

INA SPERL

A detailed cross-section of soil. The top layer shows green grass and tall yellow-flowered plants against a clear blue sky. Below the surface, the soil is dark brown and rich. Numerous plant roots of various thicknesses extend downwards. Several earthworms are visible: one large reddish-brown one in the center, and several smaller ones, including a cluster of small green ones on the right and a small yellow one on the left. A small red and black insect is also visible near the bottom right.

DER BODEN

Das verborgene Universum
zu unseren Füßen

G|U

Hinweis zur Optimierung

Unsere eBooks werden auf kindle paperwhite, iBooks (iPad) und tolino vision 3 HD optimiert. Auf anderen Lesegeräten bzw. in anderen Lese-Softwares und -Apps kann es zu Verschiebungen in der Darstellung von Textelementen und Tabellen kommen, die leider nicht zu vermeiden sind. Wir bitten um Ihr Verständnis.

Impressum

© eBook: GRÄFE UND UNZER VERLAG GmbH, München, 2019

© Printausgabe: GRÄFE UND UNZER VERLAG GmbH, München, 2019

Alle Rechte vorbehalten. Weiterverbreitung und öffentliche Zugänglichmachung, auch auszugsweise, sowie die Verbreitung durch Film und Funk, Fernsehen und Internet, durch fotomechanische Wiedergabe, Tonträger und Datenverarbeitungssysteme jeder Art nur mit schriftlicher Zustimmung des Verlags.


Projektleitung: Cornelia Nunn

Lektorat: Barbara Kiesewetter

Bildredaktion: Hannah Crawford, Natascha Klebl (Cover)

Covergestaltung: Independent Medien-Design, München:
Horst Moser (Artdirection), Lucie Heselich

eBook-Herstellung: Yuliia Antoniuk

 ISBN 978-3-8338-7246-4

1. Auflage 2019

Bildnachweis

Coverabbildung: gettyimages (National Geographic - Jim Richardson), Agrarfoto, Biosphoto, Shutterstock.

Fotos: AdobeStock, Agefotostock, Alamy, Lars Baus, Biosphoto, FloraPress, Gettyimages, Istock, mauritius images, OKAPIA, Science Picture Library, Shutterstock, Sabine Tenta

Syndication: www.seasons.agency

GuU 8-7246 12_2019_01

Unser E-Book enthält Links zu externen Webseiten Dritter, auf deren Inhalte wir keinen Einfluss haben. Deshalb können wir für diese fremden Inhalte auch keine Gewähr übernehmen. Für die Inhalte der verlinkten Seiten ist stets der jeweilige Anbieter oder Betreiber der Seiten verantwortlich. Im Laufe der Zeit können die Adressen vereinzelt ungültig werden und/oder deren Inhalte sich ändern.

Die GU-Homepage finden Sie im Internet unter www.gu.de

 www.facebook.com/gu.verlag

GRÄFE
UND
UNZER

Ein Unternehmen der
GANSKE VERLAGSGRUPPE

Garantie



LIEBE LESERINNEN UND LESER,

wir wollen Ihnen mit diesem E-Book Informationen und Anregungen geben, um Ihnen das Leben zu erleichtern oder Sie zu inspirieren, Neues auszuprobieren. Wir achten bei der Erstellung unserer E-Books auf Aktualität und stellen höchste Ansprüche an Inhalt und Gestaltung. Alle Anleitungen und Rezepte werden von unseren Autoren, jeweils Experten auf ihren Gebieten, gewissenhaft erstellt und von unseren Redakteuren/innen mit größter Sorgfalt ausgewählt und geprüft.

Haben wir Ihre Erwartungen erfüllt? Sind Sie mit diesem E-Book und seinen Inhalten zufrieden? Haben Sie weitere Fragen zu diesem Thema? Wir freuen uns auf Ihre Rückmeldung, auf Lob, Kritik und Anregungen, damit wir für Sie immer besser werden können. Und wir freuen uns, wenn Sie diesen Titel weiterempfehlen, in ihrem Freundeskreis oder bei Ihrem online-Kauf.

