

Einführung in den Kosmos Boden

Prof. Dr. Thomas Weyer, FH-Südwestfalen, Soest

SERIE

IV

Ihr Boden –
Ihr größtes Kapital

Was ist Boden?

Der Boden als oberste und belebte Schicht der Erdrinde besteht aus mineralischen Bestandteilen, insbesondere Gesteinsbruchstücken und Mineralen sowie aus den organischen Bestandteilen der Bodenorganismen und der Pflanzenwurzeln. Er ist von Vegetationsrückständen bedeckt mit Humus ausgestattet, Wasser und Luft

zirkulieren darin. Böden entstehen folglich überall dort, wo Gesteine (Lithosphäre), organisches Material (Biosphäre), Wasser (Hydrosphäre) und Luft (Atmosphäre) zusammentreffen, um sich dann unter dem Einfluss von Raum, Zeit und menschlichen Aktivitäten weiter zu entwickeln. Deshalb gibt es beispielsweise keine Böden auf unserem Erdtrabanten, dem Mond.

In der Europäischen Bodencharta ist zu lesen, „Der Boden ist eines der kostbarsten Güter der Menschheit. Er ermöglicht es, Pflanzen, Tieren und Menschen auf der Erdoberfläche zu leben.“ Dies macht auf die umfassende Bedeutung des Bodens aufmerksam.

Böden sind zudem ein knappes Gut und nicht vermehrbar. Folglich sind Böden die unverzichtbare Lebensgrundlage für Menschen, Tiere und Pflanzen. Darum muss darauf geachtet werden, dass ihre natürliche Fruchtbarkeit und ihre ökologischen Funktionen erhalten bleiben. Neben der Funktion als Nutzungsgrundlage haben Böden aber auch wichtige Funktionen im Naturhaushalt als Filter und Puffer in Stoffkreisläufen sowie als Wasser- und Kohlenstoffspeicher.

Ausgangsgesteine und Bodenentwicklung

Die wichtigsten Ausgangsgesteine landwirtschaftlich genutzter Böden sind die durch Vulkanismus entstandenen Magmatite, wie Basalt

Lebendiger Boden: Nur der Regenwurm verbindet organische Stoffe und Tonminerale zu einem stabilen Bodengefüge

und Granit, die durch Druck und Temperatur umgewandelten Metamorphite, wie Schiefer und Gneis und die durch Wind oder Wasser transportierten Sedimente wie Sand und Löss. Während die vulkanischen Basaltgesteine der Mittelgebirge (Eifel, Westerwald und Rhön) sowie die metamorphen Gesteine des Rheinischen Schiefergebirges viele Millionen Jahre alt sind, wurden viele Sand- und Lösssedimente in Nordrhein-Westfalen erst in der letzten Eiszeit, ca. 117.000 bis 12.000 Jahre vor heute, abgelagert. In geologischen Zeiträumen ist dies geradezu jung, nach menschlichem Ermessen ein unvorstellbar langer Zeitraum. Der Anteil der Sedimente an den Gesteinsgruppen der Erdoberfläche beträgt ca. 75%. Besonders im kühlhumiden Klimabereich Deutschlands führen der Wechsel von Frost und Hitze einerseits und Saurem Regen andererseits zur Verwitterung der Gesteine. Dieser „Alterungsprozess“ der Gesteine führt zur Bildung neuer Minerale und markiert den ersten Schritt zur Bodenbildung.

Zu den Faktoren, welche die Richtung und das Ausmaß der Bodenbildung bestimmen, zählt neben dem Ausgangsgestein, dem Wassereinfluss, dem Landschaftsrelief, dem Pflanzen- und Tierbesatz, den menschlichen und zeitlichen Einflüssen vor allem das Klima. Erhöht sich beispielsweise die Bodentemperatur um 10 °C, so verdoppeln sich alle biochemischen Prozesse im Boden. Die Schwarzerde-Böden in der Ukraine und in Kasachstan verdanken den Erhalt ihrer Fruchtbarkeit unter anderem auch dem Kontinentalen Klima mit warm-trockenen Sommern und kalten Wintern.

Seit ca. 12.000 Jahren, seit dem Ende der letzten Eiszeit, bilden sich unsere heutigen Böden. Dies geschieht vorwiegend durch chemisch-physikalische Umwandlungsprozesse und durch Verlagerungsvorgänge in den Böden selbst. In der Summe führt dies zu charakteristischen Ausdifferenzierungen, den sog. Bodentypen. Auf diese Weise entwickelten sich beispielsweise über einen langen Zeitraum die Parabraunerden aus Löss: Nachdem die Säure des Regens den im Löss enthaltenen Kalk aufgebraucht hatte, verlagerten sich die Tonminerale des Oberbodens nach unten und reicherten sich im Unterboden an.

