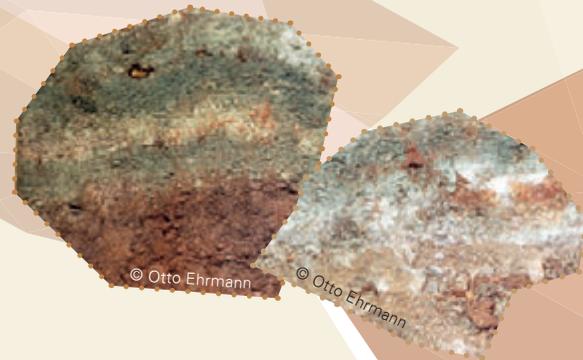
Gelb, orange, braun bis schwarz – Diese Farben zeugen von der Anwesenheit von Eisen und Mangan, die mit Sauerstoff aus der Luft reagiert haben. So entsteht zum Beispiel die rostrote Färbung einiger Böden, die meist fruchtbar sind.



Braun bis schwarz – Diese Farben zeigen, dass der Boden viel zersetztes organisches Material aus abgestorbenen Organismen enthält. Auch diese Böden sind sehr fruchtbar.



Weiß bis grau – Diese Färbung haben Quarzsandböden, aus denen die „bunten Anteile“, also Humus und Eisenverbindungen, ausgewaschen worden sind. Sie sind arm an Nährstoffen und gehören zu den unfruchtbarsten Böden.



Grau, blau bis grün – Diese Farben deuten auf feuchte Böden hin, in denen das hoch anstehende Grundwasser die Luft aus den Porenräumen verdrängt und damit die Reaktion der Minerale mit Sauerstoff verhindert. Auch hier wird die charakteristische Färbung vorwiegend durch Eisen erzeugt. Die Fruchtbarkeit dieser Böden ist sehr unterschiedlich.

BODEN UND MENSCH

Die kulturelle Entwicklung der Menschheit von Jägern und Sammlern zu Hirten und Bauern begann vor über 10.000 Jahren in den fruchtbaren Gebieten des Nahen Ostens. Viele hochentwickelte antike Kulturen entstanden an großen Flüssen. Regelmäßige Überflutungen der Flussauen brachten fruchtbare Ablagerungen und das notwendige Wasser für den Anbau von Pflanzen.

Was man sich damals nicht erklären konnte, aber für das Überleben sehr wichtig war, ging in die Religion ein. Die Erde und ihre Fruchtbarkeit wurden an vielen Orten als heilig verehrt. Dies belegen alte Mythen und von Archäologen entdeckte Figuren von Erdgöttern. Fast alle sind Frauengestalten, was die Verknüpfung von Boden und Fruchtbarkeit zeigt.

Auch in Europa war die Bodenqualität bereits im Mittelalter ein wichtiger Entwicklungsfaktor. Wo es fruchtbaren Boden gab, entwickelten sich Landwirtschaft und Siedlungen. Dort wuchsen Städte, die durch Handelsrouten verbunden wurden. Wo hingegen unfruchtbare Böden

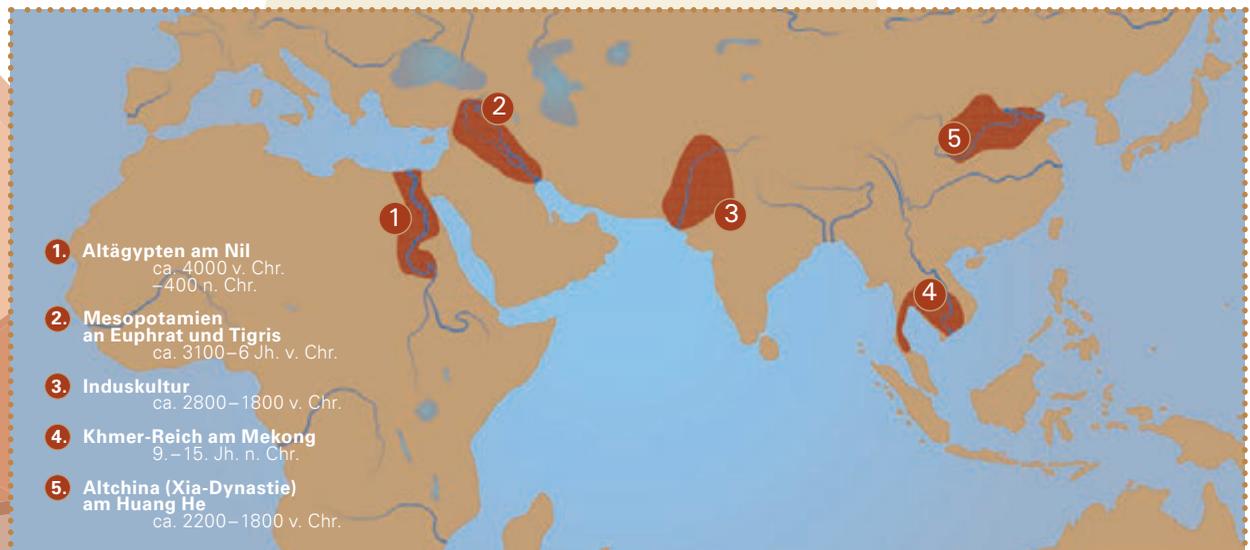
vorkommen, wie stellenweise in den Mittelgebirgen und in den sandigen Ebenen, sind bis heute ausgedehnte Wälder erhalten geblieben.

Über Jahrtausende ermöglichten der Boden und dessen land- und forstwirtschaftlicher Ertrag auch die Entwicklung anderer Wirtschaftszweige wie Bergbau, Handwerk und Industrie. Heutzutage arbeiten immer weniger Menschen in der Landwirtschaft. Trotzdem bleiben wir auch in unserer industriell-digitalen Gesellschaft von der reichen Ernte des Bodens abhängig.



