



# Die Fabrik des Lebens

Weshalb die biologische Vielfalt  
in unseren Böden so wichtig ist

*boden*

***Europe Direct soll Ihnen helfen, Antworten auf Ihre  
Fragen zur Europäischen Union zu finden***

**Gebührenfreie Telefonnummer (\*):**

**00 800 6 7 8 9 10 11**

(\*) Einige Mobilfunkanbieter gewähren keinen Zugang zu 00 800-Nummern oder berechnen eine Gebühr.

Zahlreiche weitere Informationen zur Europäischen Union sind verfügbar über Internet,  
Server Europa (<http://europa.eu>).

Katalogisierungsdaten befinden sich am Ende der Veröffentlichung.

Luxemburg: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, 2010

ISBN 978-92-79-14997-9

doi 10.2779/1687

© Europäische Union, 2010

Nachdruck mit Quellenangabe gestattet.

*Printed in Belgium*



GEDRUCKT AUF MIT DEM EU-UMWELTZEICHEN VERSEHENEM RECYCLINGPAPIER

([WWW.ECOLABEL.EU](http://WWW.ECOLABEL.EU))

# Inhalt

---

<b>Vorwort</b>	<b>3</b>
Bodenschutz – eine der großen Herausforderungen für 2010 und darüber hinaus	3
<b>Willkommen in der Fabrik des Lebens</b>	<b>4</b>
<b>Hier stellen wir Ihnen einige der Arbeiter in der Fabrik des Lebens vor</b>	<b>5</b>
<b>Was die Fabrik macht</b>	<b>6</b>
Strukturierung des Bodens und Beitrag zur Klimaregulierung	6
Speicherung und Reinigung von Wasser	7
Sanierung verseuchter Böden	7
Schädlingsbefall eindämmen	8
Versorgung mit lebensrettenden Arzneimitteln	9
Was ist ein Wurm wert?	9
<b>Wer arbeitet in der Fabrik?</b>	<b>10</b>
Die Arbeiter	10
Die Aufseher	11
Die Architekten	11
<b>Die größten Bedrohungen der Fabrik</b>	<b>13</b>
Änderung der Landnutzung	14
Klimawandel	15
Weitere Bedrohungen	16
Hilfe beim Schutz der Biodiversität des Bodens	17
<b>Was können wir zum Schutz der biologischen Vielfalt des Bodens sonst noch tun?</b>	<b>19</b>
<b>Weitere Informationen zur biologischen Vielfalt des Bodens</b>	<b>20</b>







# Vorwort

## Bodenschutz – eine der großen Herausforderungen für 2010 und darüber hinaus

Die Vereinten Nationen haben das Jahr 2010 zum Internationalen Jahr der biologischen Vielfalt erklärt. In diesem Jahr sollten wir einen großen, aber oft vernachlässigten Bereich der globalen Biodiversität nicht länger unbeachtet lassen: das Bodenleben.

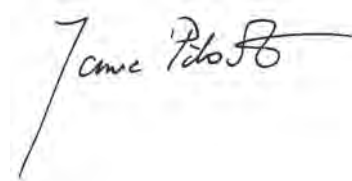
Ein gesunder Boden enthält eine Vielzahl pulsierender, unterirdischer Lebensformen, darunter Bakterien und Pilze, winzige Insekten, Regenwürmer und Maulwürfe. Diese reiche Artenvielfalt ist in ihrer Gesamtheit für das Leben auf der Erde von unermesslichem Nutzen. Sie spielt eine lebenswichtige Rolle bei der Eindämmung des Klimawandels, der Speicherung und Reinigung von Wasser, der Verhinderung von Erosion oder der Versorgung mit neuen Stoffen zur Herstellung von Antibiotika etc. Das Wohlergehen von Pflanzen und Landtieren beruht auf den vielschichtigen Prozessen, die im Boden ablaufen.

Der Verlust der biologischen Vielfalt und der Klimawandel sind zwei der drängendsten Herausforderungen unserer Zeit - und für beide ist die biologische Vielfalt des Bodens ein Teil der Lösung. Dennoch ist sie ständig bedroht, vor allem durch vom Menschen verursachte und somit auch von diesem steuerbare Eingriffe. Wir sind dafür verantwortlich, die Qualität unserer Böden zu erhalten, bevor es zu spät ist und bevor deren Bewohner verschwunden und ihre empfindlichen Lebensräume zerstört sind. Dies ist der Grund, warum wir in der Europäischen Kommission den Boden in den Mittelpunkt unserer Überlegungen gestellt haben.

Als Bestandteil der Thematischen Strategie für den Bodenschutz hat die Europäische Kommission eine Rahmenrichtlinie vorgeschlagen, um eine weitere Verschlechterung der Böden in den Ländern der Europäischen Union zu verhindern und bereits angerichteten Schaden wiedergutzumachen. Wenn wir die Probleme nicht bald und auf koordinierte Art und Weise anpacken, wird es noch viel mehr kosten, sie in Ordnung zu bringen. Wir hoffen, dass wir uns in Kürze auf einen optimalen Weg zur Lösung einigen können und das Internationale Jahr der biologischen Vielfalt zum Anlass nehmen, der Richtlinie schließlich zuzustimmen.

Während wir 2010 das Leben auf der Erde und den Wert der biologischen Vielfalt für unser Leben feiern, sollten wir uns Zeit nehmen und schauen, was unter unseren Füßen liegt, um diese unbekannte Welt zu entdecken und zu würdigen.

Janez Potočnik  
EU-Umweltkommissar



# Willkommen in der Fabrik des Lebens

*Sofern wir keine Gärtner oder Landwirte sind, schenken die meisten von uns dem Boden wenig Aufmerksamkeit, außer wenn wir ihn nach einem Spaziergang von unseren Schuhen abstreifen oder uns beschweren, wenn er in die Wohnung gebracht wird.*

Aber es ist Zeit, dass wir uns mit dieser wertvollen und empfindlichen Lebensgrundlage wieder vertraut machen. Der Boden ist in Gefahr, und unser Lebensstil ist zum großen Teil schuld daran.

Die große Kraft des Bodens kommt aus dem Leben, das er in sich trägt, seiner biologischen Vielfalt – von Genen und Arten bis hin zu Gemeinschaften. Unter der Erdoberfläche gibt es eine größere Artenvielfalt auf engem Raum als darüber: in einem einzigen Teelöffel Gartenerde kann es Tausende von Arten geben, Millionen von Einzelwesen und hundert Meter an Pilzgeflechten. Wissenschaftler schätzen, dass mindestens ein Viertel aller Arten im Boden leben.

Dieses artenreiche Ökosystem übernimmt eine Vielzahl von Funktionen. Es verarbeitet organische Reststoffe, um das oberirdische Leben – von Pflanzen, Tieren und Menschen – aufrechtzuerhalten, reguliert die Kohlenstoffströme und den Wasserkreislauf, hält Schädlinge in Schach, reinigt verseuchte Böden und stellt Rohstoffe für neue Arzneimittel gegen Infektionskrankheiten bereit.

## Wussten Sie schon, dass...

**Böden über ein Viertel aller auf der Erde lebenden Arten beherbergen?**

Dies ist die Fabrik des Lebens. Ihre Arbeiter sind Mikroorganismen, kleine und große wirbellose Tiere, Kleinsäuger, und auch

Pflanzenwurzeln sind ein Teil der Gemeinschaft – ihr aller Arbeitsplatz ist der dunkle oder dämmrige Mutterboden von Grünland, Feldern, Wäldern und Grünflächen in Städten.