KONTAKT

GRÄFE UND UNZER VERLAG
Leserservice

Postfach 86 03 13
81630 München
E-Mail: leserservice@graefe-und-unzer.de

Telefon: 00800 / 72 37 33 33*
Telefax: 00800 / 50 12 05 44*
Mo-Do: 9.00 – 17.00 Uhr
Fr: 9.00 bis 16.00 Uhr (*gebührenfrei in D,A,CH)

»Der Boden unter unseren Füßen lebt. Doch selbst beim Graben, Pflanzen oder Bauen erhascht man stets nur einen kleinen Einblick in diesen unbekannten, aber bedeutenden Kosmos.«



VORWORT

Ein einziger Spatenstich genügt, um eine ganze Welt auf den Kopf zu stellen: Drei, vier Regenwürmer befördert er ans Tageslicht sowie Steinkriecher, die sich kringeln wie kleine Drachen. Ameisen und rote Milben huschen weg, dazwischen finden sich winzige Springschwänze und Spinnchen. Doch sie sind die Giganten unter den Bodenlebewesen. Denn der Großteil aller Erdbewohner ist mit bloßem Auge gar nicht zu erkennen. Fadenwürmer und Einzeller sowie Pilze, Algen und Bakterien leben hier mehr oder weniger einträchtig zusammen. Und das in unvorstellbar großer Zahl: Pro Schaufel Erde sind es drei bis vier Milliarden Lebewesen, fast alle unsichtbar und doch in der Summe eine Menge, die mehr als hundert Gramm auf die Waage bringt.

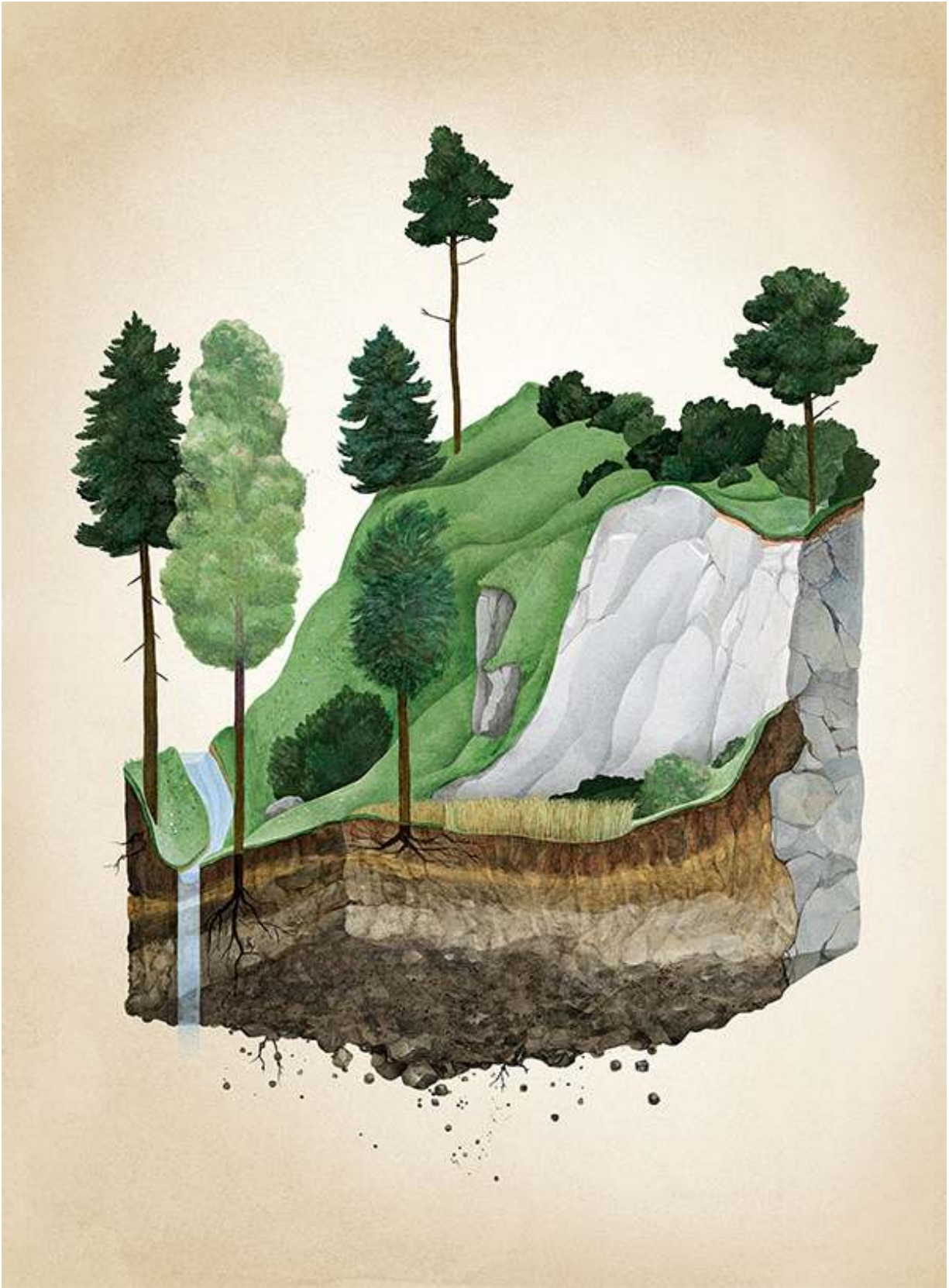
Der Boden, der unbekannte Kosmos. Denn unter die Oberfläche lässt sich nicht ohne Weiteres schauen. Ein Spatenstich gleicht dem gewaltsamen Wegreißen einer Hauswand. Das Innere liegt auf einmal schutzlos da. Die so überfallenen Bewohner krabbeln durcheinander und winden sich wie ertappt. Würmer, Engerlinge – blasse Gestalten, die nicht selten Ekel hervorrufen. Helfen sie oder richten sie Schaden an? Wenig ist bekannt über die Gemeinschaft, die hier im Dunkeln existiert und durch ihr bloßes Dasein dafür sorgt, dass aus Tonmineralen, Steinchen und Pflanzenresten lebendiger Boden wird. Sie lockern ihn, machen ihn fruchtbar und bringen Nährstoffe in den Kreislauf zurück. Im Garten rückt die Erde meist erst ins Blickfeld, wenn etwas nicht so wächst, wie es soll. Als zu trocken gilt sie dann, zu sandig, zu schwer oder zu nass. Doch verankert sie den Garten in seiner Umgebung – dem städtischen Raum, der freien Natur, dem industriell bewirtschafteten Land. Boden ist bebaut, liegt brach oder wird besonders intensiv