Hathor – altägyptische Fruchtbarkeitsgöttin
Nachbildung einer Figur aus dem
14. Jahrhundert vor Christus,
entdeckt 1989 in Luxor, Ägypten

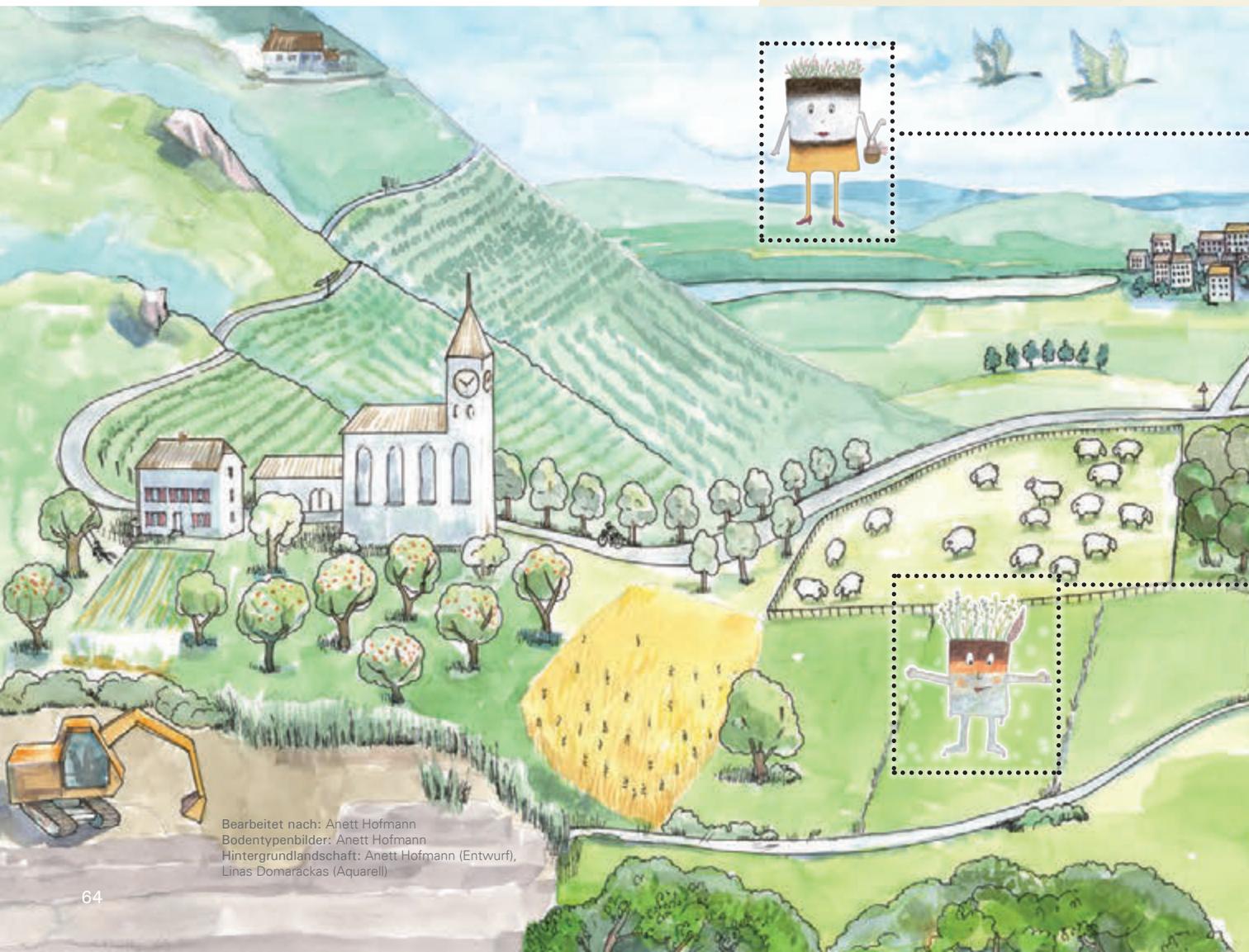
© Andrzej Paczos





BODENTYPEN IN MITTELEUROPA

Auch unter den Böden gibt es weit verbreitete Typen und solche, die nur an wenigen speziellen Orten zu finden sind. Entstehung und Eigenschaften der Bodentypen sind eng mit den naturräumlichen Gegebenheiten verbunden.



Bearbeitet nach: Anett Hofmann
Bodentypenbilder: Anett Hofmann
Hintergrundlandschaft: Anett Hofmann (Entwurf),
Linas Domarackas (Aquarell)



HEIDI PODSOL
Boden des Jahres 2007

Adresse: Unterm Heidekrautstrauch
Beruf: Schönheitskönigin
Merkhilfe: Der Name Heidi erinnert an Heidekraut oder Heidelbeere. Beide Pflanzen können auf sauren Böden wachsen.

Podsol hat einen hellgrauen Oberbodenhorizont aus gebleichten Quarzkörnern, der wie gepudert aussieht. Darunter liegt ein dunkelbrauner Unterbodenhorizont, der mit Humus und Eisenoxiden angereichert ist.

NASSFUSS GLEY
Boden des Jahres 2016

Adresse: Im Erlengrund
Beruf: Maler
Merkhilfe: Gley ist ein vom Grundwasser beeinflusster Boden.

An Standorten mit Gleyböden wechselt der Grundwasserstand mit den Jahreszeiten. Mal sind die Bodenporen mit Luft, mal mit Wasser gefüllt. Unter Einwirkung von Sauerstoff wird das sonst im Wasser gelöste und fein verteilte Eisen oxidiert und es entstehen Rostflecken.

