

INA SPERL

A detailed cross-section of soil. The top layer shows green grass and yellow wildflowers against a clear blue sky. Below the surface, the soil is dark brown and rich. Numerous plant roots of various sizes extend from the surface down into the soil. Several earthworms are visible, some in the process of creating tunnels. Other small soil organisms, like beetles and larvae, are also present. The overall scene illustrates the hidden life and structure of the soil.

DER BODEN

Das verborgene Universum
zu unseren Füßen

G|U

INHALT



6 Vorwort

8 DAS UNBEKANNTE UNIVERSUM

- 10 Boden ist vielschichtig: Er hat ganz unterschiedliche Funktionen
- 11 Ressource und Denkmal
- 16 Boden verändert sich
- 17 Geologischer Ursprung
- 19 Horizonte unter der Erde: die Bodentypen
- 24 Körnchen und Partikel: die Bodenarten
- 26 Fruchtbar machende Elemente
- 27 Mineralische Komplexe
- 32 Boden ist lebendig: die Helden des Edaphons
- 33 Jedes hat seine Aufgabe
- 35 Von der Alge bis zum Tausendfüßer
- 38 **Experten-Wissen:** Unsichtbare Netzwerke
- 46 Der Regenwurm
- 50 **Exkurs:** Idyll und Schrecken unter unseren Füßen

- 52 Boden ist wertvoll: Die Grundlage jeden Lebens auf der Erde
- 53 Land Grabbing
- 56 **Exkurs:** Kohlenstoff

60 MENSCHENGEMACHTE ERDE

- 62 Nahrung, Wasser und Energie: Boden ist das wertvollste Gut
- 63 Das tägliche Brot
- 70 Wie sieht der Boden aus?
- 76 **Experten-Wissen:** Bodenleben fördern
- 80 Schwarzes Gold: der Humus
- 81 Beurteilung eines Bodens
- 84 **Experten-Wissen:** Humus aufbauen
- 86 Das Dilemma der Landwirtschaft
- 88 **Experten-Wissen:** Ökolandbau
- 91 Erosion: ein weltweites Problem
- 94 **Exkurs:** Menschen zerstören Lebensraum
- 98 Boden ist unter unserer Füßen: als Pflaster, Autobahn, Waldweg
- 101 Das 30-Hektar-Ziel
- 102 **Experten-Wissen:** Versiegelung
- 104 Erholung am Haus: der Privatgarten
- 107 Die grüne Lunge: der Wald und sein Boden



- 114 Wertvolle Ausnahmen: Heide und Moor
- 115 Naturschutzgebiete
- 118 Alte Lasten
- 120 **Exkurs:** Fracking
- 122 Boden ist Teil der Welt: Globale Veränderungen wirken sich aus
- 123 Aktuelle Forschung
- 127 Zerstörte Lebensräume
- 129 Boden ist schützenswert
- 132 **Exkurs:** Terra Preta