bearbeitet: Dort, wo Nahrungsmittel erzeugt werden, kommt ihm eine ganz entscheidende Rolle zu.

Unter unseren Füßen tut sich ein ganzes Universum auf. Zeit, ein bisschen in die Tiefe zu schürfen. Denn der Boden ist die Grundlage des Lebens.



Ina
Sperl



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 gärtnergert, 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 sandigporös. 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.



Gärtnerglück: Bei guter Planung können auch wenige Quadratmeter Boden eine reiche Ernte hervorbringen. Dann ist kaum mehr Erde zu sehen im Gemüsebeet.

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 bedeckt ist, lässt sich

überhaupt landwirtschaftlich nutzen – rund 34 Prozent des Festlands. Für einen intensiven Landbau eignen sich allerdings nur zwölf Prozent. Rein rechnerisch entfallen derzeit noch ausreichende 2000 Quadratmeter auf jeden Menschen – eine Zahl, die jedoch im Verhältnis zur steigenden Bevölkerungszahl rapide sinkt (\geq). Denn Boden ist endlich, er wächst nicht proportional mit. Im Gegenteil: nutzbare Flächen degradieren durch Erosion und schrumpfen durch Bebauung. Künftig wird mehr guter Ackerboden benötigt, stattdessen verlieren wir ihn jedoch. Für pflanzenliebende Menschen und Hobbygärtner in der Stadt ist Boden ein äußerst wertvolles Gut, das weniger in Geld als in Zeit berechnet wird. Mitunter wird jahrelang auf einen Schrebergarten gewartet. Das Stückchen Erde, auf dem nach eigenen Vorstellungen gegärtnert werden kann, lässt sich kaum in Gold aufwiegen. Hier produziert der Boden nicht nur Lebensmittel, sondern auch Freude und Glück, wenn die Erdbeeren geerntet oder die Frühkartoffeln ausgebuddelt werden. Wenn der Flieder seinen Duft verbreitet oder der neu gepflanzte Kirschbaum die ersten Früchte trägt. Im Garten ist der direkte Bezug zur Erde möglich. Sie klebt an den Fingern und offenbart ihre Eigenschaften, indem sie manche Pflanzen besser wachsen lässt als andere.