BRUNO BRAUNERDE
Boden des Jahres 2008

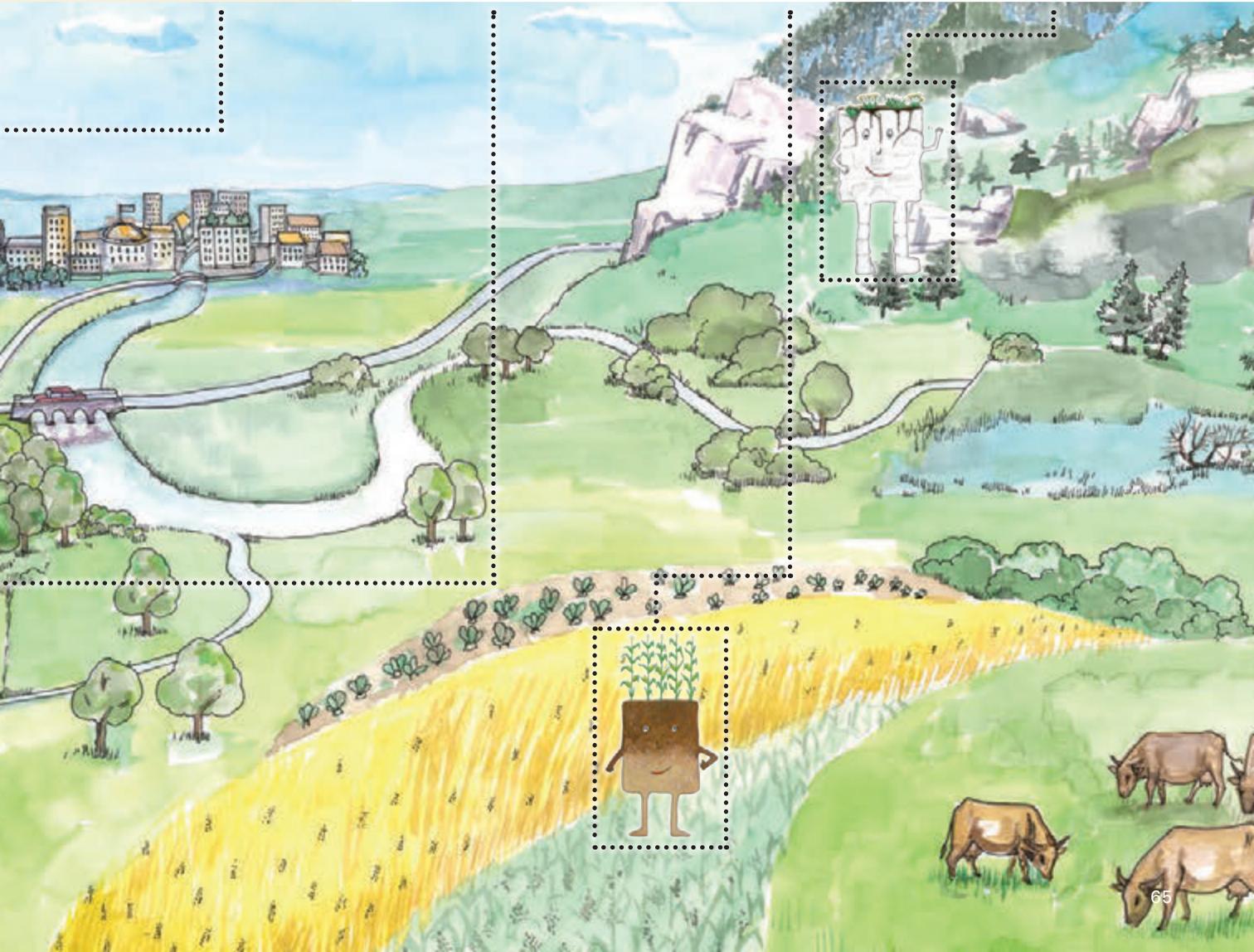
Adresse: Ackerstraße
Beruf: Bauernverbandsvorsitzender
Merkhilfe: „Brun“ ist das französische Wort für Braun.

Bei der Verwitterung von Mineralen im Boden bilden sich beispielsweise Eisenoxide ähnlich wie Rost. Fein im Boden verteilt färben sie diesen intensiv braun. Braunerden sind fruchtbar und werden für Ackerbau genutzt.

KATHI RENDZINA

Adresse: Magerwiese
Beruf: Orchideenzüchterin
Merkhilfe: Kathi entsteht aus Kalkgestein.

Rendzina ist ein Boden, der aus festem oder lockerem Kalkgestein besteht. Humus füllt die Spalten, die sich bei der Verwitterung des Gesteins bilden.







KAMMER DES SCHRECKENS

Der amerikanische Präsident Franklin D. Roosevelt sagte:

„EIN VOLK, DAS SEINEN BODEN VERNICHTET, VERNICHTET SICH SELBST“.

Mit diesen treffenden Worten zeigte Roosevelt nicht nur, dass Boden unsere Lebensgrundlage ist, sondern auch, dass wir diese Lebensgrundlage schätzen und vor allem schützen müssen. Boden wird versiegelt, verdichtet, abgetragen, weggespült und vergiftet. Dadurch wird er unfruchtbar oder geht unwiederbringlich verloren. Jeden Tag ein Stückchen mehr. Und während Bodenbildung ein natürlicher Prozess ist, der sich über Jahrtausende erstreckt, geht die Zerstörung des Bodens erschreckend schnell.

EINE MENSCHENGEMACHTE KATASTROPHE?

Bodenzerstörung ist ein Thema, das jeden von uns betrifft. Aber es ist kein Problem des 21. Jahrhunderts. Umweltsünden gibt es seit jeher – und schon immer konnten sie katastrophale Konsequenzen für die Menschen haben.

Ein eindrucksvolles Beispiel dafür ist eine der verheerendsten Überschwemmungskatastrophen in Mitteleuropa, die sich im 14. Jahrhundert ereignete:

Um den 22. Juli 1342, dem Magdalenenstag, kam es zu extremen Starkregenereignissen. Diese Wassermassen konnte der Boden weder aufnehmen noch zurückhalten. An Berghängen entstanden über 8 Meter tiefe Schluchten. Main, Neckar, Rhein, Werra, Fulda, Elbe und Donau verwandelten sich in tosende Fluten. Diese zerstörten Städte, Häuser, Wege, Brücken und nicht zuletzt die dünne, fruchtbare Bodenschicht der Ackerflächen. Die Ernten waren verloren und Millionen Menschen litten an einer schrecklichen Hungersnot!