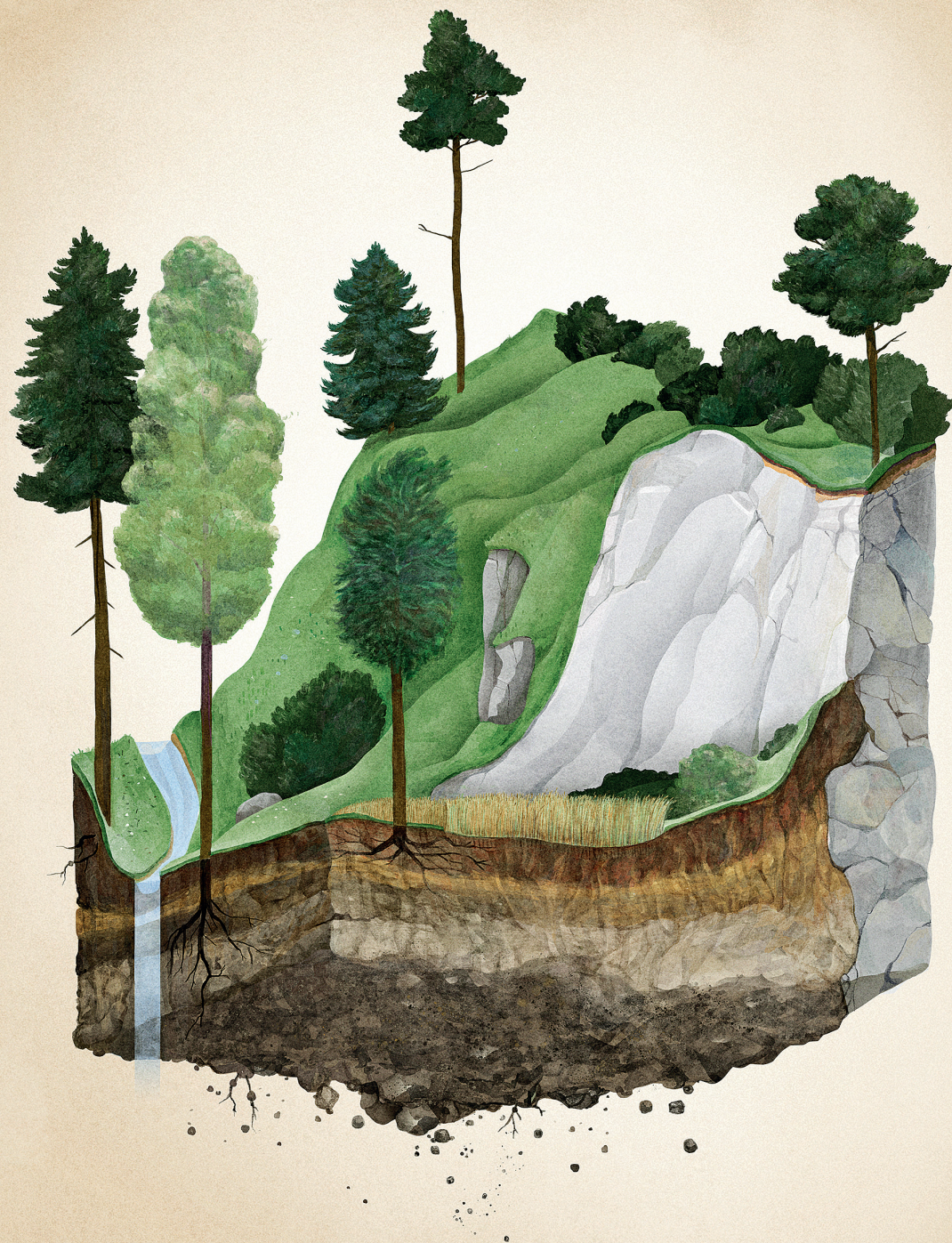
136 DIE EIGENE SCHOLLE

- 138 Sandig, tonig, trocken, feucht: Jeder Boden ist anders
- 139 Welchen Boden habe ich?
- 141 Düngen – was braucht der Boden, was die Pflanze?
- 147 Umgraben oder nicht?
- 152 **Experten-Wissen:** Gärtnern ohne Umgraben
- 154 Die Gartenerde nachhaltig verbessern
- 154 Der Kompost
- 160 Mulch und Flächenkompostierung

- 161 Jauche
- 162 Gründüngung
- 168 Fruchtfolge
- 171 Mischkultur
- 172 Bodenschutz im Garten
- 174 **Exkurs:** Das Prinzip der Permakultur
- 177 **Exkurs:** Masanobu Fukuoka

- 178 Nachwort
- 182 Service
- 184 Register
- 190 Bildnachweis, Dank
- 192 Impressum





DAS UNBEKANNTE UNIVERSUM

WAS IST BODEN?



Er trägt Menschen und Häuser. Autos fahren auf ihm, Bäume wurzeln in ihm. Auf weiten Flächen werden verschiedene Getreide angebaut und Wälder gehegt, kleinere Flächen wiederum als Garten intensiv gepflegt. Besonders wertvoll scheint der Boden als Baugrund in der Stadt. Seine wahre Bedeutung ist jedoch unbezahlbar.

BODEN IST VIELSCHICHTIG: ER HAT GANZ UNTERSCHIEDLICHE FUNKTIONEN



3,6 MILLIARDEN

In einem Teelöffel voller Gartenerde tummeln sich unvorstellbar viele Bakterien. Sie sind mit bloßem Auge nicht zu erkennen.