## Wussten Sie schon, dass...

**bisher nur 1 % der Arten von Bodenmikroorganismen bekannt sind?**

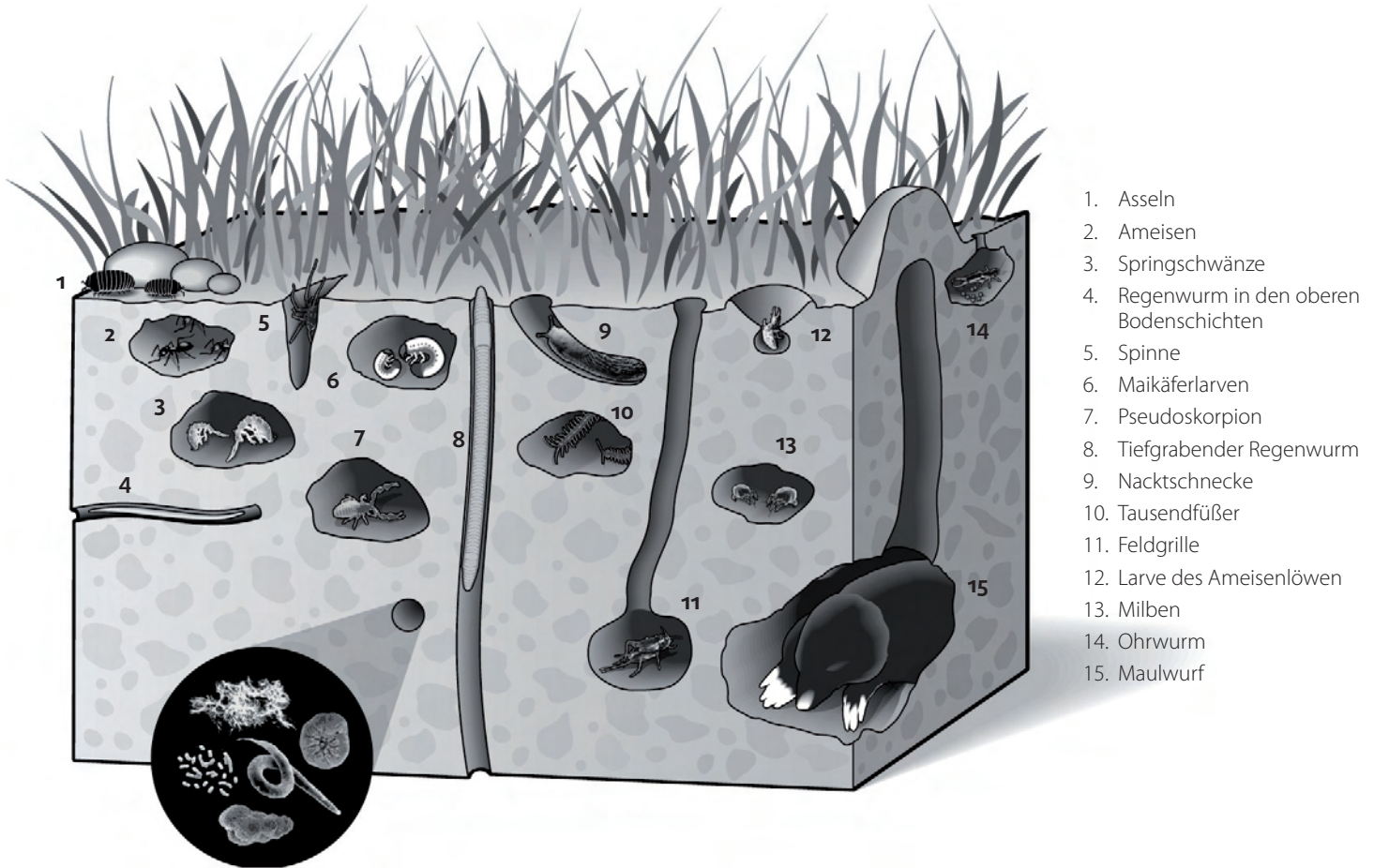
Aber die Fabrik steckt in einer Krise. Während andere lebenswichtige Ressourcen wie Wasser und Luft laufend aufbereitet und erneuert werden, kann die Bildung neuen Bodens Jahrzehnte oder gar Jahrhunderte dauern. Und hat die Fabrik des Lebens erst einmal ihren Betrieb eingestellt, ist es äußerst schwierig, sie wieder in Gang zu bringen.

Auf den folgenden Seiten untersuchen wir, was in diesem faszinierenden Umfeld vor sich geht, lernen die Hauptakteure in dieser kaum bekannten Gemeinschaft von Lebewesen kennen, erfahren, was ihre Lebensräume auf lokaler und globaler Ebene bedroht und was getan wird, um dieses Problem im Rahmen von Gesetzgebung und wissenschaftlicher Forschung anzugehen. Begleiten Sie uns auf dieser Erkundungsreise, um die Fabrik des Lebens und ihre Schätze kennenzulernen.





# Hier stellen wir Ihnen einige der Arbeiter in der Fabrik des Lebens vor



Arbeiter in der Fabrik des Lebens, die man nur unter dem Mikroskop sieht: Bakterien, Nematoden, Pilzmycel, Protozoen.

# Was die Fabrik macht

*Unter unseren Äckern und unseren Füßen ist eine vielfältige Gemeinschaft von Bodenorganismen Tag und Nacht auf bemerkenswerte und koordinierte Weise darum bemüht, das Leben auf der Erde aufrechtzuerhalten. Dies sind – soweit wir bisher wissen – die wichtigsten Leistungen, die von der Bodenfabrik erbracht werden.*

Die Haupttätigkeit der Fabrik des Lebens besteht in der Erhaltung und Verbesserung der Qualität des Bodens als der grundlegenden Nahrungsquelle unseres Planeten. Sie stellt die Nährstoffe zur Verfügung, die Pflanzen und Tiere für ihr Wachstum benötigen und versorgt uns mit Nahrung, Textilfasern, Holz und Wirkstoffen für Arzneimittel.

## Wussten Sie schon, dass...

auf einer Fläche von der Größe eines Fußballplatzes Bodenorganismen jedes Jahr organisches Material erzeugen, das dem Gewicht von 25 Personenkraftwagen entspricht?

Die Fruchtbarkeit des Bodens hängt von der Anwesenheit einer vielfältigen Gemeinschaft lebendiger Organismen ab, der biologischen Vielfalt des Bodens. Versorgt man sie ausreichend mit Rohstoffen, wie zum Beispiel abgestorbene organische Substanz, beginnen sie mit der Zersetzung und Umwandlung in Humus – komplexes organisches Material, das den Pflanzen notwendige Nährstoffe liefert. Humus lässt sich nicht künstlich von Menschen herstellen, sondern ist ein Ergebnis der Arbeit des Bodenlebens.



An Land lebende Gliederfüßer wie *Entomobrya nivalis* spielen beim Stoffabbau eine Rolle.



Die männliche Feldgrille (*Gryllus campestris*) baut einen bis zu 30 cm tiefen Gang.

Möglicherweise ist die von der Fabrik verrichtete Arbeit noch nie von größerer Bedeutung gewesen als heute. In dem Maße, wie die Weltbevölkerung bis Mitte dieses Jahrhunderts auf neun Milliarden ansteigen wird, werden gesunde und produktive Böden für unsere Nahrungsmittelversorgung entscheidend sein – umso mehr, als gleichzeitig der Nutzungsdruck durch städtische Expansion, Produktion von Biokraftstoffen und Gewinnung natürlicher Ressourcen weiter zunimmt. Hinzu kommen die anhaltende Bodenverschlechterung durch den Verlust an organischer Bodensubstanz, Erosion, Versteppung und Wüstenbildung sowie andere Ursachen.

## Strukturierung des Bodens und Beitrag zur Klimaregulierung

Bodenorganismen bearbeiten Sand, Ton oder Schluff, indem sie neue Strukturen und Lebensräume formen, die den Boden durchlüften und das Eindringen von Wasser erlauben. Einige Pilzarten etwa produzieren ein klebriges Protein, das Bodenpartikel aneinanderbindet und somit Bodenaggregate stabilisiert, während größere Lebewesen wie Termiten ganze Tunnelsysteme durch den Boden treiben.





Die Aktivität von Bodenorganismen ermöglicht dem Boden die Speicherung und Abgabe von Kohlendioxid und trägt somit zur Regulierung der Treibhausgasströme und des globalen Klimasystems insgesamt bei. Dies wirkt sich unmittelbar auf die menschliche Gesundheit, Ernteerträge, Wasservorräte und damit die Ernährungssicherheit aus.

Der Boden speichert Kohlenstoff hauptsächlich in Form von organischem Material und ist nach den Weltmeeren der zweitgrößte Kohlenstoffspeicher der Erde. Je mehr organische Substanz im Boden enthalten ist, desto besser dient er als Kohlenstoffsenke. Ein gut bewirtschafteter Boden kann in hohem Maße zur Milderung des Klimawandels beitragen.