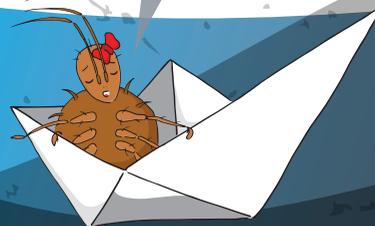
© Lynn Betts

Dass diese Regenfälle eine derart verheerende Wirkung hatten, lag vermutlich zu einem großen Teil an den Menschen selbst. Schon im Mittelalter wurden Waldgebiete in West- und Mitteleuropa großflächig abgeholzt. Selbst steile Hänge und Bergkuppen waren gerodet worden, um Ackerflächen für die Ernährung der Bevölkerung zu schaffen. Diese Ackerböden waren Abtragungen durch Wind und Regen ungeschützt ausgesetzt.



© Martin Hughes Jones

„Es ergossen sich nämlich vom Himmel Regenmassen. Wasser brach aus der Erde hervor, Flüsse zerstörten die Dämme, Quellen und Gießbäche strömten aus der Erde, die Flüsse erhoben ihre Wasser, so daß sie über ihre Ufer traten, nicht nur die Saaten und viele Pflanzen auf den Feldern, sondern auch die Äcker selbst und die Wege vernichteten. ...“ 22.7.1342 (nach Weikinn verändert von Dämmgen)



FRUCHTBARER BODEN – EINE ENDLICHE RESSOURCE

1950 lebten 2,5 Milliarden Menschen auf der Erde. Prognosen zufolge werden es im Jahr 2050 mehr als 9,7 Milliarden sein.

Um alle Menschen ernähren zu können, werden die fruchtbaren Böden der Erde dringend gebraucht. Auf großen Feldern wird Getreide, Obst und Gemüse angebaut. Die intensive Bewirtschaftung entzieht den Böden jedoch die Nährstoffe und so werden immer mehr Düngemittel benötigt. Außerdem steigern große Anbauflächen zwar die Effektivität der Bewirtschaftung, aber Pflanzen in Monokulturen sind anfälliger für Schädlinge. Dies führt zu einem höheren Einsatz von Pestiziden.

Die intensive Nutzung der Böden hat Folgen für die Umwelt. Heute zeigen bereits 27 Prozent der landwirtschaftlich genutzten Flächen weltweit eine deutliche Verschlechterung der Bodenqualität.

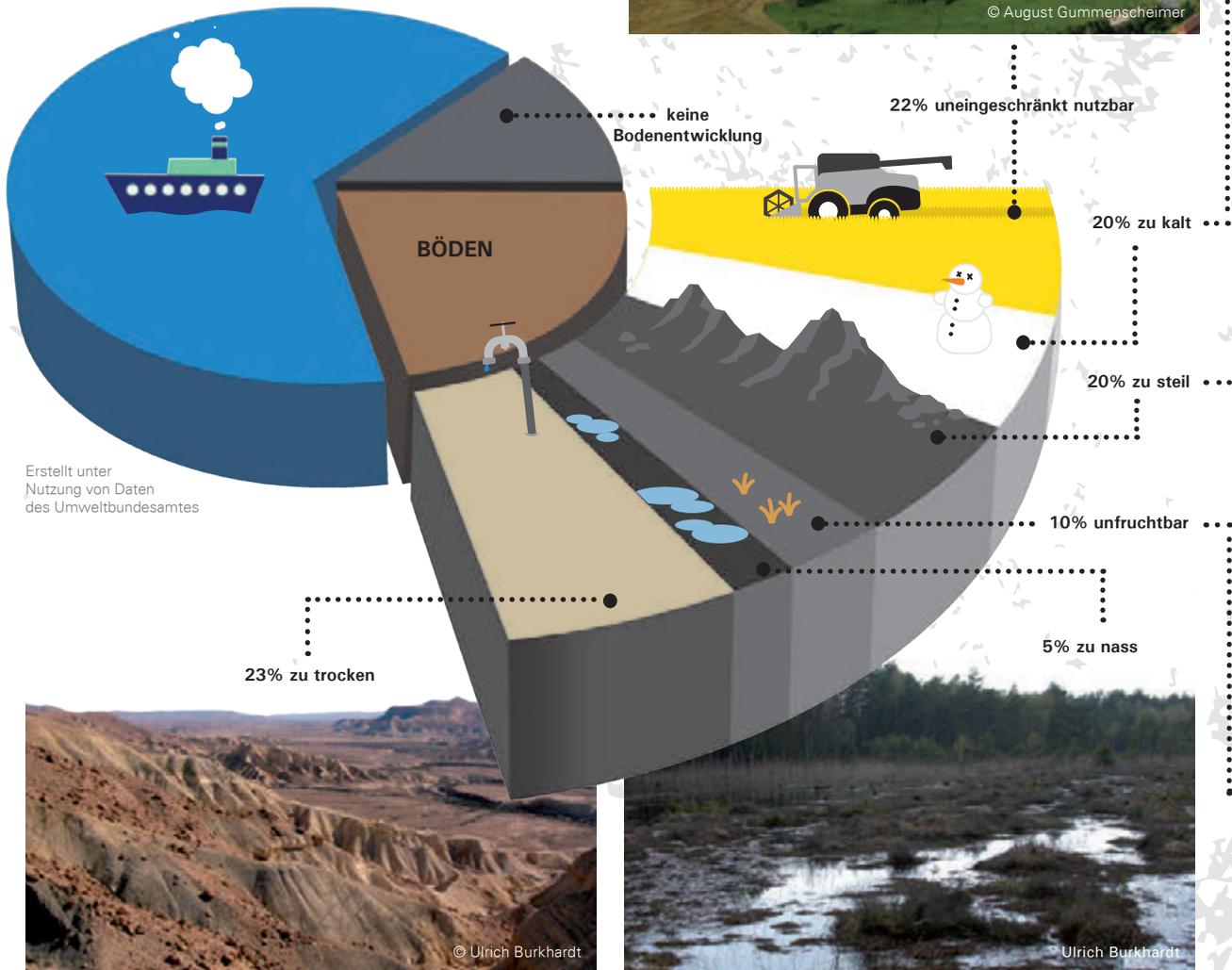
Mit der Zahl und den Ansprüchen der Menschen steigt aber der Bedarf an Fläche. Unser Hunger nach Boden bleibt groß! Doch ertragreiche Böden, unsere Lebensgrundlage, sind endlich.