BODEN IST WANDEL

Auch wenn er statisch scheint, verändert er sich ständig. Wind und Regen tragen ihn ab, organisches Material wird zu neuem Humus

EIN TEELÖFFEL VOLL Erde. Schwerer als gedacht. Sechs Gramm bringen die braunen Krümel auf die Waage. Die Erde duftet leicht moderig, nach Vergänglichkeit, aber auch nach Wachstum. Sandkörnchen befinden sich darin und kleine Pflanzenstücke, einen Zentimeter lange Halme und Teile von Blättchen, schon braun und weich, im Vergehen begriffen. Zwischen den Fingern lässt sich die Erde zusammendrücken, die Klümpchen kleben aneinander wie trockener Kuchenteig und färben die Finger braun. Partikel, die sich unter die Fingernägel setzen, lassen sich nur schwer wieder wegbürsten. Das Häufchen Erde sieht unbelebt aus. Doch der Eindruck täuscht – auch wenn kein Wurm, keine Assel und kein Springschwanz mit auf den Teelöffel gekommen sind. In diesen sechs Gramm

ist unvorstellbar viel Leben. Gut, dass menschliche Augen nicht alles sehen können, denn unser Hirn wäre heillos überfordert: Rund 3,6 Milliarden Bakterien tummeln sich in diesen Klümpchen – 600 Millionen pro Gramm Erde. Bakterien, die dazu beitragen, dass der Boden fruchtbar ist. Winzige Bodenalgen leben in einer Gemeinschaft mit ihnen und auch unsichtbare Pilzfäden durchziehen die Krümel.

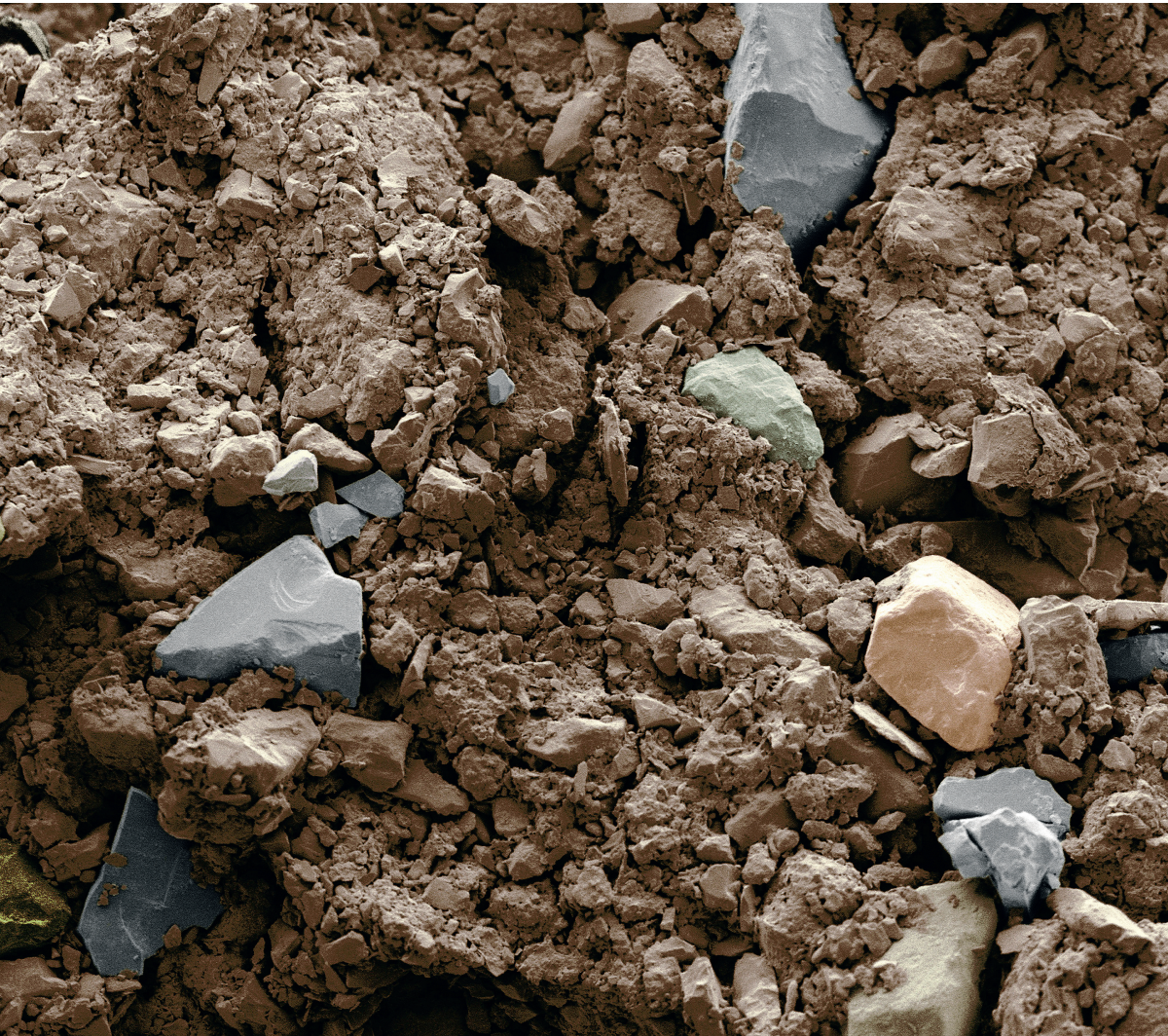
Der Boden unter unseren Füßen lebt. Wer nicht gärtner, nimmt das kaum wahr. Aber auch wer regelmäßig mit Erde zu tun hat, Gemüse anbaut, Bäume pflanzt oder Häuser baut, erhascht nur einen kleinen Einblick in dieses unbekannte Universum. Da springen winzige Tiere weg, Würmer winden sich, Asseln laufen behände unter einen Stein. Gräbt man tiefer, fallen die Schichten auf. Unter dem dunklen Humus-Horizont wird es gelb und lehmig, grau und steinig oder sandig-porös. Noch tiefer liegt das Gestein, aus dem sich der Boden gebildet hat. Ein solcher Querschnitt zeigt, wie dünn die fruchtbare Schicht ist. Manchmal kaum mehr als eine Handbreit Humus, in dem Pflanzen wurzeln können. Im Vergleich zum Durchmesser der Erdkugel ist die Hülle, von der alles Leben abhängt, hauchdünn.

