

7. Das Ökosystem Boden

Darum sollte Boden nicht versiegelt werden: Über das Leben im Untergrund

Anne Klingenmeier

Die Menschheit ist von der Lebendigkeit der Böden abhängig. Ohne Bodenleben (Edaphon) gibt es keine Bodenfruchtbarkeit, keine Pflanzenernährung und auch keine Ernte. Unbemerkt und unsichtbar spielen sich unter unseren Füßen existenzielle Prozesse für menschliches Leben ab. Kaum erforscht, können wir nur erahnen, was dort vor sich geht. Die Verflechtung von Bodenleben, Bodenfruchtbarkeit, Erosionsresilienz, Pflanzenwachstum und menschlicher Ernährung kann gar nicht überschätzt werden.

Faszination Bodenleben – tiefer blicken

Manche Lebewesen im Boden schwimmen, andere wühlen, graben oder kriechen sich durch die Verwitterungskruste des Erdballs. Die Vielfalt unten im Boden ist gigantisch, und, ähnlich wie das Leben in den Tiefen der Ozeane, verhältnismäßig kaum erforscht. »In einer Handvoll Bodenerde tummeln sich mehr Lebewesen, als es Menschen auf der Erde gibt«.¹ Konkret bedeutet das um die 100.000 Individuen pro ccm.² Im Untergrund wimmelt es nur so von faszinierenden Kleinstlebewesen: allein in einem Teelöffel Erde können sich bis zu einer Million Einzeller aufhalten.³ Aber nicht nur die

1 NABU: Da steckt Leben drin, Das Ökosystem Boden. Siehe: <https://www.nabu.de/umwelt-und-ressourcen/oekologisch-leben/balkon-und-garten/grundlagen/boden/24123.html>, zuletzt abgerufen am 28.10.2024.

2 R. H. Francé: Das Leben im Boden, Das Edaphon, S. 89.

3 D. Engelmann: Lebendiger Boden, Bodenleben, SWR, Beitrag vom 02.03.2020.

Anzahl der Lebewesen im Boden, auch deren Biomasse beeindruckt: »Das Gesamtgewicht der Regenwürmer in Baden-Württemberg beträgt ca. 2,3 Millionen Tonnen – das ist fast das Doppelte der Gewichtssumme aller Menschen, Rinder und Schweine in diesem Bundesland.«⁴

Das Bodenleben ist in vielerlei Hinsicht bemerkenswert und umfasst die Bodenflora (Algen, Bakterien, Pilze und Flechten) und Bodenfauna: Einzeller (Amöben, Geißel- und Wimperntierchen), Ameisen, Milben, Würmer, Springschwänze, Asseln, Skorpione, Spinnen, Tausendfüßler, Nematoden, Insekten, Säugetiere, Algen, Spinnen, Collembolen, Mollusken (Schnecken-tiere) und Unzählige mehr. Dabei treiben sich im Untergrund Gestalten aller erdenklichen Farben und Formen herum, die in mikroskopischer Vergrößerung unwirklich wirken. Doch auch bis zu 60 cm lange Würmer, wie der Badische Riesenregenwurm, leben dort unten und graben sich durch ihre eigene Welt. Indes stecken die Asseln (Krebstiere) im Boden noch mitten in der Evolution: einige von ihnen atmen wie ihre Verwandtschaft im Wasser durch Kiemen, andere durch semiausgeprägte Tracheen- oder Lungensysteme. Rädertierchen, deren Wimpernkränze am Kopf zur Fortbewegung und Nahrungsaufnahme unentwegt kreisen, beeindruckten durch ihre Ausdauer: 24.000 Jahre haben manche von ihnen im sibirischen Permafrostboden überlebt, bzw. konnten wieder »geweckt« werden.⁵ Auch die Fortbewegungsmöglichkeiten der Lebewesen im Boden sind unendlich divers: So kann sich beispielsweise der Springschwanz mit einem besonders erheitern-den Kunststück aus einer unangenehmen Situation mit einem Salto hinaus-katapultieren, und seine Fressfeinde überrascht zurücklassen. Dafür lässt das wenige Millimeter große Tier seine mechanisch eingehängte Sprunggabel schnellen und schießt so durch die freiwerdende Spannungskraft spektakulär mehrere Zentimeter durch die Lüfte.