Dies wird besonders deutlich, wenn man bedenkt, dass nur ein kleiner Teil der Erdoberfläche von fruchtbarem Boden bedeckt ist.



MEHR NICHT?

Die Oberfläche unseres Planeten ist nur zu knapp einem Drittel mit Land bedeckt. Das entspricht einer Fläche von etwa 148 Millionen Quadratkilometern. Nicht überall können sich Böden bilden, da sich teilweise über dem Land Gletscher, Hochgebirge, Wüsten, Flüsse oder Seen befinden.





Auch wo sich Böden gebildet haben, ist der Anbau von Nutzpflanzen nicht immer möglich. Manche Böden liegen an steilen Hängen, andere sind unfruchtbar. Klimaextreme wie Hitze, Trockenheit oder Kälte schließen vielerorts den Ackerbau aus.

Weltweit können so nur 22% der Böden für den Ackerbau genutzt werden. Fruchtbare Böden sind also sehr rar. Zudem werden die verbleibenden Flächen nicht ausschließlich landwirtschaftlich genutzt. Sie werden auch bebaut und asphaltiert. Insgesamt steht für den Anbau von Nahrungsmitteln also nur circa ein Zehntel der Landmasse zur Verfügung.



Das macht deutlich: Der Rückgang ertragreicher Böden und das Wachstum der Weltbevölkerung stehen in einem krassen Gegensatz!

Umso mehr sollten wir die nutzbaren Flächen schützen und erhalten – doch sie schwinden immer mehr.



BETON STATT BODEN

Wir versiegeln unsere besten Böden

Einst lebten die Menschen als Jäger und Sammler, später als Viehzüchter und sesshafte Bauern. Mit Beginn der Industrialisierung im 19. Jahrhundert änderte sich die Lebensweise vieler Menschen grundlegend. Immer mehr Menschen arbeiten statt in der Landwirtschaft in der Industrie, im Handel und als Dienstleister. Sie ziehen vom Land in große Städte und diese brauchen immer mehr Fläche.

Allein in Europa werden jedes Jahr mehr als 900 Quadratkilometer versiegelt, die Hälfte davon für den Städtebau. So verschwindet alle vier Jahre eine Fläche unter Beton und Asphalt, die der Größe der Insel Mallorca entspricht. Großflächige Versiegelung ist nicht ohne Konsequenzen: Sie stört den Austausch zwischen Boden, Luft und Wasser.

Niederschlagswasser kann nicht in den Boden eindringen. Es sammelt sich an der Oberfläche und fließt in großen Mengen direkt in die Flüsse. Überschwemmungen können die Folge sein.



© iStock by Getty Images



© Bass Kwong/Shutterstock

FORTGESPÜLT UND WEGGEWEHT

8 cm

22 cm

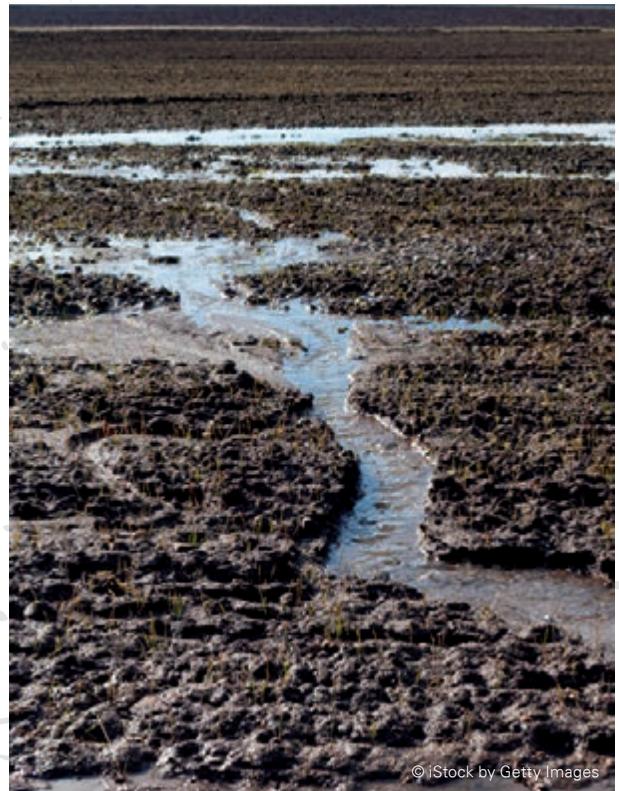
Bodenerosion ist ein schleichender Prozess, der unsere Lebensgrundlage zerstört. Regen, starke Winde und Überschwemmungen tragen die oberste wertvolle Bodenschicht ab. So geht Stück für Stück und Tag für Tag Ackerboden verloren. Im Laufe eines Menschenlebens kann an Standorten mit steilen Hängen und starken Niederschlagsmengen der Bodenverlust 8 Zentimeter betragen. Das entspricht mehr als einem Viertel der besonders fruchtbaren obersten Ackerschicht.