Verschiedene Bodenarten haben unterschiedliche Kohlenstoff-Speicherkapazitäten. Moorböden zum Beispiel bedecken zwar nur einen Bruchteil der Landfläche Europas, speichern jedoch etwa 20 % des im Boden gebundenen Kohlenstoffs. Grünland und Waldböden wirken als Speicher, während Ackerböden meist dazu neigen, Kohlenstoff als Kohlendioxid freizusetzen. In Europa sind die meisten Kohlendioxid-Emissionen von Böden auf eine Änderung der Landnutzung, d. h. Umwandlung von Grünland in Ackerland, und intensive Bodenbearbeitung ohne Aufbau von organischer Substanz im Boden zurückzuführen.

Bei der Verarbeitung der organischen Bodensubstanz spielen Bodenorganismen eine bedeutende Rolle. Einige bringen organisches Material sogar selbst in den Boden ein. Mistkäfer etwa vergraben die Körper toter Kleinlebewesen im Boden und stellen sie ihren eigenen Larven sowie auch anderen Bodenorganismen als Nahrungsquelle zur Verfügung. Regenwürmer dagegen vermischen oberirdische Pflanzenstoffe mit dem darunter liegenden Boden.

### Wussten Sie schon, dass...

die Wasseraufnahmekapazität von Böden ohne Regenwürmer um bis zu 90 % geringer sein kann?

## Speicherung und Reinigung von Wasser

Eine ähnlich wichtige Rolle der unterirdischen Fabrik des Lebens ist die Reinigung und Speicherung von Wasser. Wenn Wasser im Boden versickert, werden Schadstoffe und auch Bakterien und

Viren von Bodenpartikeln absorbiert, wodurch das Wasser gereinigt und von Schadstoffen befreit wird. Die Reinigungskraft hängt jedoch davon ab, ob der Boden genügend Mikroorganismen enthält. Sie ist umso stärker, je größer die Artenvielfalt des Bodens ist.

### Wussten Sie schon, dass...

vegetationsloses Land über 100 Mal schneller erodieren kann als bewachsene Flächen?

Von Regenwürmern, Ameisen und Termiten geschaffene Kanäle, Burgen und Fraßgänge fördern die Wasseraufnahme, während die Vegetation durch Laubstreu und Wurzelwerk zur Aufnahme von Wasser und Strukturierung des unterirdischen Bodens beiträgt. Die Beseitigung von Vegetation, etwa durch Entwaldung, bewirkt das Gegenteil und lässt zu, dass der Boden weggespült wird. Ohne eine lebendige Bodengemeinschaft verschlechtert sich die Bodenstruktur, der Wasserabfluss nimmt zu und führt zu Erosion und Überschwemmungen.

Wenn die Fähigkeit des Bodens zur Aufnahme, Reinigung und Speicherung von Wasser beeinträchtigt wird, führt dies zu einer Beeinträchtigung des Grundwassers – mit der Folge, dass zusätzliche Wasseraufbereitungsanlagen erforderlich werden. Die Reinigungsfunktion des Bodens zu erhalten spart Geld, schützt die Gesundheit und sorgt für Lebensqualität.

## Sanierung verseuchter Böden

Nur wenigen Menschen ist bekannt, dass Bodenorganismen die bemerkenswerte Fähigkeit besitzen, bestimmte Schadstoffe zu beseitigen oder zumindest ihre Auswirkungen abzuschwächen. In einem als Bioremediation bezeichneten Prozess sind Bodenmikroben in der Lage, einige der organischen Schadstoffe zu zersetzen und sie in ungiftige Moleküle umzuwandeln.

Bioremediation ist ein natürlicher Prozess, den sich Menschen schon häufig zunutze gemacht haben. Sie ist die preiswerteste Methode der Bodensanierung und hat sich schon vielfach als effizient erwiesen. Ein bekanntes Beispiel ist die Sanierung der 1989 in Alaska von dem Tanker Exxon Valdez verursachten Ölpest.

Als Teil der Anstrengungen, einen 2000 km langen Küstenstreifen von Rohöl zu säubern, wurden der verseuchte Sand und die Sedimente mit einem Gemisch aus Nährstoffen und Düngemitteln behandelt, um das Wachstum von Bakterien zu fördern. Die Bakterientätigkeit beschleunigte den Abbau des Rohöls um das Fünffache und half bei der Sanierung – auch wenn die Ölpest den Tod vieler im Meer und an den Uferzonen lebender Tiere verursachte.

Zu den Giftstoffen, die mittels natürlicher Bioremediation aus dem Boden entfernt werden können, zählen Holzschutzmittel, Lösungsmittel der chemischen Reinigung, Schädlingsbekämpfungsmittel und sogar polychlorierte Biphenyle, die mittlerweile verboten sind und früher für Kunststoffe und elektrische Bauteile verwendet wurden.

### Wussten Sie schon, dass..

sich Bioremediation mithilfe von Regenwürmern verbessern lässt, da sie Aktivität und Verteilung von Mikroben im Boden regulieren?

Ein artenreicher Boden ist erforderlich, um bei der Bioremediation die besten Ergebnisse zu erzielen. Während Mikroorganismen chemische Schadstoffe bearbeiten, werden sie von weiteren Organismen, die die Struktur und Porosität des Bodens steuern, bei der Aufnahme, Verteilung und Abbau dieser Schadstoffe unterstützt.

Die natürliche Bodensanierung hat ihre Grenzen. Der Prozess kann Jahre, ja sogar Jahrzehnte dauern, da einige persistente Schadstoffe nicht abgebaut werden können, und manchmal ist die Schadstoffbelastung des Bodens einfach zu hoch. Darüber hinaus können auch Schwermetalle wie Cadmium, Blei und Quecksilber nicht abgebaut werden und reichern sich in der Nahrungskette an oder verseuchen das Grundwasser. Der Boden leistet zwar einen Beitrag als natürlicher Entgifter, Wunder können von ihm jedoch nicht erwartet werden.

## Schädlingsbefall eindämmen

Eine Fabrik produziert am Besten, wenn die Belegschaft sich mit den Aufgaben befasst, für die sie qualifiziert ist. Die Probleme beginnen, wenn durch Fehlzeiten oder Fachkräftemangel nicht genügend Arbeitskräfte vorhanden sind. Maschinen stehen still und die Produktion kommt zum Stillstand. Genau dies geschieht in

der Bodenfabrik. Verschiedene Arten können einander bis zu einem gewissen Grad vertreten, wenn zum Beispiel eine Art arbeitslos geworden ist oder krank wird. Wenn jedoch die Hälfte der Belegschaft erkrankt, wird die Produktionsleistung ernsthaft gefährdet. Dafür zu sorgen, dass das Personal gesund bleibt, ist nicht nur für das Wohl jedes Einzelnen, sondern für die Funktionsfähigkeit der Fabrik insgesamt sehr wichtig.

Ein Ausfall der Fabrik des Lebens hat etwa Schädlingsbefall zur Folge, was zu massenhaften Ernteverlusten führen kann – und damit unserer Ernährungsgrundlagen ernsthaft gefährdet. Schätzungen zufolge bedroht beispielsweise im Vereinigten Königreich der Kartoffelkäfer Kartoffelernten in einem Wert von etwa 322 Millionen Euro.

Ein Boden, der sich durch eine reiche biologische Vielfalt auszeichnet, kann Schädlinge besser kontrollieren, da er sowohl eine Reihe räuberischer Arten beherbergt als auch ein vielfältiges Nährstoffangebot aufweist. Während einige der Nährstoffe Schädlingsarten fördern können, sind andere eher nachteilig für sie. Im Allgemeinen weist ein artenreiches Ökosystem eine ausgeglichene Artenbilanz auf und ist besser in der Lage, Schädlingsbefall zu verhindern.



Schädlingsbefall tritt häufig in Monokulturen auf, bei denen die Bodenfunktion durch die Art der Bewirtschaftung beeinträchtigt wurde. Im Gegensatz dazu unterstützt eine artenreiche Vegetation natürliche Gemeinschaften und begrenzt die Auswirkungen von Schädlingen.

Dieser Art der natürlicher Schädlingsbekämpfung kann Breitband-Pflanzenschutzmittel überflüssig machen, die nicht nur nützliche Insekten schädigen, sondern auch viele weitere unbeabsichtigte – und teure – Folgen nach sich ziehen können.



## Versorgung mit lebensrettenden Arzneimitteln

1928 bemerkte der schottische Biologe Alexander Fleming, dass ein in seinem Labor gezüchteter Bodenpilz wachstumshemmend auf Bakterien einer benachbarten Staphylokokken-Kultur wirkte. Er schloss daraus, dass etwas in dem Pilz die Erreger abgetötet haben musste, und kurz darauf isolierte er den Wirkstoff Penicillin. Penicillinhaltige Antibiotika waren die ersten Arzneimittel, die zur Behandlung vieler schwerer Krankheiten geeignet waren und heute noch verwendet werden.