Braunerde – der Allerweltsboden!

Seinen Namen erhielt die Braunerde, auch Arenosol oder Cambisol genannt, durch die typbestimmende Verbraunung seines B-Horizonts. Der Bodenprozess der Verbraunung entsteht durch Eisen-II-Ionen, die bei der Verwitterung eisenhaltiger Minerale freigesetzt werden. Die Braunerde ist weit verbreitet und wird daher häufig als „Allerweltsboden“ bezeichnet. Typisch ist sie für die gemäßigte humide Klimazone Mitteleuropas. Außerhalb Europas sind Braunerden in Nordamerika und in den südlichen Teilen von Sibirien zu finden. Vereinzelt treten sie auch in Australien und Neuseeland auf.

Bodentyp Braunerde – variierende Eigenschaften und Nutzung je nach Ausgangsgestein

Ausgangsgestein	Braunerde aus Sandstein, Quarzit, Gneis, Granit	Braunerde aus Sand, Flugsanden	Braunerde aus Basalt, Geschiebelehm, Löss und Lehm
Eigenschaften	sauer bis basenarm, nährstoffarm, steinig, flachgründig, trocken	basenarm, nährstoffarm, grobkörnig, flachgründig, trocken wenig fruchtbar/ertragreich	basenreich, nährstoffreich, humusreich, tiefgründig, gute Wasserspeicherfähigkeit ertragreich
Nutzung	Bergland mit Forstnutzung	Flachland mit forst- und landwirtschaftlicher Nutzung	Flachland sowie Alpenvorland, ackerbauliche Nutzung
Vergesellschaftung	Rankern, Rendzinen	Podsol	Parabraunerde, Schwarzerden
Beispiele der Vorkommen	Braunerde aus Granit, unter Laubwald im Bayerischen Wald, podsolierete Braunerde unter Nadelwäldern und Heidevegetation	Braunerde aus Sand in Meckenburg-Vorpommern, hessisches Ried, Spargelanbau	Braunerden aus steinigem Lehm in der Eifel, Braunerden aus Basalt in Offentlagen von Vulkanlandschaften des Westerwaldes und Vogelsberg

Quelle: VHE, HuMuss Nr. 19

Foto: H. Bauer

Infos zur Braunerde gibt es unter: www.bvboden.de

Die Braunerde ist typisch für die gemäßigte, humide Klimazone Mitteleuropas. In Nordrhein-Westfalen beispielsweise überwiegt die Braunerde mit einem Flächenanteil von 27 Prozent.

Warum Tonminerale in Böden eine Hauptrolle spielen

Die Bodenfruchtbarkeit ist ein Maß für die nachhaltige Ertragssicherheit der Böden. Sie ist abhängig vom Humusgehalt und der Bodenart und dabei insbesondere vom Tonanteil an der Bodenart.

Während der Bodentyp (z. B. Parabraunerde) die Entstehungsgeschichte, die Entwicklungsstufe und den Aufbau eines Bodens bezeichnet, ist die Bodenart die Summe der verschiedenen großen Bodenteilchen eines Bodens. Die Bodenteilchen werden nach ihrer Korngröße in die Hauptbodenarten Sand, Schluff und Ton unterteilt. Lehm ist ein Gemisch aus den drei Hauptbodenarten, hat aber keine eigene Korngröße. Sandpartikel haben einen Durchmesser von 2–0,063 mm, Schluffpartikel liegen zwischen 0,063 und 0,002 mm. Tonteilchen sind die kleinsten Bodenteilchen mit einem Durchmesser kleiner als 0,002 mm. Damit ist ein Schluffteilchen 1.000 Mal kleiner als ein Sandteilchen und ein Tonteilchen sogar 1 Millionen Mal kleiner als ein Sandkorn. Die Anteile der Sand- Schluff- und Tonteilchen bilden in der Summe die Bodenart, z.B. lehmiger

Sand (S13). Lössböden enthalten beispielsweise einen sehr hohen Schluffanteil und häufig einen Tonanteil zwischen 10 und 24 %.