Bodenlebewesen bewegen und durchmischen organisches Material, zer-kleinern und zersetzen dieses und stellen dadurch Nährstoffe zur Verfügung, die von den Pflanzen aufgenommen werden können. Sie bilden Humus, fi-xieren Kohlenstoff im Boden und hygienisieren ihn mit ihren Selbstreini-gungskräften gegen Fäulnisprozesse. Durch die Ausscheidungen von Kitt-

4 O. Ehrmann: Regenwürmer in den Böden Baden-Württembergs – Vorkommen, Gefährdung und Bedeutung für die Bodenfruchtbarkeit, S. 125-176.; N. Patzel: Das Regenwurm-Manifest – Für lebendige Böden und einen funktionierenden Wasserhaushalt, S. 2.

5 L. Shmakova et al.: A living bdelloid rotifer from 24,000-year-old Arctic permafrost.

stoffen schaffen sie eine stabile Aggregatsstruktur (Krümel) und bauen ein weit verzweigtes Tunnelsystem auf. Das Porengefüge (Aggregate und Tunnel) ermöglicht die Durchwurzelbarkeit des Bodens, sowie einen regulierten Wasser- und Gashaushalt, der ebenfalls zentral für das Pflanzenwachstum ist. Ohne Bodenleben gibt es keine langfristige Pflanzenernährung und somit auch keine gesicherte Nahrungsmittelproduktion.

Beständige Pflanzenernährung durch aktives Bodenleben

Durch die Bewegung, die das Edaphon erzeugt, wird Material im Boden, also Erde, von oben nach unten und von unten nach oben transportiert und durchmischt (Bioturbation). »Bei einer mittleren Dichte von 120 Tieren pro m² [können die Regenwürmer] im Laufe eines Winterhalbjahres von einer Fläche von 100×100 Metern (also einem Hektar) die gewaltige Menge von 6 Tonnen Stroh in den Boden ziehen und dort angerottet verspeisen. Und in derselben Zeit bedecken sie den Boden einen Zentimeter dick mit frischen und stabilen Krümeln.«⁶ Dabei können allein Regenwürmer bis zu 800 Tonnen Material in einem Jahr unter einem ha Boden bewegen.⁷

Es »raspelt, beißt, saugt, zerkleinert rastlos«⁸: Durch die Zersetzung organischer Materialien (Stoppeln, Holz, Blätter, Erntereste, Laub, abgestorbene Wurzeln und tote Tiere etc.) durch das Bodenleben werden fortwährend Nährstoffe für das Pflanzenwachstum verfügbar. »Jedes Stadium der Zersetzung hat unter ihnen seine Spezialisten.«⁹ Die Ausscheidungen der einen sind, in verschiedenen zeitlich und räumlich fein aufeinander abgestimmten Zyklen, das Futter der anderen. Bis Nährstoffe irgendwann so weit aufgeschlüsselt und mobil sind, dass sie den Wurzeln der Pflanzen zur Verfügung stehen und von diesen aufgenommen werden können. Gliederfüßer (Arthropoden) vergrößern durch die Zersetzung organischer Substanz zunächst deren Oberfläche, die dann für den weiteren Abbau von einer Viel-

6 J. Bauchhenß: Bodenfruchtbarkeit erhalten -- das Bodenleben schonen. N. Patzel: Das Regenwurm-Manifest – Für lebendige Böden und einen funktionierenden Wasserhaushalt, S. 6.

7 Ebd., S. 8.

8 R. H. Francé: Das Leben im Boden, Das Edaphon, S. 16.

9 Ebd., S. 15.

zahl kleinerer Organismen besiedelt werden kann. Fadenwürmer verspeisen z.B. Bakterien und Pilze, die bereits organische Substanz aufgenommen haben, und scheiden anschließend pflanzenverfügbaren Stickstoff aus.¹⁰ Auch die Ausscheidungen von Pflanzen werden kontinuierlich zersetzt. Diese Um- und Abbauprozesse sind essentiell für die Umwandlung organischen Materials in fruchtbaren Humus. Einige Bodenlebewesen sind auch in der Lage toxische Stoffe, wie z.B. bestimmte Pestizide, bis zur Unschädlichkeit zu zersetzen.