Der Boden ist wie eine große Hausapotheke der Zukunft, in der Mikroorganismen wie Bakterien und Pilze laufend genetische Substanzen zur Bekämpfung anderer Mikroben herstellen. Wissenschaftler halten ständig Ausschau nach bisher unbekannten bodenlebenden Arten, deren einzigartige Überlebensstrategien zur Herstellung eines neuen lebensrettenden Arzneimittels führen könnten.



**Die Böden und ihre Mikroorganismen sind für die Menschen eine wichtige Hausapotheke.**

Diese Arbeit ist von besonderer Bedeutung, denn Bakterien als Krankheitserreger haben die Eigenschaft, sich sehr schnell zu teilen. Sie sind in der Lage, sich durch Mutation zu verändern. Dies bringt neue Probleme mit sich, da zwischenzeitlich viele Bakterien gegen Penicillin resistent geworden sind: alleine in den Vereinigten Staaten werden jährlich mindestens 90 000 Todesfälle auf Infektionen durch Bakterien zurückgeführt, von denen mehr als die Hälfte gegen mindestens ein gebräuchliches Antibiotikum resistent sind.

## Was ist ein Wurm wert?

Zur Abschätzung des wirtschaftlichen Wertes der biologischen Vielfalt von Böden wurden bisher verschiedenartige Methoden angewandt – alle kamen zu dem Schluss, dass das zum Schutz des Bodens ausgegebene Geld gut angelegt ist.



**Regenwürmer durchlüften den Boden und sorgen für Wasserdurchlässigkeit.**

Eine Möglichkeit zur Wertermittlung besteht darin, den Preis von Endprodukten (Nahrungsmittel, Fasern, Rohstoffe) zu berücksichtigen, an deren Herstellung Bodenorganismen beteiligt sind; eine andere ist, ihren Nutzen zu untersuchen, indem man Personen zu ihrer Bereitschaft befragt, für die Dienstleistungen zu zahlen. Eine weitere Option ist die Ermittlung der Kosten für ein Alternativprodukt, das dieselben Funktionen übernimmt – beispielsweise Kosten von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln als Ersatz für Bodenorganismen, Kosten zum Ausgleich von Schäden, die mangels eines intakten Ökosystems durch Erosion und Überschwemmungen verursacht werden, oder Kosten, die bei der Vorbeugung negativer Auswirkungen entstehen.

Eine amerikanische Studie von 1997 beziffert den globalen wirtschaftlichen Wert der Bodenbiodiversität mit rund 1,5 Billionen US-Dollar pro Jahr. Bei Untersuchungen auf nationaler Ebene wurde in Irland der Wert der Bodenfruchtbarkeit und des Nährstoffkreislaufs auf jährlich 1 Milliarde Euro veranschlagt, während man in Frankreich die in Grünlandböden gespeicherte Menge an CO<sub>2</sub> mit 320 Euro pro Hektar und Jahr bewertete.

# Wer arbeitet in der Fabrik?

*Die Fabrik des Lebens ist voll emsiger Betriebsamkeit und Heimat unzähliger Arten. Pausen gibt es nur selten: Arbeiter verbrauchen und verarbeiten organische Reststoffe – und sich gegenseitig – zur Erneuerung und Stärkung des Bodens, und reichern ihn dabei mit wichtigen Nährstoffen an.*

Obwohl viele Bodenorganismen noch unbekannt sind, nimmt das Verständnis ihrer Rolle und Bedeutung in dem Maße zu, wie wir sie als ein komplexes und ineinandergreifendes System erkennen, in dem sie miteinander und mit ihrer Umgebung in Wechselwirkung stehen.

Bodenorganismen können in drei Hauptgruppen eingeteilt werden, die ihre wichtigsten Funktionen im Boden beschreiben: Verfahrenstechniker, biologische Regulatoren und Ökosystemingenieure.

In unserer Fabrik des Lebens sind die Verfahrenstechniker die kleinsten Bodenorganismen, den Arbeitern in der Fabrikhalle vergleichbar. Sie bauen organisches Material wie etwa Blattreste und andere Pflanzenstoffe ab und wandeln Reststoffe in Nährstoffe wie Stickstoff, Phosphor und Schwefel um.

Biologische Regulatoren können mit Fabrikaufsehern verglichen werden. Sie regulieren Menge und Aktivität der Verfahrenstechniker, vor allem indem sie sich von diesen ernähren und dadurch die Produktivität des Systems erhöhen oder reduzieren.

Ökosystemingenieure sind die Architekten und Erbauer der Fabrik. Sie gestalten die Struktur des Bodens, die die anderen Gruppen

gedeihen lässt, indem sie Durchgänge, Tunnelsysteme und Porennetzwerke bauen und dabei den Boden um die geschäftige unterirdische Gemeinschaft herum in Bewegung halten.

## Wussten Sie schon, dass...

ein Gramm Boden rund eine Million Pilze enthalten kann und einige Arten eine Länge von mehreren Hundert Metern erreichen können?

## Die Arbeiter

Zu den „Verfahrenstechnikern“ des Bodens gehören alle Organismen, die am Abbau von organischem Material beteiligt sind. Sie sind in der Lage, Kohlenstoff- und Stickstoffmoleküle zu zerlegen und in Kohlendioxid und von Pflanzen benötigte Nährstoffe umzuwandeln. Ihre Aktivität unterstützt das Wachstum aller lebenden Organismen, von den Pflanzen bis zu den Tieren (einschließlich des Menschen), die sich von ihnen ernähren.

Aber um leben und wachsen zu können, sind sie auf spezielle Bedingungen angewiesen wie Feuchtigkeit, Luft- und Porenräume zwischen Sand-, Ton- oder Schluffpartikeln. Sie sind vor allem dort anzutreffen, wo nennenswerte Mengen an organischem Material oder tierischem Dung vorkommen; auch der Wurzelbereich gehört zu den Zonen mit deutlich verstärkter biologischer Tätigkeit.

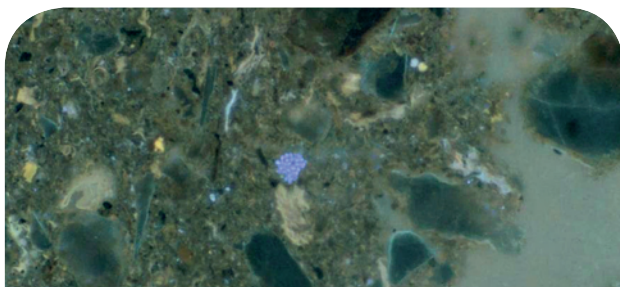
Die kleinsten Bodenorganismen – Bakterien und Pilze – stellen den größten Anteil dieser Gruppe, zu der auch Algen und Viren zählen.

**Bakterien** leben in den mit Wasser gefüllten Bodenporen. Sie vermehren sich schnell und können ihre Anzahl in Minuten verdoppeln. Sie können aber auch in eine Ruhephase eintreten



Die Larve des Ameisenlöwen gräbt ihrer Beute eine Falle.





**Bakterien können ihre Anzahl in wenigen Minuten verdoppeln.**

und erst nach einigen Jahren zu neuem Leben erwachen. Auslöser kann eine Pflanzenwurzel sein, die um sich herum wie eine Oase wirkt, oder das Innere eines Regenwurms, wo einige Mikroorganismen ideale Bedingungen vorfinden. **Pilze** umfassen eine vielfältige Gruppe, von einzelligen Hefen bis zu komplexen Strukturen, die schon mit bloßem Auge zu erkennen sind, wie etwa der bekannte Fruchtschimmel. Sie bevölkern den Raum, der Bodenpartikel, Wurzeln und Steine umgibt. Einige Arten recyceln abgestorbene oder verrottende organische Substanz, während andere Zucker, Stärke und Holzzellulose verwerten.

## Die Aufseher

Die als „biologische Regulatoren“ bekannten Bodenorganismen sind eine vielfältige Gruppe, die die Aktivitäten der Fabrikarbeiter – der Verfahrenstechniker – überwachen und ein wichtiges Bindeglied im Nahrungsnetz darstellen. Einige fungieren als Pflanzenschädlinge und Schmarotzer, während andere die Mikroflora aktivieren. Zugleich tragen sie durch ihre Bewegungen im Boden zur Zerkleinerung organischen Materials bei, wodurch mehr aktive Oberfläche geschaffen und so die Nährstoffversorgung von Mikroben verbessert wird.