Dennoch wird der Boden als selbstverständlich hingenommen. Er ist da, trägt Menschen und Häuser. Autos fahren auf ihm, Weizen und Bäume wurzeln in ihm. Keller sind vom Erdreich umgeben, Tunnel führen mitten durch ihn hindurch.

RESSOURCE UND DENKMAL

Für die Landwirtschaft ist Boden eine Ressource. Wertvoll ist hier die fruchtbare Erde: dicker Mutterboden mit viel Humus, der dem Weizen die Nahrung zum Wachsen gibt und Kohlköpfe groß werden lässt. Die Erde muss Ertrag bringen, denn von der erwirtschafteten Summe pro Hektar lebt der Betrieb. Je nach Lage und Beschaffenheit kann dieser Wert ganz unterschiedlich ausfallen. So hatte ein Hektar landwirtschaftlich genutzte Fläche im Saarland 2017 einen Kaufwert von 10 000 Euro, in Bayern von mehr als 60 000 Euro.

Künftig dürfte sich der Wert des landwirtschaftlich nutzbaren Bodens vervielfachen. Denn kaum mehr als ein Drittel der Erdoberfläche, die nicht von Wasser



← Gartenerde in
Großaufnahme: Unter
dem Elektronenmik-
roskop wirken selbst
feinste Partikel wie
Steine. Mit dem bloßen
Auge wären sie nicht
zu erkennen.

speichern sie Wasser. Gemeinsam mit Huminstoffen werden sie zu Ton-Humus-Komplexen: krümeligen Verbindungen, die sowohl organische als auch mineralische Stoffe enthalten. Ton-Humus-Komplexe sind reich an Kalium, Kalzium, Magnesium und Phosphat.

Wie gut die Nährstoffe tatsächlich verfügbar für die Pflanzen sind, hängt vom Wassergehalt und vom pH-Wert des Bodens ab. Bei sehr hohen und sehr niedrigen pH-Werten sind viele Elemente gebunden und nicht in löslicher Form vorhanden. Als ideal gelten neutrale Böden mit einem pH-Wert von 6,5 bis 7,5: hier sind Kalzium, Magnesium, Kalium und Stickstoff, aber auch Schwefel nutzbar. Ist der Boden eher sauer, wird er bestimmt durch Aluminium, Kupfer, Zink oder Eisen, ist er basisch, durch Kalium, Molybdän und Schwefel.