Bodenfruchtbarkeit wird permanent vom Bodenleben aufgebaut und erhalten, denn die Nährstoffe müssen zunächst mineralisiert und mobilisiert werden, damit sie von den Wurzeln der Pflanzen aufgenommen werden können. Dabei sind viele verschiedene Vertreter der Bodenfauna in zahlreichen Zwischenschritten beteiligt: zunächst wird die organische Substanz durch die Mikro-, Meso- und Makrofauna zersetzt, anschließend folgt die endgültige Aufspaltung durch Mikroorganismen in anorganische Verbindungen (Kohlenstoffdioxid, Wasser, Nitrat, Phosphat etc.). Erst durch die Mineralisierung können für das Pflanzenwachstum essentielle Elemente (wie z.B. Stickstoff, Phosphor, Kalium) aufgenommen werden. Pflanzenunverfügbare Elemente in festen Bindungen müssen erst aufgespalten werden. Dass diese Prozesse Zeit brauchen, ist gut, denn wenn zu viele Nährstoffe auf einmal mobil sind und nicht zügig von den Pflanzen aufgenommen werden, kommt es zu Auswaschungen und Ausgasungen von z.B. Nitrat und Lachgas. Ein Kilogramm Lachgas entspricht rund 300 CO₂-Äquivalenten (CO₂e), also 300 kg CO₂. Die klimaschädlichen Emissionen und die Belastung des Grundwassers führen zu einem langfristigen Mangel an Nährstoffen im Boden und einem gefährlichen Nährstoffüberschuss (Eutrophierung) in Gewässern. Dies ist beispielsweise der Fall bei der Gabe von hochkonzentrierter Gülle und synthetischen Düngemitteln, die viele mobile, jedoch nur kurzfristig verfügbare Nährstoffe in den Boden bringen. Das Bodenleben ist daher nicht nur für die Mobilisierung, sondern auch für die Immobilisierung wichtig, damit Nährstoffe dauerhaft im Boden gehalten werden und langfristig zur Verfügung stehen. Durch den Aufbau von Körpereiweiß und organischen Verbindungen lagern die Nährstoffe immobil in Mikroorganismen, was durch stetige Mineralisierungsprozesse zu einer langfristigen Nährstoffverfügbarkeit führt. Die Mobilisierung wird von weiteren Fakto-

10 NABU: Da steckt Leben drin, Das Ökosystem Boden.

ren, wie Temperatur, Verwitterung, Bodenfeuchte, Durchlüftung, Aktivität des Bodenlebens, pH-Wert etc. beeinflusst. Das Bodenleben sollte aufgrund seiner entscheidenden Rolle bei der Mineralisierung, Mobilisierung und Fixierung von Nährstoffen durch eine angepasste Bewirtschaftung gefördert und nicht systematisch zerstört werden. Dazu gehört bspw. eine mehrgliedrige Fruchtfolge, die sogenannte Stickstoffmehrer umfasst: Knöllchenbakterien, eine Symbiose aus Pflanzenwurzeln von Hülsenfrüchten und Bakterien, vermögen es Stickstoff aus der Luft in pflanzenverfügbare Form im Boden zu mineralisieren. Pflanzen mit dieser Symbiose (Erbsen, Wicken, Linsen, Klee, Bohnen etc.) werden als Leguminosen bezeichnet und als Gründünger in der Landwirtschaft eingesetzt.¹¹

Damit Kohlenstoff im Boden in festen Verbindungen bleibt und im Boden fixiert (sequestriert) wird, bedarf es ebenfalls der Beteiligung des Bodenlebens. Denn dieses bildet in Kombination mit chemischen Vorgängen im Boden, aus organischem Material schwer zersetzbare Huminstoffe. Humus besteht zu über 50 % aus Kohlenstoff. In den Humus-Komplexen werden Pflanzennährstoffe als Kationen und Anionen fest gebunden. Allerdings liegen sie in austauschbarer Form vor, sodass sie für die Pflanzenernährung aus den Bindungen gewechselt werden können. So bindet der Aufbau von Humus Kohlenstoff im Boden, verhindert die Auswaschung von Nährstoffen und reguliert deren Fixierung und Bereitstellung im Boden.

Dank Struktur mehr als Matsch – wie das Edaphon den Boden in die Gänge kriegt

Die Bodenfruchtbarkeit hängt nicht nur von der Menge an verfügbaren Nährstoffen, sondern auch von der Bodenstruktur ab. Diese wird maßgeblich durch das Bodenleben geformt. Das Edaphon durchbricht verdichtete Schichten, und die Ausscheidungen der Bodenlebewesen, wie beispielsweise die Wurmlosung, sind an der Aggregatsbildung (= zusammengefügte Bodenteilchen) beteiligt. Der darin enthaltene Kitt ist wichtig für eine stabile Krümelbildung, denn die miteinander verklebten Bodenpartikel stabilisie-

¹¹ D. Engelmann: Lebendiger Boden, Bodenleben, SWR, Beitrag vom 02.03.2020.

ren den Boden und schützen vor Wind- und Wassererosion.¹² Die Krümelstruktur (Aggregat) weist auf ein aktives Bodenleben hin und ist das Pendant zu verdichtetem Boden. Das Porenvolumen wird durch Krümel vergrößert, pflanzenverfügbares Wasser und Luft können demnach vermehrt gespeichert werden und führen zu einer erhöhten Bodenfruchtbarkeit. Krümel sind daher die gewünschte Struktur für landwirtschaftliche Nutzung.