**Protisten** sind die kleinsten Mitglieder in dieser Gruppe. Sie leben in der Wasserschicht, die die Bodenpartikel umgibt, und beweiden die Bakterienpopulationen. Sie bewegen sich mit ruder- oder flossenähnlichen Organen vorwärts und können während einer Ruhephase von Wind oder Wasser transportiert werden.

**Nematoden** sind wurmförmige Lebewesen, meist mit einer Länge von unter einem Millimeter. Sie sind äußerst anpassungsfähig und kommen in allen Bodenarten vor, auch in extremen Umgebungen der Antarktis und der Tiefsee. Ihre Beute reicht von

Algen, Bakterien und Pilzen bis zu pflanzlichen Wurzeln, anderen Nematoden und Protisten.

**Mikroarthropoden** sind kleine Wirbellose (Tiere ohne Wirbelsäule), die hauptsächlich im Mutterboden leben und sich von verrottenden Pflanzen, von Bakterien und Pilzen, aber auch von anderen „Aufsehern“ ernähren. Ihre Größe reicht von mikroskopisch (bestimmte Milbenarten) bis zu einigen Millimetern Länge (etwa Springschwänze, von denen einige zur Fortbewegung ihren Schwanz als Feder gebrauchen).

## Wussten Sie schon, dass...

**Bakterien als die artenreichste Gruppe von Organismen gelten und dass die überwiegende Mehrheit von ihnen im Boden lebt?**

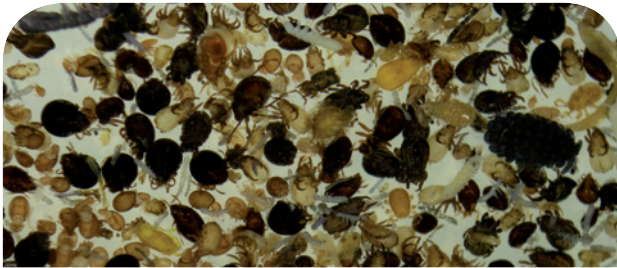
Genau wie bei den Verfahrenstechnikern hängt das Vorhandensein von biologischen Regulatoren im Boden von der Art des Bodens, der Verfügbarkeit von Wasser und der Bodenbearbeitung ab. Ihr Wachstum und ihre Fortpflanzungsfähigkeit schwankt mit der Jahreszeit und den verfügbaren Ressourcen. Protisten und Nematoden zum Beispiel, die sich von Bakterien ernähren, gedeihen besonders gut in den ersten Wochen, nachdem dem Boden organisches Material beigefügt wurde. In schlechten Zeiten können sie in eine Ruheperiode eintreten.

## Die Architekten

Die Baumeister in unserer Fabrik des Lebens – die Ökosystemingenieure – verbringen ihre Zeit damit, die verschiedenen



**Nematoden findet man in allen Bodenarten.**



**Viele Arten von Mikroarthropoden leben im Mutterboden.**

Abteilungen der Fabrik immer wieder umzubauen, wobei sie das Erdreich beim Absuchen nach Nahrung durchmischen und bewegen und so anderen Bodenorganismen bewohnbare Zwischenräume hinterlassen, die ihnen gute Lebensbedingungen bieten. Ihr indirekter Beitrag zum Nährstoffkreislauf spielt eine wichtige Rolle bei der Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit und des Pflanzenwachstums.

### **Wussten Sie schon, dass...**

**Termitennester klimatisiert sind?**

Regenwürmer, Termiten, Ameisen, Asseln und Pflanzenwurzeln gehören zu dieser Kategorie, wie zum Beispiel auch Hundert- und Tausendfüßer, Käfer, Raupen und Skorpione. Zeitweilige Bodenbewohner wie Wühlmäuse, Schlangen, Eidechsen, Mäuse und Kaninchen sind ebenfalls Ökosystemingenieure, die bei der Suche nach Nahrung und Schutz die Erde bewegen.

Regenwurmkot und -kanäle, Termitenbauten und Ameisenhögel verbessern die Durchlüftung des Bodens und steigern seine Durchlässigkeit. Dadurch kann das Wasser langsam in den Boden eindringen und wird dabei gereinigt, gleichzeitig erweitern

sich die Lebensräume für andere Bodenwohner. Zudem erhöht Regenwurmkot das Nährstoffangebot. Da der Kot feuchter und nährstoffreicher als das umgebende Erdreich ist, stellt er einen bevorzugten Vermehrungsplatz für Organismen aus der Gruppe der Verfahrenstechniker dar.



### **Maulwürfe**

**Maulwürfe gibt es außer in Irland überall in Europa, und in allen Bodenarten, die tief genug für den Tunnelbau sind, ausgenommen die verdichteten, semi-ariden Böden von Nadelwäldern. Maulwürfe können jeden Tag eine Menge an Nahrung aufnehmen, die ihrem eigenen Körpergewicht entspricht. Sie fangen ihre Beute (Regenwürmer und andere Wirbellose) in einem Netzwerk von Gängen und Fallen, die sie mit ihren breiten, zum Graben perfekt geeigneten Vorderfüßen anlegen.**

Im Gegensatz zu den Maulwürfen bewohnen andere grabende Säugetiere das Erdreich nur zeitweise, tragen aber ebenso zum Erhalt der Artenvielfalt des Bodens bei. Wenn Spitzmäuse, Wühlmäuse und Dachse Tunnel graben, die ihnen als Unterschlupf und zum Nestbau dienen oder um Räubern auszuweichen, vermischen sie dabei Kot, Pflanzenreste und Samen mit dem Mutterboden und düngen so die obere Bodenschicht. Durch ihre grabende Tätigkeit schaffen sie zugleich Luftschächte und Gänge, durch die mehr Niederschlagswasser in den Boden eindringen kann, anstatt oberirdisch abzufließen.

# Die größten Bedrohungen der Fabrik

*Gesunder Boden setzt eine intakte Umwelt voraus. Nur die besten Rohstoffe und optimale Arbeitsbedingungen garantieren die volle Funktionsfähigkeit des Bodens, damit er die Lebewesen auf der Erde versorgen kann. Werden ihm allerdings die notwendigen Grundlagen entzogen – häufig infolge von Eingriffen des Menschen –, wird das Bodenleben gestört und kann nicht mehr so viel leisten. Dieses Kapitel beschreibt die Ursachen und Merkmale geschädigter Böden.*

**Erosion** deckt das Dach der Bodenfabrik ab und schädigt die komplexe Einrichtung darunter. Erosion tritt dann auf, wenn die Bodenoberfläche durch Wind und Wasser abgetragen wird. Viele Böden in Europa sind durch Erosion gefährdet – eine Folge bestimmter Anbaumethoden sowie von Entwaldung, Überweidung, Waldbränden oder Bautätigkeiten. Durch den Klimawandel werden Erosionsschäden wahrscheinlich weiter zunehmen.

## Wussten Sie schon, dass...

jährlich weltweit 75 Milliarden Tonnen Boden durch Wind und Wasser erodiert werden, meistens auf landwirtschaftlichen Flächen? Diese Umweltschäden können so schlimm werden, dass Menschen schliesslich gezwungen sind, auf der Suche nach fruchtbarem Ackerland ihre Heimat zu verlassen.

Die Verknappung **organischer Bodensubstanz** führt schließlich dazu, dass die unterirdischen Arbeiter verhungern. Die Umwandlung eines natürlichen Ökosystems, etwa eines Waldes in Ackerland, reduziert die im Boden gespeicherte Menge an Kohlenstoff um 50-75 %; unsachgemäße Bewässerung oder das Abräumen von Ernterückständen (zum Beispiel Stroh) von Äckern entzieht dem Boden Nährstoffe und verhindert, dass das für Bodenorganismen lebenswichtige organische Material aufbereitet und nachgeliefert wird. In fast der Hälfte der europäischen Böden beträgt der Anteil organischen Materials unter 2 %, was durchaus als kritisch eingestuft werden kann.

**Versalzung**, die Anreicherung wasserlöslicher Salze im Boden, kann als eine Form der Vergiftung betrachtet werden. Als Folge unsachgemäßer Bewässerung oder einer überhöhten Grundwasserentnahme in Küstengebieten kann Versalzung Bakterienarten in einen Schlafzustand versetzen und andere Bodenorganismen abtöten. Dadurch verringern sich Pflanzenwachstum und Erntemengen, und die Wüstenbildung wird begünstigt.