Die Elemente im Boden beeinflussen sich aber auch gegenseitig. Das haben die US-amerikanischen Wissenschaftler William Albrecht und Neal Kinsey erforscht. Sind zu viel Phosphor oder Kalzium im Boden, wird zum Beispiel die Aufnahme von Zink vermindert. Magnesium beeinträchtigt wiederum die Verfügbarkeit von Kalzium und Phosphor. Ist viel Zink in der Erde, kann Eisen nicht aufgenommen werden. Dieses Wissen wird in der Landwirtschaft nicht immer berücksichtigt.

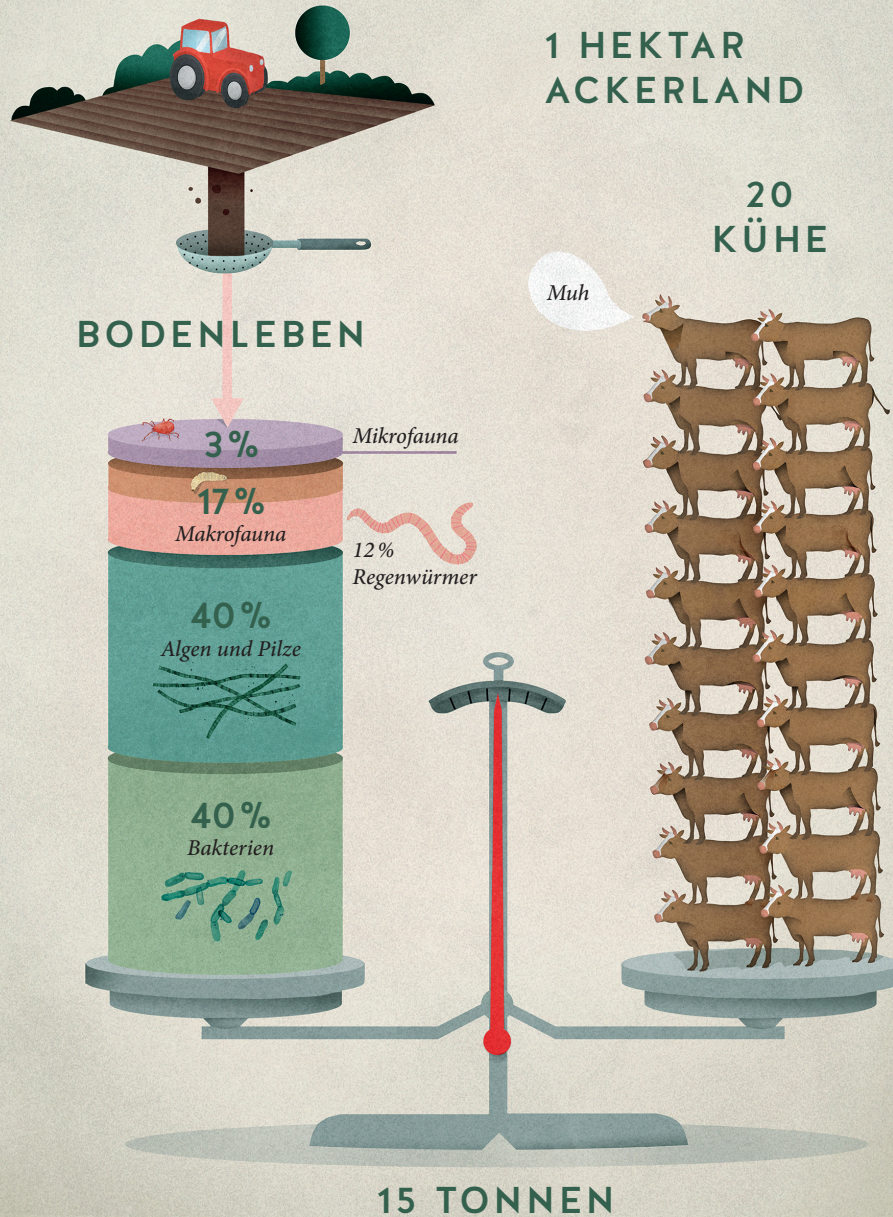
Während die meisten Pflanzen gut mit neutralen Böden zurechtkommen, mögen Heidelbeeren und Rhododendron sauren Boden. Dagegen können sie auf basischem, kalkhaltigem Boden wie Kalkmergel nicht gedeihen. Umgekehrt vertragen Weizen, Luzerne und Ackerbohnen zum Beispiel keine Säure und wachsen auf Podsol oder im Hochmoor nicht. Sie gedeihen auf den fruchtbaren Braun- und Schwarzerden, die in den neutralen Bereich fallen.