Die kleinen Tonplättchen bilden erheblich feinere, dafür aber wesentlich mehr Poren als die größeren Sandkörner. Schluffreiche Böden liegen mit ihrer Korn- und Porengrößenverteilung zwischen den Sand- und Tonböden. Sie haben einen besonders hohen Anteil an Mittelporen ($d = 0,0002\text{--}0,01\text{ mm}$), die das pflanzenverfügbare Wasser (= nFK = nutzbare Feldkapazität) enthalten. Tonböden besitzen viele Feinporen ($d = < 0,0002\text{ mm}$). Das hierin enthaltene Wasser wird als „Totwasser“ (TW) bezeichnet, weil die Pflanzen es kaum verwerten können. Den verhältnismäßig größten Anteil an Sickerwasser leitenden Grobporen ($d = > 0,01\text{ mm}$) besitzen Sandböden.

Diese Umstände haben Einfluss auf die Fähigkeit des Bodens, Wasser zu speichern oder versickern zu lassen. Sandböden sind schlechte

Wasserspeicher, da sie das Wasser schnell versickern lassen – ihre Poren sind zu weit, als das die Wassermoleküle durch Anziehungskräfte im Boden gehalten werden könnten (Haftwasser). Im Gegensatz dazu sind Tonböden hervorragende Wasserspeicher, weil sie sehr viele feine Poren besitzen. Ihre Poren sind jedoch überwie-

gend so klein, dass sie einen Großteil des Wassers mit einer sehr hohen Anziehungskraft „festhalten“. Das macht es den Pflanzenwurzeln

„Der Boden ist eines der kostbarsten Güter der Menschheit. Er ermöglicht es Pflanzen, Tieren und Menschen, auf der Erdoberfläche zu leben.“ Europäische Bodencharta

fast unmöglich, dieses Wasser aufzunehmen. Das Wasser im Sandboden versickert, während der Lehmboden (hoher Schluffanteil) das Wasser hält, es aber gleichzeitig für die Pflanzenwurzeln zur Verfügung stellen kann (pflanzenverfügbares Wasser). Der Tonboden hingegen bindet einen Großteil des Wassers so stark, dass die Pflanzenwurzeln es nicht aufnehmen können (Totwasser). Dies ist die Ursache dafür, dass sich ein Tonboden bei 20 % Wassergehalt trocken, ein Schluffboden bei gleichem Wasser-

Regenwürmer und Co.

Monika Joschko, Müncheberg und Stefanie Frück, Berlin

Bodentiere erfüllen wichtige Funktionen im Hinblick auf den Stoffumsatz und die Gefügebildung, obwohl sie gewichtsmäßig nur einen kleinen Anteil der Bodenlebewelt ausmachen. Sie tragen entscheidend zur Bodenfruchtbarkeit bei. Im landwirtschaftlich genutzten Boden kommt vor allem den Regenwürmern eine große Bedeutung zu. Ihnen verdankt der Mensch nach Darwin (1882) „mehr als dem Pflug“: Regenwürmer arbeiten Pflanzenrückstände in den Boden ein, vermischen diese mit Mikroorganismen und mineralischen Bodenbestandteilen und deponieren Losung an unterschiedlichen Stellen im Bodenprofil.

Regenwürmer, die kleinen Helfer im Untergrund

Diese Tätigkeit ähnelt der Mischungstätigkeit des Pfluges, allerdings vollzieht sie sich in

kleinsten Dimensionen (μm -Bereich) und umfasst Bodentiefen (mehrere m), in die kein Gerät hinabreicht. Vor allem tiefgrabende, große Arten wie der Tauwurm (*Lumbricus terrestris*) ha-



Tauwurm (Lumbricus terrestris)

ben für die Verlagerung von Nährstoffen in den Unterboden, wo sie der Pflanze zugute kommen können, große Bedeutung. Untersuchung der Losungstapeten von Wurmgängen zeigten, dass Nährelemente in der Größenordnung von 64 kg N, 30 kg P, 5 kg K und 69 kg Ca, durch die Tätigkeit der Regenwürmer im Unterboden konzentriert werden (Graff 1967). Es ist davon auszugehen, dass Regenwürmer einen bedeutenden Beitrag für die Ertragsbildung leisten.



Pseudogley aus Löss über Kalksteinverwitterung mit Krümelstruktur im Oberboden

gehalt feucht und ein Sandboden nass anfühlt. Tonteilchen sind also sehr quellfähig.

Die Bodenart hat durch die Form und die Größe der Oberfläche der Bodenteilchen einen entscheidenden Einfluss auf die Bodenstruktur. Die winzigen Tonpartikel können dank ihrer Struk-

tur komplexe Bindungen mit Stoffen im Boden eingehen – ihre verhältnismäßig große Oberfläche sorgt zudem für erheblich mehr Bindungsmöglichkeiten als dies bei Sandkörnern der Fall ist. Das ist der Grund dafür, warum tonreiche Böden sehr komplexe und stabile Bodenaggregate ausbilden können, während sandreiche Böden dazu neigen, in instabilen Einzelkorngefügen zu verharren. Sandböden können ihre Struktur nur in Kombination mit hohem Humusgehalt positiv verändern.