**Bodenverdichtung** macht es der Fabrik des Lebens sehr schwer. Sie wird sowohl von natürlichen als auch menschlichen Aktivitäten verursacht, insbesondere durch den Einsatz schwerer landwirtschaftlicher Maschinen auf feuchten Böden. Dabei werden die Netzwerke von Poren, Tunneln und Spalten im Boden zusammengedrückt und die Luft aus dem Boden herausgepresst. Dadurch kann auch weniger Wasser ins



Nur bestimmte salzverträgliche Pflanzen können unter diesen Bedingungen überleben.





Erdreich einsickern. Die Verdichtung schränkt das Nährstoffangebot ein und ist eine Bedrohung für alle unterirdischen Bewohner.

**Versiegelung** – ein Begriff, der undurchlässige Schichten zwischen der oberirdischen und der unterirdischen Umgebung bezeichnet – erstickt das Bodenleben. Als Folge der Verstädterung und der weitverbreiteten Verwendung von Asphalt und Beton verursacht sie den Tod der meisten Bodenorganismen. Versiegelung führt zu Folgeschäden, indem Wasser vermehrt oberirdisch abfließt und in anderen Bereichen zu Erosion und Überflutung führt.

Da sich Städte häufig in der Nachbarschaft fruchtbarer Böden befinden, gehen durch Zersiedelung und Verstädterung der Landschaft wertvolle landwirtschaftliche Nutzflächen verloren. Durch den Erhalt naturnaher Flächen in Stadtgebieten und die Nutzung von Gründächern könnten die schlimmsten Folgen der Versiegelung zumindest etwas eingedämmt werden.

## Änderung der Landnutzung

Genauso wie eine Fabrik zur Herstellung von Blumentöpfen nicht über Nacht in eine Teppichfabrik verwandelt werden kann, brauchen ein Waldboden und seine Organismen, die sich von Blättern und holzhaltigen Abfällen ernähren, zur Umwandlung in Weideland viel Zeit.

Die verschiedenen Bodenarten weisen eine unterschiedliche Artenvielfalt auf, bei einigen Böden ist sie viel größer als bei anderen. Grünland und Waldflächen weisen häufig eine besonders hohe Artenvielfalt auf, deutlich mehr als unter Ackernutzung und in Stadtgebieten. Die Herausforderung besteht darin, jede Fläche in nachhaltiger Weise zu bewirtschaften, damit der Boden gesund bleibt.

- Grünland bildet 16% der Fläche der EU und begünstigt eine hohe Dichte von Nematoden, Mikroarthropoden sowie vielfältige und reichlich vorhandene Gemeinschaften von Regenwürmern.



## Wüsten auf dem Vormarsch

Wenn die Schädigung der Böden unumkehrbar wird, kommt es zur Wüstenbildung – ein Risiko insbesondere für Böden mit niedrigem Anteil an organischer Substanz. Normalerweise entstehen Wüsten durch die starke Erosionskraft von Wind und Wasser oder übermäßigen Salzgehalt, oder die Kombination dieser Faktoren. Auslöser können sowohl klimatische Bedingungen als auch menschliche Aktivitäten sein. Vegetationslosigkeit fördert vor allem die Erosion des Mutterbodens und nimmt dem Boden die Fähigkeit, Pflanzenwachstum zu unterstützen.

Wüstenbildung geht stufenweise vor sich. Zuerst werden Mutterboden, Pflanzen und Tiere in Mitleidenschaft gezogen, dann, mit zunehmender Erosion, verliert er seine Kraft zur Wiederherstellung seiner Fruchtbarkeit. Diese Abwärtsspirale hinterlässt schließlich unfruchtbare Landschaften, die für viele Generationen nicht mehr genutzt werden können.

- Wälder bedecken 35 % der europäischen Landfläche, ihre Böden zeichnen sich durch ausgedehnte Wurzelgeflechte und Deckschichten aus Laub aus und beherbergen häufig vielfältige Bodengemeinschaften.
- Ackerland bedeckt über ein Viertel der Fläche der EU, mit weniger günstigen Bedingungen für Bodenorganismen. Regelmäßiges Tiefpflügen, die Anwendung chemischer Düngemittel und Schädlingsbekämpfungsmittel, die Beseitigung

von Ernteabfällen, die unzureichende Wiederverwertung organischen Materials wie Dung sowie ungenügende Verwendung von Kompost entziehen der Fabrik Nahrung, verhindern gute Arbeitsbedingungen und rauben dem Boden stabilisierende und düngende Stoffe.

- Stadtgebiete machen rund 5 % der europäischen Landfläche aus und wachsen schneller als die Bevölkerung. Auf lokaler Ebene hat die biologische Vielfalt nicht nur mit Problemen durch Bodenversiegelung und -verdichtung zu kämpfen, sondern muss auch mit Luftverschmutzung, Schwermetallbelastung und höheren Temperaturen fertig werden. Die Verwendung von Chemikalien und nur begrenzt vorhandene organische Reststoffe auf Bodenoberflächen von Gärten und Parks beeinträchtigen die Biodiversität des Bodens.



Die Entwicklung der Landnutzung in Europa zeichnet im Hinblick auf die biologische Vielfalt des Bodens ein uneinheitliches Bild und weist sowohl gute als auch schlechte Aspekte auf. Während für die kommenden Jahrzehnte ein Rückgang ländlicher Gebiete und bis 2020 ein einprozentiges Wachstum städtischer Gebiete erwartet wird, schätzt man, dass bewaldete Flächen zwischen 2000 und 2020 um 5 % wachsen werden (einschließlich Monokulturen von niedrigem ökologischen Wert), während der organische Landbau, der die Biodiversität von Kulturlächen weniger belastet, langsam, aber stetig wächst.

## Klimawandel

Aller Voraussicht nach wird sich der Klimawandel auf Bodenorganismen entweder direkt durch Veränderung ihres Lebensraums und Nahrungsangebots auswirken, oder indirekt durch Zunahme von Erosion, Trockenperioden, Waldbränden usw.



- Kohlenstoff-Speicherung und Klimaregulierung: Höhere Temperaturen können zu einem schnelleren Abbau organischer Bodensubstanz und somit zu einer beschleunigten Freisetzung von Kohlendioxid in die Atmosphäre beitragen. Dies wiederum führt zu weiterem Temperaturanstieg.
- Nährstoffkreislauf und Fruchtbarkeit: Veränderungen von Kohlendioxid-Konzentration, Temperatur und Niederschlag wirken sich auf das Angebot an Bodennährstoffen aus. Durch die Erwärmung wird mehr Stickstoff verfügbar, während eine Verbindung von Erwärmung und höheren Niederschlägen nachweislich die Anzahl bestimmter Bodenbakterien reduzieren kann.
- Wasserregulierung: Temperatur- und Niederschlagsschwankungen können auch Bodenstruktur und Säuregehalt (pH-Wert) beeinflussen. Dies wiederum verändert die Fähigkeit des Bodens, Wasser aufzunehmen und zu speichern und bodenlebende Organismen zu versorgen. Viele Arten von Bodenorganismen – Bakterien, die in wassergefüllten Bodenporen leben, oder Regenwürmer – reagieren äußerst empfindlich auf die Verfügbarkeit von Wasser.
- Schädlingsbekämpfung: Je artenreicher die Bodengemeinschaft, desto besser können Schädlinge bekämpft werden. Wenn voneinander abhängige Arten ähnlich empfindlich auf Klimaveränderungen reagieren, bleibt das Gleichgewicht gewahrt, wenn nicht, wird das Gleichgewicht gestört. Veränderungen des Klimasystems werden bestimmte Arten sicherlich stärker beeinflussen als andere, was sich auf die Fähigkeit der Bodengemeinschaft zur Bekämpfung von Schädlingen auswirken dürfte. Schädlinge können Bakterien sein, Pilze, Nematoden, Insekten oder invasive exotische Pflanzen, Mikroben und wirbellose Tiere; generell begünstigen warme Temperaturen Schädlingsinsekten.



## Biodiversität des Bodens durch Landwirtschaft

Als „Treuhand“ eines großen Teils der Bodenflächen können Landwirte für den Schutz der biologischen Vielfalt des Bodens eine entscheidende Rolle spielen, da ihre Wahl der Geräte und Methoden einen erheblichen Einfluss auf die Fabrik des Lebens ausübt.