Kostbar ist Boden aber auch als Bauland. Dann ist er teurer. Für Makler ist Boden ein wirtschaftlicher Wert, ein Gut, das zeitlich unbegrenzt nutzbar ist – ganz im Gegensatz zur Bebauung. Daraus errechnet sich ein Bodenrichtwert, der je nach Lage völlig unterschiedlich ausfallen kann. Am wertvollsten als Bauland ist Boden in Großstädten. Er trägt die Immobilie, die seinen Wert noch erhöht. So kann ein einziger Quadratmeter Bauland für ein Einfamilienhaus in München je nach Stadtteil bis zu 3000 Euro kosten, etwa das Zehnfache von dem, was in Leipzig gezahlt werden muss. Das, was nicht bebaut wird, ist Weg, Zufahrt und Garten – oft wenig genug, wenn auf einem 250-

Quadratmeter-Grundstück ein Haus mit fünf Zimmern untergebracht werden muss.

Auch für die Wissenschaft ist Boden wertvoll. Aus Sicht der Archäologen zum Beispiel ist er Denkmal und Urkunde zugleich. Im Boden erhalten sich Relikte menschlichen Daseins über Jahrtausende, Eichenpfähle von Bauwerken zum Beispiel. Aus den Schichtungen kann man ablesen, was sich abgelagert hat, und Rückschlüsse auf die Erdgeschichte ziehen.

Je nach Perspektive bedeutet Boden also etwas anderes. Immer erfüllt er jedoch Funktionen, die gar nicht genug gewürdigt werden können. Er speichert Regenwasser, filtert den Staub aus der Luft, nimmt Schadstoffe auf, speichert erhebliche Mengen Kohlendioxid. Er verwandelt Gestein zu Tonmineralien und Pflanzenreste in Humus. Er ist Lebensraum eines ganzen unbekannten Kosmos mit ungeahnter Artenvielfalt, die den überirdischen Reichtum noch übertrifft. Er ist die Grundlage des pflanzlichen Wachstums, das nicht nur die Nahrung für Menschen und Tiere bildet, sondern überhaupt erst die Luft zum Atmen produziert. Denn gäbe es keine Pflanzen, so hätten wir auch keinen Sauerstoff, der das Leben ermöglicht.



Nahtlos fügt sich der Acker in die Landschaft ein. Ohne schützende Pflanzendecke liegt die Erde bloß. Doch das Feld ist bestellt, bald wird es hier sprießen.

BODEN VERÄNDERT SICH

Die Endmoränen des Alpenvorlands. Die markanten Hügel des Siebengebirges. Der fruchtbare Löss der Magdeburger Börde, die Geesten Norddeutschlands. Landschaften und damit die Böden scheinen naturgegeben und unveränderlich. Doch das trügt. Die Erde ist ständig in Bewegung. Für das menschliche Zeitempfinden, das Jahrzehnte bis Jahrhunderte umfasst, sind diese Prozesse kaum merklich. Aber Boden wächst – mit einer nicht wahrnehmbaren Langsamkeit von einem knappen Zentimeter pro Jahrhundert – oder wird, vergleichsweise rasant, abgetragen. Er muss also mit einer zeitlichen

Dimension betrachtet werden. Was wir sehen, ist immer nur ein Stadium. Berge heben sich, die Erosion kratzt an den Oberflächen. Nichts bleibt so, wie es ist.

Der Boden, den wir kennen, ist über Jahrtausende gewachsen. Ein Prozess, der in einem ganz eigenen Tempo abläuft, so unendlich langsam, dass er sich von unserem Verstand kaum erfassen lässt.

Gestein, das der Witterung ausgeliefert ist, bekommt Risse. Durch diese dringt Feuchtigkeit ein. Bei Kälte gefriert das Wasser, Gestein platzt auf und zerbricht in immer kleinere Stücke. Ähnliches geschieht auch ohne Wasser, wenn die Temperaturen zwischen Tag und Nacht stark schwanken, oder auch durch eindringendes Salz. So verwandeln sich durch die physikalische Verwitterung große Gesteinsbrocken allmählich in kleine Brösel.