Das von den Bodenlebewesen geschaffene Tunnelsystem umfasst Fein-, Mittel- und Grobporen und ist für den Wasser- und Gashaushalt, sowie für die Durchwurzelbarkeit des Bodens erforderlich: In einem Quadratmeter Wiesenboden können, alleine von Regenwürmern geschaffen, bis zu einem Kilometer Tunnel liegen.¹³

Das Porengefüge ist weit verzweigt und das Gesamtvolumen der Poren ergibt das Wasserspeichervolumen des Bodens. »Je nach Bodenart, Humusgehalt und Bewuchs kann er bis zu 200 Liter Niederschlag pro Quadratmeter und einem Meter Tiefe aufnehmen.«¹⁴ Dabei ist jedoch nicht das gesamte Wasser pflanzenverfügbar, denn in den Grobporen kann das Wasser nicht lange gehalten werden, und in den Feinporen ist das sogenannte Totwasser zu fest gebunden.¹⁵ In den Wasserkapillaren wird das Wasser entgegen der Schwerkraft im Boden gehalten. Je langsamer es versickert, desto mehr wird es durch die verschiedenen Schichten gefiltert. Durch die Poren wird der Boden durchlüftet, je stärker, desto besser kann er durchwurzelt werden, »weil die Pflanzen [ansonsten] die fauligen (und Gifte produzierenden) Bereiche meiden.«¹⁶ Für den Gasaustausch und die Luftzirkulation ist ein lockerer Boden mit ausgeprägtem Porengefüge unabdingbar.

Bodenfruchtbarkeit entsteht durch das Zusammenspiel verschiedener mineralischer, physikalischer und chemischer Prozesse, in Wechselwirkung

12 Bundesinformationszentrum für Landwirtschaft: Boden in Gefahr: Erosion in der Landwirtschaft, 2024. Siehe: <https://www.landwirtschaft.de/landwirtschaft-verstehen/wie-funktioniert-landwirtschaft-heute/boden-in-gefahr-erosion-in-der-landwirtschaft>, zuletzt abgerufen am 28.10.2024.

13 N. Patzel: Das Regenwurm-Manifest. Für lebendige Böden und einen funktionierenden Wasserhaushalt, S. 7.

14 Bundesverband Boden e.V.: Boden wird versiegelt. Siehe: <https://www.bodenwelten.de/content/boden-wird-versiegelt>, zuletzt abgerufen am 28.10.2024.

15 A. Watzka: Die fünf Säulen der Bodenfruchtbarkeit.

16 N. Patzel: Das Regenwurm-Manifest. Für lebendige Böden und einen funktionierenden Wasserhaushalt, S. 11.

mit der biologischen Aktivität. Denn erst durch die Interaktion mit dem Bodenleben wird eine für die Durchwurzelbarkeit günstige Struktur – das Porengefüge – geschaffen, werden Nährstoffe für das Pflanzenwachstum mineralisiert und mobilisiert, Kohlenstoff- und Humusgehalt erhöht, pH-Wert, Wasser- und Lufthaushalt günstig beeinflusst und der Boden gegen Fäulnis hygienisiert.¹⁷

Menschengemachte Bedrohungen des Bodenlebens: Industrielle Landwirtschaft und Versiegelung

Doch das Bodenleben und die Funktion der Nahrungsmittelproduktion sind bedroht: die Bodenfruchtbarkeit und der Boden als solches gehen durch Prozesse der Bodendegradation (heißt qualitative Bodenverschlechterung, wie bspw. durch Versalzung), Meeresspiegelanstieg, Erosion und Desertifikation immer weiter verloren. Die Klimakrise verschärft diese Phänomene. Hinzu kommen vor allem zwei weitere menschengemachte Bedrohungen für das Bodenleben: die industrielle Landwirtschaft und die Versiegelung. »Langzeitmessungen auf Dauerbeobachtungsflächen in Deutschland zeigen, dass jedes Jahr im Schnitt 1,4 bis 3,2 Tonnen Boden pro Hektar verloren gehen. Regional sind sogar Verluste von bis zu 50 Tonnen pro Hektar und Jahr möglich. [...] Im Laufe eines Menschenlebens bedeutet das den kompletten Verlust der fruchtbaren Ackerkrume.« Dabei können schon »Bodenverluste von einer Tonne pro Hektar und Jahr [...] in Mitteleuropa innerhalb von 50 bis 100 Jahren nicht ausgeglichen werden.«¹⁸