DIE BAKTERIEN

Sie kommen in großen Mengen in der Erde vor, wo sie vor allem eines tun: zersetzen. Organisches Material, aber auch Ausscheidungen anderer Tiere werden verwertet. Das dabei frei werdende Kohlendioxid und Wasser können wiederum Pflanzen nutzen.

DURCHSCHNITTLLICHES LEBENDGEWICHT PRO HEKTAR ACKERLAND



BODEN IST LEBENDIG: DIE HELDEN DES EDAPHONS

Jeder Organismus, der in der Erde lebt, hat seinen festen Platz im Beziehungsgefüge und trägt dazu bei, den Boden in seinem Zustand zu erhalten. Es sind vorwiegend Bakterien und Pilze, aber auch Einzeller, die es möglich machen, dass Pflanzen diese Nährstoffe nutzen können. Manche bleiben an Ort und Stelle, weil sie Partikeln anhaften, andere bewegen sich durch die Poren. Sie sind für die gute Durchmischung der mineralischen und organischen Bodenbestandteile zuständig, die sogenannte Bioturbation. Kleine und große Tiere tragen auf ihre Weise dazu bei, ob der Maulwurf, der Erde verwühlt, Regenwürmer, Ameisen oder Milben.

Vom Standort, von der Feuchtigkeit, Bearbeitung und Belastung mit Schadstoffen hängt es ab, wie belebt der Boden ist. Aber auch die Jahreszeiten machen einen Unterschied. Bei Frost und Trockenheit versiegt das Bodenleben, doch wenn der Boden im Frühjahr und Herbst feucht ist, wimmelt es vor Organismen. Ob groß wie ein Käfer oder klein wie eine Bakterie – sie alle tragen dazu bei, dass der Boden ist, was er ist: eine lebendige Ressource.

VON DER ALGE BIS ZUM TAUSENDFÜSSER

Algen, Pilze, aber auch Bakterien und Wurzeln oberirdischer Pflanzen bilden die Bodenflora. Sie machen 80 bis 90 Prozent allen Lebens in der Erde aus. Einzeller, Fadenwürmer, Ringelwürmer, Weichtiere und Gliederfüßer wiederum gehören zur Bodenfauna. Während größere wie Regenwürmer sich Platz schaffen, indem sie einen Gang graben, nutzen Bakterien, Algen und Einzeller den vorhandenen Raum und vor allem die Poren in der Erde. Hier findet das meiste Leben statt. Die Kleinsten haften sich an Bodenpartikel an, um die gebundenen Nährstoffe besser nutzen zu können. Sie leben auch in den Biofilmen, feinen schleimigen Schichten, die die

Partikel umgeben. Diese Mikroorganismen sind meist untrennbar mit den Partikeln verbunden und genau das ist es, was die Erde ausmacht im Gegensatz zum toten Mineral.

Bakterien und Pilze bestimmen den allergrößten Teil des Bodenlebens. Karge Böden werden vor allem von Bakterien

← Viel Leben verbirgt sich in einem Hektar Ackerland. Nicht nur Regenwürmer tummeln sich darin, sondern auch, vor dem menschlichen Auge verborgen, Kleinstlebewesen.