Mulchen – das Bedecken des Bodens etwa mit Ernterückständen oder Kompost – trägt dazu bei, Wärme und Feuchtigkeit im Boden zu speichern und Erosion zu verhindern. Mulch kann von Bodenorganismen zerkleinert werden und hilft bei der Stabilisierung und Strukturierung der unterirdischen Fabrik – und erhält die Mikroorganismen.

Das Einbringen von gut verrotteten organischen Rückständen (Dung oder Kompost) in den Boden versorgt Bodenorganismen mit Nährstoffen und bietet Ökosystemingenieuren wie den Regenwürmern eine gute Bodenstruktur.

In der Landwirtschaft eingesetzte Chemikalien wie Pflanzenschutz- und Düngemittel können das empfindliche Gleichgewicht im Boden stören, weil sie von einigen Organismen besser vertragen werden als von anderen. Dadurch

werden die vielfältigen Funktionen des Bodens, etwa seine Speicherfähigkeit für Kohlendioxid oder Wasser, beeinträchtigt.

Auch die Wahl der Nutzpflanzen ist wichtig. Hülsenfrüchte wie Erbsen und Bohnen wirken durch Stickstoffbindung im Boden als natürlicher Dünger. Andere Pflanzenarten entziehen dem Boden nur Nährstoffe und können, wenn sie in Folge angebaut werden, die Bodenstruktur verschlechtern und dessen organische Substanz auszehren. Regelmäßiger Fruchtwechsel dagegen kann die Bildung von Krankheitserregern und Schädlingen verhindern helfen und dient dem Erhalt von Nährstoffen im Boden.

Gleichzeitig können Feldränder und -raine so bewirtschaftet werden, dass sie die biologische Vielfalt fördern. Hecken und Grasstreifen um die Felder herum schaffen dauerhafte Lebensräume und die Nahrungsgrundlage für Lebewesen, die mit ihrem Beitrag zur Schaffung einer guten Bodenstruktur und damit einem artenreichen Lebensraum auch zur Unterdrückung von Schädlingsausbrüchen beitragen.

## Weitere Bedrohungen

**Chemikalien** können durch ihre giftige Wirkung unmittelbar die Fortpflanzungsfähigkeit von Bodenorganismen und sogar ihren Fortbestand gefährden oder sie auf indirekte Weise durch Verseuchung der Nahrung und des Lebensraumes beeinträchtigen. Ihre Auswirkungen können von unterschiedlicher Art – entweder nur einzelne oder viele Organismen betreffend – und Dauer sein.

Da sie auf verschiedene Arten unterschiedlich einwirken, können sie das Zusammenspiel innerhalb und zwischen den Klassen von Bodenorganismen stören.

Mikroorganismen, die Arbeiter in der Fabrik des Lebens, vermehren sich sehr schnell und sind in der Lage, durch natürliche Auslese Resistenzen gegen Gifte zu entwickeln oder Chemikalien sogar in weniger giftige Bestandteile umzuwandeln.

Biologische Regulatoren dagegen werden erwiesenermaßen in Mitleidenschaft gezogen, wenn sie Industriechemikalien wie Schwermetallen und Kraftstoffverunreinigungen ausgesetzt sind. Einige Ökosystemingenieure, wie etwa Regenwürmer, reagieren äußerst empfindlich auf Schadstoffe. Ameisen und Termiten hingegen sind widerstandsfähiger. Der Grund dafür liegt wahrscheinlich in den großen Mengen an Bodenmasse, die Würmer





aufnehmen, und der hohen Wasserdurchlässigkeit ihrer Haut. Cadmium, ein Metall, das in einigen Düngemitteln vorkommt, kann für Regenwürmer äußerst giftig und schon in geringen Dosen tödlich sein.

**Gentechnisch modifizierte Organismen** (GMO) können Auswirkungen auf die biologische Vielfalt des Bodens haben und die genetische Widerstandsfähigkeit der Schädlingsarten fördern, gegen die sie entwickelt wurden. Sie greifen in die Struktur und Wirksamkeit von Bakterien im Boden ein und beeinträchtigen die Fähigkeit des Bodens, organisches Material abzubauen.

**Invasive Arten** stören die Prozesse im Boden und sind ein sehr teures Ärgernis: die von ihnen verursachten jährlichen Schäden in Europa gehen in die Milliarden.

Im Boden sind invasive Pflanzen gegenüber Wurzelfressern und bodenbürtigen Krankheitserregern oft widerstandsfähiger als einheimische, wodurch sie sich besser ausbreiten können.

Die biologische Vielfalt des Bodens kann jedoch zu Bekämpfung invasiver Arten beitragen. Je reichhaltiger und vielfältiger die Biodiversität eines Bodens ist, desto größer ist die Widerstandsfähigkeit gegenüber den Eindringlingen.



**GMOs könnten die nützlichen Aktivitäten von Bakterien stören.**

## Hilfe beim Schutz der Biodiversität des Bodens

Der Zusammenbruch der Fabrik des Lebens hat verarmte Böden und die unwiederbringliche Verarmung der ganzen Gemeinschaft zur Folge, ohne Aussicht auf eine Wiederherstellung dieser komplexen Organisation.

Obwohl die Spuren der Bodenverschlechterung seit geraumer Zeit immer offensichtlicher werden, bleiben wir untätig und sehen zu, wie der Fabrik des Bodens die Luft ausgeht, weil ihre Strukturen verfallen, immer weniger Arbeitskräfte zur täglichen Arbeit erscheinen und die Produktionsleistung sinkt.

Die EU-Mitgliedstaaten haben sich bislang nicht darauf einigen können, wie diese Grundlage unseres Wohlergehens und unserer künftigen Entwicklung bewahrt werden soll. Selbst bei den aktuellen Anstrengungen zum Erhalt der biologischen Vielfalt bleibt der Lebensraum Boden weitgehend unberücksichtigt.

Für den Schutz des Bodens könnte eine kürzlich ins Leben gerufene Initiative von entscheidender Bedeutung sein: Ziel der von der Europäischen Kommission 2006 vorgeschlagenen **Bodenrahmenrichtlinie** ist die Einführung einer gemeinsamen europäischen Gesetzesgrundlage zum Schutz und zur nachhaltigen Nutzung des Bodens, wobei die Art der Umsetzung den Mitgliedstaaten weitgehend freigestellt ist. Die vorgeschlagene Richtlinie befasst sich zwar nicht unmittelbar mit der Biodiversität des Bodens, ihr wird aber eine entscheidende Rolle bei deren Schutz zugeschrieben, und zwar durch Bekämpfung der Hauptursachen der Bodenverschlechterung – Erosion, Versiegelung, Kontamination und Rückgang organischer Substanz. Voraussetzung dafür ist jedoch eine entsprechende Einigung auf Ebene der europäischen Minister, und diese steht immer noch aus.

Weitere Politiken und Initiativen der EU tragen ebenfalls zum Schutz des Bodens bei, auch wenn ihr Schwerpunkt nicht in erster Linie daraufhin ausgerichtet ist. Zu den wichtigsten zählen:

- Natura 2000, das im Rahmen der Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie zum Schutz von Lebensräumen und bedrohten Arten geschaffene Netzwerk von Schutzgebieten. Schutzgebiete weisen in der Regel eine größere biologische Vielfalt in ihren Böden auf.
- LIFE, das Finanzierungsinstrument der EU zur Unterstützung von Naturschutzprojekten. Einige Projekte befassen sich mit der Biodiversität des Bodens.
- Die Richtlinie zum Einsatz von Pflanzenschutzmitteln sowie die Nitrat- und die Klärschlamm-Richtlinie, die sich alle mit in der Landwirtschaft eingesetzten, potenziell schädlichen Produkten und Verfahren befassen.
- Die Gemeinsame Agrarpolitik (GAP), in deren Rahmen Landwirte, die Beihilfen erhalten, verpflichtet werden, bei der Landbewirtschaftung bestimmte Umweltmaßnahmen durchzuführen.
- Der Waldaktionsplan der EU mit dem Ziel, die durch veränderte Landnutzung, Erosion, Waldbrände und Erdbeben verursachte Bodenverschlechterung zu verhindern.
- Die Wasserrahmenrichtlinie in ihrer Ausrichtung zur Verringerung und Vorbeugung von Verschmutzungen und zum Schutz der Gewässer.
- Die Abfallrahmenrichtlinie und die Deponierichtlinie, die die Mitgliedstaaten zur Minderung der Auswirkungen von Abfall auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt verpflichten.
- Die Verordnung zum organischen Landbau als Rahmen für eine ökologische Landwirtschaft, die biologische Vielfalt und Umweltschutz stärker in den Mittelpunkt rückt.