Durch Monokulturen (bedeutet wenig bis keine Erntereste, die auf den Felder verbleiben) und den Einsatz von Herbiziden (bedeutet keine Beikräuter) kann sich das Bodenleben nicht mehr richtig ernähren. Die Bodenstruktur wird fragiler, Nährstoffe können nicht mehr in pflanzenverfügbare Form mineralisiert werden. Der Nährstoffmangel der Pflanzen wird durch den Einsatz synthetisch hergestellter Düngemittel ausgeglichen. Insektizide, die auch durch den Anbau von Monokulturen erforderlich werden, töten dann

17 A. Watzka: Die fünf Säulen der Bodenfruchtbarkeit.

18 Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL): Boden – Basis der Landwirtschaft. Siehe: <https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/pflanzenbau/bodenschutz/boden-basis-landwirtschaft.html>, zuletzt abgerufen am 28.10.2024.

noch mehr Bodenlebewesen, auch sogenannte »Nützlinge« auf dem Acker. Fungizide stören zusätzlich das empfindliche Milieu, sodass das fein abgestimmte Ökosystem Boden aus dem Gleichgewicht gerät. Dem muss ständig weiter entgegengewirkt werden, um weiterhin hohe Erträge generieren zu können: Düngemittel, Pestizide und Bodenbearbeitung. Der großflächige Einsatz von Maschinen zur Bodenbearbeitung setzt der Bodenfauna zu: Durch schwere Maschinen hervorgerufene Verdichtungen können nicht mehr aufgebrochen werden. Der Boden wird stellenweise undurchdringbar. Gänge werden abgeschnitten und verschlossen, das Porensystem und damit der Wasser- und Gashaushalt gestört. Zudem werden die Tiere im Boden in nicht unerheblicher Anzahl zerdrückt, zerschnitten oder zerhäckselt. »Einmal Intensivbearbeitung mit der Kreiselegge oder ähnlichem Gerät im falschen Moment = 70 % aller Tauwürmer tot.«¹⁹ Je tiefer und öfter der Boden bearbeitet wird, desto einschneidender sind die Auswirkungen auf das Bodenleben. Eine möglichst flache, nicht wendende und standortangepasste Bearbeitung (z.B. nicht bei Staunässe auf die Flächen fahren), ist daher unabdingbar.

Auch wenn der jährliche Flächenverbrauch in Deutschland relativ gesehen mittlerweile geringfügig abnimmt, werden die Flächeneinsparziele in Deutschland immer wieder aufs Neue verfehlt, und der Anteil versiegelter Fläche steigt kontinuierlich. Die Siedlungs- und Verkehrsfläche in Deutschland nahm zwischen 2019 bis 2022 durchschnittlich um 52 ha pro Tag zu, das entspricht etwa 2 ha pro Stunde.²⁰ Die Neuausweisung von Siedlungs- und Verkehrsflächen geht dabei hauptsächlich zulasten landwirtschaftlicher Flächen und Naturräume.²¹ Der Flächenverbrauch, das meint also die Ausweisung von Siedlungs- und Verkehrsflächen, bedeutet zwar nicht immer die sofortige Versiegelung, doch sie ist ein erster Wegbereiter dorthin. Vor allem um Städte herum und im suburbanen Raum wird immer weiter ge-

19 N. Patzel: Das Regenwurm-Manifest. Für lebendige Böden und einen funktionierenden Wasserhaushalt, S. 9.

20 Umweltbundesamt (UBA): Siedlungs- und Verkehrsfläche. Siehe: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaeche-boden-land-oekosysteme/flaeche/siedlungs-verkehrs-flaeche#anhaltender-flachenverbrauch-fur-siedlungs-und-verkehrszwecke>-, zuletzt abgerufen am 20.12.2024. Destatis: Erläuterungen zum Indikator »Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche«. Nachhaltigkeitsindikator über die Inanspruchnahme zusätzlicher Flächen für Siedlungs- und Verkehrszwecke 2022.