EXPERTEN
WISSEN

UNSICHTBARE NETZWERKE
DR. MARTIN SCHÄDLER, HELMHOLTZ-
ZENTRUM FÜR UMWELTFORSCHUNG

»PILZE UND PFLANZEN PROFITIEREN VONEINANDER«

Das Bodenleben ist sehr komplex. Der Artenreichtum und der Reichtum an Funktionen – was die Organismen Unterschiedliches machen – ist im Boden deutlich höher als oberirdisch. Es gibt den alten Spruch »Der Boden ist der Regenwald des kleinen Mannes«. Das heißt: Wer richtig komplexe Nahrungsnetze, komplexe Diversitätsmuster – also größtmögliche Vielfalt – sehen will, muss entweder in den Regenwald gehen oder in den Boden schauen. Gleichzeitig ist der Boden ein empfindliches Netz aus Nahrungsketten, das umso besser ausgebildet ist, je mehr es in Ruhe gelassen wird. Mit jeder Bodenbewirtschaftung störe ich Interaktionen. Denn die Schichtung im Boden hat ihren Sinn. Die Bereiche haben zum Beispiel unterschiedlichen Sauerstoffgehalt. Es gibt Bakterien, die Stickstoff fixieren, aber sauerstoffempfindlich sind, daher leben sie weiter unten im Boden. Pflügen und mechanische Bodenbearbeitung bringt unnötigerweise etwas durcheinander, das gut funktioniert und sich selbst reguliert.

Der konventionelle Landwirt füttert die Pflanze: Er steckt sie in den Boden, damit sie irgendwo wächst, und düngt sie. Jahrzehntelang wurde nicht beachtet, dass Humus aufgebaut werden muss. Früher hat man eine Brache dazwischengeschaltet, das sogenannte Ausruhen. Das findet aus wirtschaftlichen Gründen heute nicht mehr statt. Der Ökolandwirt aber füt-

UNSICHTBARE NETZWERKE

tert nicht die Pflanzen, er produziert fruchtbaren Boden – mit Humus und Lebewesen, über die wir sehr wenig wissen.

Mykorrhiza zum Beispiel ist eine Symbiose von Pilz und Pflanze. Die Pilze bringen der Pflanze Wasser und Nährstoffe und erhalten dafür Zucker, den sie über die Wurzeln ausscheidet. Darüber hinaus geschieht noch mehr. Die ganze Abwehr von Schadinsekten ist viel intensiver, wenn ein Mykorrhizapilz vorhanden ist. Sobald die Mykorrhiza andockt, gehen viele Abwehrgene der Pflanze auf Alarm. Kommt dann ein Insekt, kann sie ganz schnell reagieren.

Das Pilzgeflecht im Boden wird aber durch mechanische Störungen extrem beansprucht, und auch durch die mineralische Düngung. Wenn die Pflanze Nährstoffe über den Dünger erhält, merkt sie genau: Das, was ich von den Mykorrhizapilzen bekomme, brauche ich gar nicht. Warum soll ich sie also noch mit Zucker füttern? So ergibt sich – durch die mineralische Düngung und die Bodenbearbeitung – eine Abwärtsspirale. Die Pilze werden von der Pflanze nicht mehr gefördert, es tritt eine Verarmung ein. Früher dachte man immer, Mikroorganismen wie die Mykorrhizapilze sind überall. Aber inzwischen gibt es schon Präparate zu kaufen, mit denen man verarmte Böden mit den Pilzen impfen kann.

Alles, was die Bodenlebewesen machen, hat einen Sinn. Jede Art hat ihre Funktion. Zusammen ermöglichen sie ein funktionierendes, sich selbst regulierendes System, das Pflanzenwachstum garantiert. Anstatt sie zu stören: Warum nicht diese Mechanismen, die kostenlos von der Natur bereitgestellt werden, nutzen?



Der Goldröhrling lebt in der Nähe von Lärchen, mit denen er eine Symbiose eingeht.

DER BODEN

ist unsere wertvollste Ressource

*Die Erde trägt. Nicht nur Häuser und Menschen.
Auch Bäume, die wertvollen Sauerstoff produzieren,
wurzeln in ihr, so wie Pflanzen, die uns ernähren.
Der Boden ist die Grundlage allen Lebens.*

*Bedeutend ist er vor allem als Lebensraum der
Bodenorganismen, die verborgen unter unseren Füßen
leben. Ina Sperl zeigt uns in diesem Buch diesen
faszinierenden Mikrokosmos, den es zu schützen gilt.*

*Mit dem Wissen um dieses unsichtbare Universum kann
jeder Einzelne etwas zum Erhalt unserer wertvollsten
Ressource beitragen. Zudem gibt es für den eigenen Garten
viele Tipps, wie man ein gesundes Bodenleben fördert.*

WG 421 Garten
ISBN 978-3-8338-7130-6



www.gu.de