Irgendwann siedeln sich dann die ersten pflanzlichen Organismen an. Durch Wasser oder auch durch Kohlensäure, die aus Regen in Verbindung mit Kohlendioxid entsteht, lösen sich die Mineralien aus dem aufgebrochenen Gestein. Diese chemische Verwitterung macht Nährstoffe verfügbar, die das Wachstum von Pflanzen überhaupt erst ermöglichen. Wo etwas wächst, vergeht es auch. Totes Material von Blättern und Stängeln, aber auch die Überreste von tierischen Organismen, bilden eine organische Masse. Aus ihr entsteht nach und nach eine Humusschicht. Wenn sie eine gewisse Tiefe erreicht hat, zum Beispiel 30 Zentimeter, bildet sich ein sogenannter Unterboden.

Er ist weniger belebt, doch in ihm sammeln sich im Laufe der Zeit verschiedene Stoffe aus den oberen Schichten an. Boden kann aber auch durch Ablagerungen entstehen. Löss zum Beispiel wurde durch den Wind herbeigetragen und lagerte sich ab. Ein aus Schluff bestehendes Sediment, dessen Schichten häufig noch gut zu erkennen sind. Auf Löss entstehen die fruchtbarsten aller Ackerböden, da sich die Mineralien aus dem porösen Sediment leicht lösen: Man

nennt sie Schwarzerden, Braunerden sowie Parabraunerden (≥).

Die Entstehung des Bodens wird beeinflusst von Gestein, Klima und Landschaftsrelief, aber auch durch die Fauna, Flora und den Menschen. Die sogenannte Pedosphäre, die belebte Erdschicht auf dem Gestein der Erde, kann somit überall ganz anders zusammengesetzt sein.

Was ist Boden also genau? Nach der Definition des Bodenkundlers Ludger Herrmann handelt es sich um einen natürlich entstandenen Körper, der sich mit der Zeit entwickelt und wandelt. Er entsteht dadurch, dass Wasser, Luft, Gestein und Lebewesen zusammenwirken. Typisch für den Boden sind Horizonte.

Zusammengefasst lässt sich sagen: Boden besteht sowohl aus anorganischen als auch organischen Stoffen, außerdem aus Wasser, in dem Substanzen als Nährstoffe gelöst sind, aus Luft in den Poren sowie aus den Bodenlebewesen.

BODEN IST EIN ZUSTAND, IM WANDEL BEGRIFFEN.

GEOLOGISCHER URSPRUNG

Wir stehen auf dem Bürgersteig. Auf Rasen, einem Feldweg oder dem Waldboden. Nur eine ziemlich dünne Schicht Humus befindet sich unter unseren Füßen. Vielleicht ist sie nur so hoch, wie der Fußknöchel vom Erdboden entfernt ist, vielleicht knietief. Darunter befindet sich bereits der Unterboden, einige Meter stark, unter dem nur noch das Gestein kommt. In rund 35 Kilometern Tiefe wird es dann bereits heiß und zähflüssig: Dort liegt der Erdmantel, eine etwa 3000 Kilometer dicke Schicht, die den Erdkern umgibt. Die Erdkruste, die zwischen 30 und 60 Kilometern dick sein kann – unter den Ozeanen deutlich dünner –, besteht aus

magmatischem Gestein, das nach einer Schmelze erstarrt ist. Basalt zum Beispiel ist vulkanischen Ursprungs, ein sogenanntes Ergussgestein. Es hat Elemente wie Eisen, Aluminium, Kalium und Magnesium aus dem Erdinneren an die Oberfläche gebracht. Verwittert Basalt, werden diese Elemente wieder freigesetzt und dienen als Nährstoffe für Pflanzen. Aus Basalt entsteht fruchtbarer Tonboden. Granit dagegen ist ein Tiefengestein. Es ist tiefer im Erdinneren und durch langsamere Abkühlung als etwa Basalt entstanden und über die Erdzeitalter freigelegt worden. Er besteht aus den kristallisierten Mineralien Quarz, Feldspat und Glimmer und enthält viel Natrium, Kalium, Aluminium. Zersetzt sich Granit, so entsteht feiner Sand. Durch Verwitterung, die Tausende von Jahren dauert, spalten sich Gesteine in kleinste Teilchen auf, durch Wasser und Kohlendioxid werden auch die im Gestein enthaltenen Elemente freigelegt. Sie werden genutzt, in den Unterboden gewaschen oder mit dem Grundwasser weggespült.



Die Horizonte sind bei diesem Podsol gut erkennbar. Im Humus wurzeln Pflanzen, doch viele Nährstoffe werden in die darunter liegende Schicht ausgewaschen.

HORIZONTE UNTER DER ERDE: DIE BODENTYPEN