21 J. Lage/L. Leuser: Fläche unter Druck: Sozial-ökologische Dimensionen der Flächennutzung in deutschen Wachstumsregionen.

baut und versiegelt. Dies ist besonders tragisch, da hier die fruchtbarsten Böden verloren gehen, da Städte häufig dort entstanden sind, wo die Böden gut, das heißt besonders fruchtbar, waren.²²

Versiegelung bedeutet undurchlässige Abdichtung. Im Fall von Boden werden Wasser- und Gashaushalt von der Umgebung abgeschnitten und somit zerstört. Wasser kann weder eindringen, noch verdunsten und auch Gase (z.B. Sauerstoff) können weder in den Boden rein noch raus. Der Boden kann kein Wasser mehr aufnehmen, wodurch verheerende Überschwemmungen bei Starkregenereignissen wahrscheinlicher werden. Die Wassermassen überfordern die Kanalisationen, Regenwasser »geht ungenutzt ins Abwassersystem und steht weder für Pflanzen [noch] den Menschen [...] zur Verfügung.«²³ Die Wasserhaltekapazität auf der versiegelten Fläche ist gleich null, sodass das Wasser im Laufe der Zeit nicht langsam wieder an die Umgebung abgegeben werden kann. Dies führt zu höheren lokalen Temperaturen und einer geringeren Luftfeuchte, denn es gibt keine Verdunstungskälte zur Regulation des Mikroklimas. Zwischen Stadtzentren und dem Umland können im Sommer mehrere Grad Temperaturunterschied herrschen. Durch den Wassermangel vertrocknet der Boden als lebendiger Organismus und stirbt weiter. Da das Wasser nicht versickern kann füllen sich Grundwasservorräte nicht auf und der Grundwasserspiegel sinkt langfristig ab. Die Grundwasserneubildung wird somit verhindert und die Wasserfilterfunktion des Bodens geht verloren. Da kaum noch Gas- und Wasseraustausch zwischen Luft und Boden möglich sind, nehmen anaerobe Verhältnisse im Boden zu. Dies bedeutet Fäulnis, das Absinken des pH-Wertes und ein weiteres Absterben des Bodenlebens, das auf Wasser und Luft angewiesen ist. Zudem fällt die Ernährungsgrundlage des Bodenlebens weg, da dem Boden keine organische Substanz »von oben« mehr zugeführt wird. Es können daher langfristig auch keine pflanzenverfügbaren Nährstoffe mehr bereitgestellt werden. Das Gefüge des Bodens, also die Struktur (Porensystem, Krümelstruktur, Aggregatsbildung) geht verloren, da es erst durch die kontinuierliche Aktivität und Interaktion des Bodenlebens mit den mineralischen, chemischen und physikalischen Ausgangsbedingungen

22 A. Hoferichter: Bodenversiegelung – Leben und Sterben unter dem Asphalt, 2021. Siehe: <https://www.deutschlandfunk.de/bodenversiegelung-leben-und-sterben-unter-dem-asphalt-100.html>, zuletzt abgerufen am 28.10.2024.

23 Bundesverband Boden e.V.: Boden wird versiegelt.

entsteht. Wenn die Bodenfauna eingeht, bedeutet dies den umfassenden Verlust der Bodenfruchtbarkeit. Bodenfunktionen (Pflanzenstandort, Lebensraum, Grundwasserfilter, Wasserspeicher, Filter- und Pufferfunktion, Lebensmittelproduktion) gehen durch Versiegelung und den damit verbundenen Verlust der Artenvielfalt verloren.²⁴ Der Erhalt sowie die Neubildung fruchtbarer Böden werden auf versiegelten Flächen unmöglich.²⁵

Warum Boden nicht »umgezogen« werden kann und Entsiegelung keine Lösung ist

Vor der Versiegelung einer Fläche kann häufig das Abbaggern des Mutterbodens beobachtet werden: zum einen wird so die Auskiesung für Bauvorhaben ermöglicht und zum anderen wird teilweise versucht, Boden mit- samt seiner Fruchtbarkeit auf andere Flächen »umzuziehen«. Dabei wird der Boden schichtweise abgetragen und in verschiedenen Haufen, die sich häufig auch farblich voneinander unterscheiden, neben den Baustellen gelagert. Teilweise wird die Erde aber auch einfach »entsorgt«. Die Idee die oberen fruchtbaren Bodenschichten fachgerecht umziehen zu können ist weitverbreitet und hält sich hartnäckig. Von der EU bis in die Vereinigten Arabischen Emirate floriert daher der Markt für Mutterboden. Dabei wird das fatale Bild vermittelt, dass wertvoller Oberboden unendlich produziert und nachgekauft werden könne. Doch die Ressource ist rar und ihre Verfügbarkeit endlich. Zudem kann der »Umzug« nur bedingt funktionieren: Wie gezeigt wurde hängt die Bodenfruchtbarkeit stark von der Struktur des Bodens ab, die bei einem solchen Transfer verloren geht. Darüber hinaus sind Böden in ihrem Aufbau und in ihrer Zusammensetzung aufgrund der diversen Entstehungsgeschichten und dem unterschiedlichen Ausgangsgesteinen unvorstellbar vielfältig, weswegen das Milieu eines Oberbodens nicht zwangsläufig zu jedem Boden passt, auf dem es abgeladen wird. Die unteren Schichten ziehen nicht mit um. Das Ökosystem Boden ist, wie ein lebender

24 ETHZ: Flächenverbrauch und Versiegelung. Siehe: <https://ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/dual/educeth-dam/documents/Unterrichtsmaterialien/biologie/Nachhaltigkeit/Boden/Gruppenarbeit/Vertiefungstexte.pdf>, zuletzt abgerufen am 20.12.2024.