### „Aus den Augen, aus dem Sinn“

Obgleich Bodenorganismen rund ein Viertel der gesamten biologischen Vielfalt auf der Erde ausmachen, bleiben sie bei den Naturschutzanstrengungen weitgehend unberücksichtigt. Im Rahmen von CITES, dem internationalen Übereinkommen zum Handel mit bedrohten Arten, wurden weltweit nur acht bodenlebende Arten (drei Skorpionarten, vier Arten von Vogelspinnen und eine Käferart) unter Schutz gestellt. Dies liegt nicht daran, dass Bodenlebewesen nicht bedroht sind, sondern an ihrem geringen Bekanntheitsgrad und der Komplexität ihres Lebensraumes und ihrer Lebensweise.

Bodenlebewesen sind ganz einfach „aus den Augen, aus dem Sinn“. Aber Schritte zu ihrem Schutz können in zweifacher Hinsicht Nutzen bringen: während Maßnahmen zum Schutz der auf dem Boden lebenden Arten nicht zwangsläufig die unterirdische Artenvielfalt unterstützen, bietet der Schutz der Bodengemeinschaften gute Aussichten, auch die uns bekannteren bedrohten Pflanzen und Tiere auf dem Boden zu schützen. Politische Maßnahmen, die die biologische Vielfalt des Bodens entweder direkt ansprechen oder indirekt durch den Schutz ihrer Umwelt, könnten daher weitaus größere Auswirkungen haben als angenommen.

# Was können wir zum Schutz der biologischen Vielfalt des Bodens sonst noch tun?

*Was können wir mit Blick auf die Zukunft tun, um die Fabrik des Lebens vor den schlimmsten Auswirkungen unserer Aktivitäten zu schützen?*

Angesichts der Komplexität der Biodiversität des Bodens und der Bedrohung, der sie ausgesetzt ist, müssen wir uns den Herausforderungen auf drei wichtigen Ebenen stellen. Wir müssen den verbreiteten Mangel an Wissen darüber, was unter unseren Füßen eigentlich vor sich geht, beseitigen. Dazu ist die Unterstützung der Forschung erforderlich. Und wir brauchen eine Politik, die den Schutz des Bodens und dessen biologischer Vielfalt im Besonderen Rechnung trägt.

Die Kenntnisse über das Leben im Boden sollten bei politischen Entscheidungsträgern, Naturschützern ebenso wie in der breiteren Öffentlichkeit verbessert werden, ist er doch Heimat und Arbeitsplatz einer großen Gemeinschaft von Lebensformen. Wir streifen Boden als Aergernis von unseren Schuhen ab und betrachten ihn meist nur im Hinblick auf seine physikalischen und chemischen Eigenschaften, nicht jedoch wegen seiner biologischen Merkmale. In diesem Internationalen Jahr der biologischen Vielfalt und darüber hinaus bietet sich eine großartige Gelegenheit, die grundlegende Bedeutung der Biodiversität des Bodens für den Erhalt allen irdischen Lebens hervorzuheben.

Gleichzeitig müssen wir mehr darüber erfahren, wie das Leben im Boden funktioniert. Gegenwärtig sind lediglich 1 % der Bakterien und Pilzarten bekannt, im Vergleich zu über 80 % der Pflanzen. Wir kennen nicht einmal 2 % der Nematoden, und nur 4 % der Milben. Wie sollen wir ohne genaue Kenntnis darüber, welche Lebewesen unter uns im Boden existieren, deren Rolle für den Erhalt eines intakten Bodens verstehen? Je mehr wir wissen, desto besser können wir Entwicklungen abschätzen und Maßnahmen zur Abhilfe ergreifen. Trotz aller Forschung gibt es bis heute kein standardisiertes System, das den Vergleich von Böden in unterschiedlichen Lagen sowie über längere Zeiträume zulässt. Ein solches System könnte die Grundlage für Langzeitbeobachtungen darstellen, wie sie zur Bewertung der Luft- und Wasserqualität bereits praktiziert werden. Inzwischen sind Fortschritte zu verzeichnen: Im Rahmen von ENVASSO (Environmental

Assessment of Soil for Monitoring), einem Forschungsprogramm zur Entwicklung eines Systems der Bodenbewertung und -beobachtung, sind die Bausteine für das erste umfassende, harmonisierte europäische Bodeninformationssystem vorgeschlagen worden.

Im Hinblick auf die Politik würde die Annahme der vorgeschlagenen Rahmenrichtlinie zum Bodenschutz die Bodenbedingungen – einschließlich des Lebens im Boden – europaweit verbessern. Und die Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie der EU könnte hinsichtlich einer stärkeren Berücksichtigung der Biodiversität des Bodens verbessert werden. In anderen Politikbereichen könnte die Integration verschiedener Sektoren, zum Beispiel von Landwirtschaft und Umwelt, verstärkt werden.

Soviel steht fest: eine umfassendere Einbeziehung unterirdischer Lebensräume in Gesetzgebung und Forschung kann sicher dazu beitragen, die Fabrik des Lebens stärker ins Bewusstsein zu rücken. Dies ist vielleicht die beste Gelegenheit, die sich uns bietet, um sie für die Zukunft zu erhalten.



**Unsere Zukunft hängt vom Schutz der Böden unter unseren Füßen ab.**



# Weitere Informationen zur biologischen Vielfalt des Bodens

---

## **Generaldirektion Umwelt der Europäischen Kommission**

[http://ec.europa.eu/environment/soil/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/soil/index_en.htm)

## **Generaldirektion Gemeinsame Forschungsstelle der Europäischen Kommission**

<http://eussoils.jrc.ec.europa.eu>

## **Bericht „Biodiversität des Bodens:**

### **Funktion, Bedrohungen und Instrumente für Entscheidungsträger“**

<http://ec.europa.eu/environment/soil/biodiversity.htm>

## **Europa-Atlas Biodiversität des Bodens**

[http://eussoils.jrc.ec.europa.eu/library/maps/biodiversity\\_atlas](http://eussoils.jrc.ec.europa.eu/library/maps/biodiversity_atlas)

## **Europäischer Bodenatlas**

[http://eussoils.jrc.ec.europa.eu/projects/soil\\_atlas/index.html](http://eussoils.jrc.ec.europa.eu/projects/soil_atlas/index.html)

## **Übereinkommen über die biologische Vielfalt**

<http://www.cbd.int>

## **Portal Biodiversität der FAO**

<http://www.fao.org/nr/land/sustainable-land-management/soil-biodiversity/en>

## **Internationales Bodeninformationszentrum**

<http://www.isric.org>

## **Weltbodenkarte**

<http://globalsoilmap.net>

Europäische Kommission

## **Die Fabrik des Lebens. Weshalb die biologische Vielfalt in unseren Böden so wichtig ist**

Luxemburg: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union

2010 — 20 S. — 21 x 21 cm

ISBN 978-92-79-14997-9

doi 10.2779/1687

Exemplare dieser Veröffentlichung sind solange der Vorrat reicht kostenfrei erhältlich bei:

Europäische Kommission

Generaldirektion Umwelt

Informationszentrum (BU-9 0/11)

B-1049 Brüssel

**<http://bookshop.eu/>**

### **Bildnachweis:**

Titelseite: JRC, D. Creutzberg

In den Kreisen, von links nach rechts:

Pantoffeltierchen (*Paramecium aurelia*) – Josh Grosse;

Samtmilbe (*Trombidium*) – Olaf Leillinger;

Pseudoskorpion (*Chelifer cancroides*) – Christian Fischer;

Regenwurm – iStockphoto; Maulwurf – iStockphoto

S. 4: JRC, D. Creutzberg

S. 6: Paul Henning Krogh, Eric Steinert

S. 7: Getty Images

S. 8: SCRI

S. 9: Getty Images; William Vann/EduPic

S. 10: Scott Robinson

S. 11: Karl Ritz; SCRI

S. 12: Jan Mourek; iStockphoto

S. 13: Erika Micheli

S. 15: Photodisc; iStockphoto

S. 16: Getty Images

S. 17: iStockphoto; Getty Images

S. 18: Scott Robinson

S. 19: Getty Images



Amt für Veröffentlichungen

ISBN 978-92-79-14997-9



9 789279 149979