Eine auf die Bodenart abgestimmte Kalkung des Bodens mit dem Ziel optimaler pH-Werte (z.B. Sand pH 5,6, lehmiger Schluff pH 6,5, toniger Lehm pH 7,0) beeinflusst die Bindungen zwischen den Bodenteilchen positiv und fördert eine lockere, aber stabile Bodenstruktur. Tonteilchen sind Produkte aus der Verwitterung der Gesteine und Minerale sowie der Bodenbildung. Den Grundbaustein der Tonteilchen bildet eine Verbindung aus den chemischen Elementen Silicium und Sauerstoff (SiO_2). Diese Grundbausteine werden zu Zwei- und Dreischicht-Tonmineralen aufgebaut, sie sind unterschiedlich vernetzt und verleihen allen

Tonmineralen die Eigenschaft, Nährstoffe nicht nur zu binden und zu speichern, sondern diese auch verfügbar zu halten. Dies gilt insbesondere für die Nährstoffe Kalium und Ammonium. Es ist letztlich diese Eigenschaft der Tonminerale, die die Grunddüngung und auch die Kalkung innerhalb der Fruchtfolge möglich machen.

An den vielen Bindungsplätzen der Tonminerale werden außerdem Schadstoffe und auch die Einträge durch den „Sauren Regen“ gepuffert. Diese Fähigkeit wird allerdings geschwächt, wenn Böden über lange Zeiträume nicht gekalkt werden. Sinken die pH-Werte von Böden unter pH 3,0, wie es bei vielen Waldböden der Fall ist, können sich Tonminerale nicht mehr regenerieren, die Tonminerale lösen sich dann auf, der Boden versandet. Die Bodenfruchtbarkeit dieser Böden geht dann irreversibel verloren. Deshalb ist die Bodenkalkung aktiver Bodenschutz.

Prof. Dr. Thomas Weyer

Fon 0 29 21/37 82 45

Fax 0 29 21/37 82 00

weyer@fh-swf.de

Höhere Infiltrationsrate und weniger Bodenerosion

Die Gänge der tiefgrabenden Regenwürmer stellen außerdem bevorzugte Leitungsbahnen für Wasser und Luft dar. So erhöhen Regenwurmgänge die Infiltrationsrate und vermindern die Bodenerosion.

Ökologische Leistung zum Nulltarif

Welche Möglichkeiten hat nun der Landwirt, um sich diese „ökologischen Gratisleistungen“ der Bodenlebensgemeinschaft nutzbar zu machen? Die Versorgung der Böden mit organischer Substanz ist der Schlüssel zum Bodenleben. Grundsätzlich wirken sich alle Maßnahmen, welche zu einer Steigerung des Nahrungsangebotes für die heterotrophen Bodenorganismen führen, förderlich auf Populationsdichten und Aktivität aus. Eine Steigerung des Humusgehaltes kann bekanntlich durch

organische Düngung und eine weite Fruchtfolge erreicht werden. Eine Kombination dieser Maßnahmen mit nicht-wendender Bodenbearbeitung wirkt sich dabei besonders positiv auf den Regenwurmbesatz aus.

Konservierende Bodenbearbeitung

Durch nicht-wendende Bodenbearbeitung werden besonders die tiefgrabenden Regenwürmer gefördert, welche auf Pflanzenrückstände an der Bodenoberfläche angewiesen sind. In der Dämmerung kommen die Tiefgräber mit dem Vorderende an die Bodenoberfläche, weiden die Umgebung ihrer Röhre ab und ziehen Pflanzenreste in ihre Röhre hinein. Bei konservierender Bodenbearbeitung verbleibt ein Teil der Pflanzenreste an der Oberfläche und kann so als Nahrung dienen. Ergebnisse von Projekten zeigen, dass auf heterogenen sandigen Böden Bodeneigenschaften wie der Tongehalt

maßgeblich die Reaktion der Regenwurmpopulation auf unterschiedliche Bearbeitung bestimmen. Wie zu erwarten, wirkt sich konservierende Bodenbearbeitung besonders auf besseren Böden günstig aus.



Die Bodenumlagerungsleistungen von Regenwürmern werden auf bis zu 100 dt/ha und Jahr geschätzt.