25 UBA: Bodenversiegelung.

Organismus, fein aufeinander abgestimmt, sodass ein solcher »Umzug« immer mit einem Verlust an Bodenfruchtbarkeit verbunden ist.

Versiegelte Flächen im Nachhinein wieder zu entsiegeln ist ein immenser Aufwand, der mit hohen Kosten verbunden ist und es dennoch nicht vermag, den Boden auch nur ansatzweise in seiner einstigen Qualität und Struktur wiederherzustellen.²⁶ Das Bodenleben kehrt zwar nach und nach zurück, aber die Zusammensetzung des Edaphons, die physischen Bedingungen und das chemische Milieu sind aus dem Gleichgewicht und unmöglich durch menschliche Bemühungen wieder in ihrer Gänze herzustellen.²⁷ Dennoch ist entsiegelter Boden besser als versiegelter, was jedoch keine Illusionen über die Wiederherstellbarkeit von ehemals versiegelten Böden hervorrufen sollte. Denn Versiegelung bedeutet immer das Abtöten des Bodenlebens, die Zerstörung der Bodenstruktur und – auch bei Entsiegelungsmaßnahmen – den irreversiblen Verlust langfristiger Bodenfruchtbarkeit. Das bedeutet – v.a. angesichts der Klimakrise – die besorgniserregende Einschränkung von Bodenfunktionen wie Wasserhalte- und -aufnahmekapazität, Fähigkeit zur Kohlenstoffbindung und Nahrungsmittelproduktion. Auch im Falle von Entsiegelungsprojekten ist der Boden in der Regel total verarmt, da durch die Versiegelung lange Zeit kein Pflanzenwachstum möglich war, keine organische Substanz zugeführt wurde und keine Nährstoffe mineralisiert werden konnten. Am besten ist daher so wenig Versiegelung wie möglich. Doch der Trend geht weiterhin in die entgegengesetzte Richtung.²⁸

Die Menschheit lebt vom Boden

Der globale Zustand der Böden ist alarmierend (Bodendegradation, Bodenverluste, Verlust an Bodenfruchtbarkeit, Desertifikation, Klimakrise etc.), eine Destruktion ungeahnten Ausmaßes. Jeder Verlust an Boden und Bodenfruchtbarkeit geht auf Kosten gegenwärtiger und zukünftiger Ernäh-

26 Futura Sciences GmbH (Hg.): Bodenversiegelung, Gründe und ökologische Folgen.

27 UBA: Bodenversiegelung.

28 Dazu Anne Neuber und Judith Nurmman: *Gemeinsam gegen Flächenfraß. Wie Stadtplanung und Landwirtschaft weitere Versiegelung verhindern können* sowie Katja Schubel: *Mit progressiver Bodenpolitik zur Postwachstumsstadt. Innenentwicklungspotenziale gemeinwohlorientiert gestalten* in diesem Band.

runingssicherheit. Um menschliche Lebensgrundlagen zu erhalten, braucht es entsprechende politische Rahmenbedingungen und Maßnahmen, die ökologische und soziale Aspekte nicht gegeneinander ausspielen. Denn Ausgleichsflächen alleine können keine langfristige Lösung sein: Wie soll die Zerstörung von einem nicht vermehrbaren, endlichen Gut ausgleichbar sein? Die Aufwertung einiger Flächen durch Meliorationsmaßnahmen vermögen es nicht den Verlust ganzer Flächen an anderer Stelle auszugleichen. Es bedarf daher bspw. der Einführung eines bundesweiten Baulandmoratoriums, um Bodenverluste aufgrund von Versiegelung zu verhindern. Dies bedeutet, ohne den Nachweis, dass kein entsprechender Leerstand vorhanden ist, werden keine Baugenehmigungen erteilt.