In der Europäischen Union sind 13 Prozent der ackerbaulich genutzten Flächen von Erosion betroffen. Allein in Deutschland geht so jährlich auf besonders gefährdeten Flächen bis zu ein Millimeter fruchtbarer Ackerboden verloren. Das erscheint auf den ersten Blick nicht viel. Jedoch bilden sich im selben Zeitraum nur 0,1 Millimeter Boden neu. Die Verluste durch Erosion können somit nicht durch die natürliche Neubildung von Boden ausgeglichen werden.

Bodenerosion lässt sich nicht völlig verhindern, denn sie hat auch natürliche Ursachen. Menschen gemachten Ursachen kann man aber entgegenwirken. So verringert beispielsweise eine ganzjährige Bepflanzung oder die Bedeckung des Bodens mit Pflanzenresten wie Stroh, dass Wind und Regen Boden abtragen. Auch das Anpflanzen von Bäumen und Sträuchern an steilen Hängen, Flussufern, offenen Flächen und Feldrändern verringert Erosion.



© Willi Xylander



© iStock by Getty Images

DA IST KEIN DURCHKOMMEN

Bodenverdichtung

Das Befahren und Bearbeiten von Acker- und Wiesenflächen mit schweren Fahrzeugen führt zur Bodenverdichtung. Auch ein zu hoher Viehbesatz verdichtet Böden von Weideflächen, insbesondere bei feuchter Witterung. Die Folge ist ein stark verringertes Porenvolumen des Bodens.

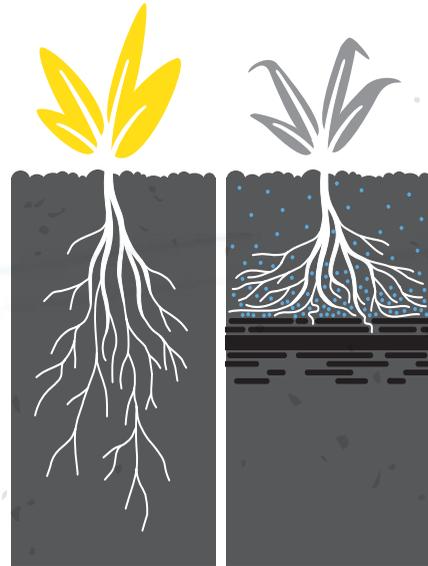
Ein stark verdichteter Boden kann aber seine Aufgaben nicht mehr erfüllen. Wasser versickert schlechter und der Luftaustausch findet nur noch in geringem Umfang statt. Sauerstoffmangel führt dazu, dass der Stickstoff im Boden von den Pflanzen nicht ausreichend genutzt werden kann. Die Bodenfunktionen sind gestört.

Davon sind auch die Bodentiere betroffen. Sie können im verdichteten Boden viel schlechter leben, da die Poren kleiner sind und die Bewegung und Sauerstoffversorgung behindert ist. So sind Regenwürmer seltener in verdichteten Böden zu finden. Ein Teil der Fruchtbarkeit des Bodens geht so verloren.



Landwirtschaftliche Bodenbearbeitung lockert zwar den Oberboden, der Unterboden bleibt jedoch verdichtet. Bei starken Niederschlägen kann das Wasser nicht in der Tiefe versickern. Das führt zu Staunässe und zum Absterben der Wurzeln.

Aber auch Trockenperioden machen den Pflanzen auf verdichteten Böden zu schaffen. Da die Wurzeln kaum noch in den Unterboden eindringen können, reichen sie nicht an das dort vorhandene Wasser heran und vertrocknen.



Nach Weyer & Boedinghaus 2016 verändert



Der Boden ist zu hart, die Poren zu klein – hier passe ich einfach nicht durch!



UNSICHTBARE BELASTUNGEN

Um die Erträge zu steigern, werden Düngemittel und Pestizide in großen Mengen eingesetzt. Auch Schwermetalle und Rückstände von Medikamenten gelangen in unsere Böden und in das Grundwasser. Ständig steigende Mengen von schwer zersetzbarem Hausmüll wie Plastik, Glas, Metalle und Gummi sowie von Industrieabfällen tragen zur Belastung mit Schadstoffen bei. Diese sind für uns zwar unsichtbar, jedoch wirksam. Sie hinterlassen Schäden an Mensch und Umwelt. Die lebenswichtigen Funktionen des Bodens werden gestört, denn der Eintrag der Schadstoffe verringert die Anzahl an Bodenorganismen, deren Vielfalt und Aktivität.



© Hung Chung Chih/Shutterstock

Auch Schadstoffe aus der Luft gelangen in den Boden, beispielsweise mit dem Regen. Die Luftverschmutzung, egal ob aus den riesigen Schornsteinen der Industrie-

anlagen oder durch die Abgase des täglichen Straßen- und Luftverkehrs, trägt ebenfalls zur Verschmutzung des Bodens bei.





Pflanzenschutzmittel gehören auch zu den unsichtbaren Belastungen, und ihr Einsatz steigt. Allein in Deutschland ist der Absatz an Pestiziden innerhalb der letzten

zehn Jahre um 30 Prozent auf insgesamt 46.103 Tonnen pro Jahr gestiegen. Pflanzenschutzmittel sind aber Segen und Fluch zugleich: Einerseits steigert ihre Anwendung die Ernteerträge und trägt damit zur Verbesserung der Welternährungslage bei.

Andererseits gelangen die oft gesundheitsschädlichen Stoffe in unsere Lebensmittel oder werden ins Grundwasser gespült.