Auch muss eine ökologische standortangepasste Bewirtschaftung im Agrarbereich vorangebracht und intensiv gefördert werden. Ein Beispiel hierfür ist das französische Erzeuger*innennetzwerk *sol vivant*.²⁹ Im Vordergrund steht bei *sol vivant* die Förderung und der Erhalt des Bodenlebens als Zertifikationskriterium. So wird auf eine reichhaltige Ernährung des Edaphons, eine ganzjährige Bodenbedeckung, sowie auf den Verzicht oder eine starke Reduktion der Bodenbearbeitung bestanden. Boden wird hier durch eine angepasste Nutzung geschützt und aufgebaut. Bodenaufbau bedeutet eine Verbesserung der Qualität, d.h. Zusammensetzung und Struktur, sowie den quantitativen Aufbau einer fruchtbaren Humusschicht durch die Fixierung organischer Substanz. Aktuell verlieren Böden i.d.R. wesentlich mehr Qualität und Quantität als aufgebaut werden kann: »Im Schnitt dauert es 100 Jahre, bis ein Zentimeter Boden entstanden ist.«³⁰ Das Bewusstsein über die menschliche Abhängigkeit vom Boden braucht jetzt eine gesamtgesellschaftliche Schärfung, denn der Wert fruchtbarer Böden wird vor allem dann erkannt, wenn er fehlt. Und dann ist es zu spät. Die Bodenlebewesen mögen klein und unscheinbar erscheinen, doch durch ihre unvorstellbare Anzahl und die komplexen Interaktionen im Ökosystem Boden entfalten sie enorme Wirkung, mit existenzieller Bedeutung für die Menschheit. Auf dem Boden der Tatsachen bleibt daher nur Bodenschutz und -aufbau als Bedingung für eine lebenswerte Zukunft.

29 Maraîchage Sol Vivant, siehe: <https://www.maraichagesolvivant.fr/>, zuletzt abgerufen am 28.10.2024.

30 BMEL: Boden – Basis der Landwirtschaft.

Literaturverzeichnis

- Bauchhenß, Johannes: Bodenfruchtbarkeit erhalten – das Bodenleben schonen, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (Hg.), Freising 2004.
- Ehrmann, Otto: »Regenwürmer in den Böden Baden-Württembergs – Vorkommen, Gefährdung und Bedeutung für die Bodenfruchtbarkeit«. in: Berichte der Naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg i.Br., 105 (2015) S. 125-176.
- Engelmann, Dieter: »Lebendiger Boden, Bodenleben«, SWR, Beitrag vom 02.03.2020. Siehe: https://www.planet-wissen.de/natur/umwelt/lebendiger_boden/bodenleben-100.html, zuletzt abgerufen am 20.12.2024.
- FiBL Projekte GmbH (Hg.)/Watzka, Alexander: Die fünf Säulen der Bodenfruchtbarkeit, 2024. Siehe: <https://www.nutrinet.agrarpraxisforschung.de/naehrstoffmanagement/bodenfruchtbarkeit/fuenf-saeulen-der-bodenfruchtbarkeit>, zuletzt abgerufen am 28.10.2024.
- Francé, Raoul Heinrich: Das Leben im Boden, Das Edaphon, 1922/2022, Kevelaer: OLV-Verlag.
- Futura Sciences GmbH (Hg.): Bodenversiegelung, Gründe und ökologische Folgen, 2021. Siehe: https://www.futura-sciences.com/de/bodenversiegelung-gruende-und-oekologische-folgen_7066/, zuletzt abgerufen am 28.10.2024.
- Lage, Jonas/Leuser, Leon: »Fläche unter Druck: Sozial-ökologische Dimensionen der Flächennutzung in deutschen Wachstumsregionen«, in: GAIA – Ecological Perspectives for Science and Society 28 (4) 2019, S. 365-373.
- Patzel, Nikola: Das Regenwurm-Manifest – Für lebendige Böden und einen funktionierenden Wasserhaushalt, Berlin: WWF Deutschland 2016.
- Statistisches Bundesamt (Destatis): Erläuterungen zum Indikator »Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche«. Nachhaltigkeitsindikator über die Inanspruchnahme zusätzlicher Flächen für Siedlungs- und Verkehrszwecke 2022, erschienen am 12.03.2024. Siehe: https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Flaechennutzung/Methoden/anstieg-suv.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt abgerufen am 20.12.2024.
- Shmakova, Lyubov/Malavin, Stas/Iakovenko, Nataliia/Vishnivetskaya, Tatiana/Shain Daniel/Plewka Michael/Rivkina Elizaveta: »A living bdelloid rotifer from 24,000-year-old Arctic permafrost«, in: Current Biology 31 (11) (2021), S. R712-R713.