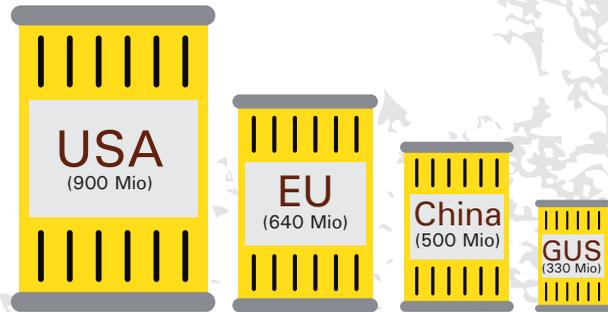
Langzeitfolgen des Einsatzes können nur schwer abgeschätzt werden. Sehr häufig genutzte Insektenschutzmittel aus der Gruppe der Neonicotinoide verhindern beispielsweise den Befall von Nutzpflanzen wie Mais mit Blattläusen oder Käfern. Immer wieder wird jedoch auch ihr möglicher Beitrag zum Bienensterben diskutiert. Einige Wissenschaftler befürchten, dass sich der Kontakt mit den Mitteln negativ auf die Orientierung und das Lernvermögen der Tiere auswirkt. Die Nutzung bestimmter Neonicotinoide wurde daraufhin von der EU eingeschränkt.

Hier stinkt's!
Ich gehe!



LANDRAUB

Am größten ist der Bedarf an Produkten aus Agrar- und Forstwirtschaft in den USA und der EU. Da Europa ein vergleichsweise kleiner Kontinent ist, liegen 60 Prozent der Flächen, die für die Versorgung der Bevölkerung benötigt werden, auf anderen Kontinenten – zumeist in Entwicklungsländern. Flächen werden beispielsweise für den Anbau von Soja in Südamerika oder zur Produktion von Palmöl in Asien benötigt. Darunter leidet die Umwelt: Regenwälder müssen Monokulturen weichen, Abholzungen verwüsten ganze Landstriche. Brandrodungen und wachsende Palmölplantagen für Biokraftstoff, Kosmetika und Lebensmittel beschleunigen den Verlust der Artenvielfalt und den Klimawandel.



Agrarflächenbedarf außerhalb des eigenen Staatsgebietes für die Versorgung der Bevölkerung in Hektar

Mit dem starken Bevölkerungszuwachs steigt der Bedarf an fruchtbarem Ackerboden, die nutzbare Agrarfläche nimmt aber dramatisch ab. Der Hunger nach Boden schafft überall soziale Konflikte. In den Jahren 2001 bis 2011 kauften oder pachteten ausländische Investoren in Entwicklungsländern Ackerflächen von insgesamt 2,3 Millionen Quadratkilometern. Das ist mehr als die Hälfte der Fläche der Europäischen Union. Für diesen „Landerwerb“ wird die einheimische Bevölkerung häufig enteignet. Durch das sogenannte „Landgrabbing“ verlieren viele Kleinbauern und Naturvölker ihre Existenzgrundlage. Tropische Urwälder werden zu Plantagen. Wenige profitieren, die meisten verlieren in diesem ungleichen Geschäft.



© Jaggat Rashidi/Shutterstock



© Hanif Syadan/Shutterstock

VOM ACKER AUF DEN TELLER

Bis ein Lebensmittel auf unserem Teller landet, werden viele Ressourcen verbraucht. Dazu zählen Acker- und Weidefläche sowie Wasser, aber auch Verpackung, Transport, Energie und Arbeitskraft. Der Aufwand für die Herstellung verschiedener Lebensmittel ist aber nicht gleich. Generell gilt: Je weniger Verarbeitungsaufwand, desto weniger verbrauchte Ressourcen.



Betrachtet man den Verbrauch an fruchtbarem Ackerboden pro 5 Kilogramm Lebensmittel, werden die Unterschiede deutlich: Während zur Herstellung von 5 kg Gemüse nur 2 m² Fläche benötigt werden, sind es bei 5 kg Milchprodukten schon 11 m² und bei derselben Menge Rindfleisch sogar 142 m².



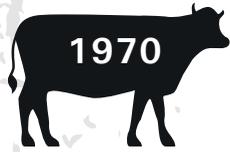
Und der Bedarf an Fleisch wächst stetig. Seit 1970 hat sich die Fleischproduktion weltweit mehr als verdreifacht. Der Verzehr großer Fleischmengen ist aber nicht nur ungesund, er hat auch weitreichende landwirtschaftliche und soziale Auswirkungen. Weltweit wird auf einem Drittel aller Ackerflächen Futter für Vieh angebaut. Diese Flächen fehlen also für den Anbau von Pflanzen, mit denen die Ärmsten ihren Hunger stillen könnten.



© Fotokostic/Shutterstock



© Willi Xylander



Jeder von uns kann dazu beitragen, diese Situation zu verbessern, indem wir beispielsweise den Konsum von Fleisch überdenken und reduzieren. Täglich können wir am Tisch und an der Ladentheke darüber entscheiden, ob Boden zur Erzeugung von Nahrungsmitteln, Futtermitteln oder Energiepflanzen verbraucht wird.

Mein Einkaufszettel für das ganze Jahr (Jährlicher Pro-Kopf-Verzehr in Deutschland)

... und wieviel Boden ich verbrauche (Flächenverbrauch pro Verzehrmenge)

Getreide	114 kg	(295 m ²)
Gemüse und Kartoffeln	124 kg	(52 m ²)
Obst	47 kg	(34 m ²)
Schweinefleisch	40 kg	(790 m ²)
Rindfleisch	9 kg	(256 m ²)
Hühnerfleisch	11 kg	(189 m ²)
Milchprodukte	347 kg	(748 m ²)
Eier	208 Stück	(160 m ²)

Nach Wakamiya, A. (2011) – Wie viel Fläche braucht ein Mensch, um sich zu ernähren? Landinfo, S. 44–46.



© Rudmer Zwerver/Shutterstock



Ohne Boden können wir nicht leben, er ist unsere Lebensgrundlage – und somit eine schützenswerte Ressource. Jeder kann etwas zum Schutz der Böden beitragen. **VISIONÄRE DES BODENSCHUTZES** gehen neue Wege und leisten ihren Beitrag zu einem besseren Umgang mit unserer Natur.

Visionär **JENS PETERMANN** erlebte die Folgen der Erosion selbst, als ein Starkregenereignis 1,50 Meter tiefe Rinnen in seine Felder grub. Daraufhin beschloss er, seinen überdüngten und geschädigten Boden naturnäher zu bewirtschaften. Heute wächst auf seinen Feldern zu jeder Jahreszeit etwas. Die Wurzeln der Pflanzen verhindern die Abtragung des Bodens und schützen diesen zudem vor Austrocknung. Außerdem versucht Jens Petermann, den Boden möglichst wenig zu stören, um die Bodenorganismen zu schonen, die den Boden mit Nährstoffen versorgen.



© Jens Petermann

„Schon lange behandeln wir unsere Böden wie Hochleistungssportler, die immer mehr in kürzerer Zeit leisten müssen. Das kann auf Dauer nicht funktionieren.“

„Insgesamt ist es für alle ein Gewinn: für die Stadt, die mehr attraktive Flächen hat, für die Einwohner, die sich an diesen Plätzen erholen können, und nicht zuletzt für die Umwelt und die vielen Pflanzen und Tiere, die hier eine neue Heimat finden.“



© Jana Wotruba

Die Visionäre **BIRGIT NETZ-GERTEN** und **FRANK MITTELSTÄDT** begrünen in ihrem Projekt „Natur in graue Zonen“ die Bonner Innenstadt. Aus asphaltierten Flächen wie Hinterhöfen oder Eingangsbereichen werden kleine grüne Oasen. Was schöner aussieht, schafft auch Lebensraum für Tiere und Pflanzen, der dringend benötigt wird.

Obst und Gemüse aus fernen Ländern haben einen weiten Weg hinter sich und werden oft mit Chemikalien behandelt. Heimische, saisonale Produkte sind eine gute Alternative!





Visionär **SEPP HOLZER** bemüht sich seit vielen Jahren um einen nachhaltigen, naturnahen Anbau von Obst und Gemüse. Sein Ansatz setzt auf ein Miteinander von Pflanzen, Tieren und Menschen. Daher wachsen in Sepp Holzers Permakulturen unterschiedliche Pflanzenarten gemeinsam.



© Sepp Holzer

„Ich bin jedes Mal von der Perfektion der Natur begeistert und überzeugt – da kann man nie auslernen!“



„... die Region drohte zu einer Wüste zu werden. Fehlendes Wissen hinderte die Bauern daran, die Landwirtschaft umzustellen.“



© Sarah Zouak, Women SenseTour in Muslim countries

Da ihr Heimatdorf im Sand unterzugehen drohte, beschloss die tunesische Visionärin **SARAH TOUMI**, etwas dagegen zu tun, und gründete „Acacias for all“, eine Baumschule für die robusten Pflanzen.

Bäuerinnen der Region pflanzen diese Akazien. So entsteht ein grüner Gürtel, der das Dorf von der Wüste trennt, einen weiteren Abtrag verhindert und der Versalzung des Bodens entgegenwirkt. Das Gummi arabicum, welches die Akazien produzieren, kann verkauft werden. Außerdem erhalten die Frauen Schulungen in Betriebswirtschaft, nachhaltiger Landwirtschaft und zu Wasserparmaßnahmen.

In ihrem Projekt vereint Sarah Toumi den Bodenschutz mit der Förderung der Gleichberechtigung von Frauen im arabischen Raum.

TERMINE BIS JANUAR 2018

Museum Alexander Koenig Bonn
06. September 2017 bis 25. Januar 2018

SENCKENBERG Naturmuseum Frankfurt
19. Januar bis 23. Juli 2017

SENCKENBERG Museum für Naturkunde Görlitz
10. Juni 2016 bis 08. Januar 2017

Museum für Naturkunde Chemnitz
24. November 2015 bis 8. Mai 2016

Europäisches Parlament Brüssel
13. Oktober 2015 bis 20. Oktober 2015

KONTAKT

SENCKENBERG Museum für Naturkunde Görlitz
Am Museum 1, D-02826 Görlitz
T +49 (0) 3581 47 60 - 51 00
F +49 (0) 3581 47 60 - 51 01
post-gr@senckenberg.de
www.senckenberg.de/goerlitz

Ein Projekt im Rahmen von



Unter der Nutzung von



IMPRESSUM BEGLEITBROSCHÜRE

PROJEKTLEITUNG & -IDEE

Prof. Dr. Willi Xylander

KONZEPTION & -TEXTE

Helga Zumkowski-Xylander, Maria Pitz,
Andrzej Paczos, Dr. Axel Christian, Prof. Dr. Willi Xylander

ZEICHNUNGEN

Jördis Heizmann, Ekkehart Mättig, Jana Pelenus

TITELBILD

Bernd Pöppelmann

LAYOUT & SATZ

Jacqueline Gitschmann

DRUCK

Gustav Winter Druckerei und Verlagsgesellschaft mbH

PUBLIKATION & HERAUSGEBER

Prof. Dr. Willi Xylander
Eigenverlag SENCKENBERG Museum für Naturkunde Görlitz

ISBN

978-3-9815241-2-3

© 2017 SENCKENBERG Museum für Naturkunde Görlitz
Alle Rechte vorbehalten

STAND

April 2017

UNSER BESONDERER DANK gilt den zahlreichen Bildautoren
und allen Mitarbeitern des SENCKENBERG Museums für
Naturkunde Görlitz, insbesondere Frau Cornelia Wiesener.

Der Boden unter unseren Füßen lebt! Doch die Lebewesen unter der Erde und ihre unermessliche Anzahl, sind den wenigsten Menschen bekannt. Für einen Großteil der Menschheit ist Boden schlicht der Untergrund, auf dem sie stehen.

Dabei ist der Boden sehr viel mehr! Boden spendet Leben und ist, wie Wasser und Luft, eine unverzichtbare Lebensressource. Die Ausstellung betrachtet die Biodiversität und das Zusammenleben der Organismen im Boden, deren ökosystemaren Leistungen für uns Menschen sowie die Bodenforschung, die Bodenentstehung, und die Zerstörung des Bodens.



GEFÖRDERT DURCH



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz,
Bau und Reaktorsicherheit