

Bodenkörper

Boden (= *Pedosphäre*) ist die belebte oberste Schicht der festen Erdkruste. Nach oben wird er durch die Pflanzendecke und die Atmosphäre begrenzt, nach unten durch mehr oder weniger festes Ausgangsgestein (= *Lithospäre*). Er besteht aus Mineralien unterschiedlicher Art und Größe (= *mineralische Substanz*), die bei der Verwitterung des Ausgangsgesteins entstehen (s. **Bodenentwicklung**), *organischer Substanz* (Humus, Pflanzenwurzeln und Bodenorganismen), Wasser und Luft (s. Abb.1).

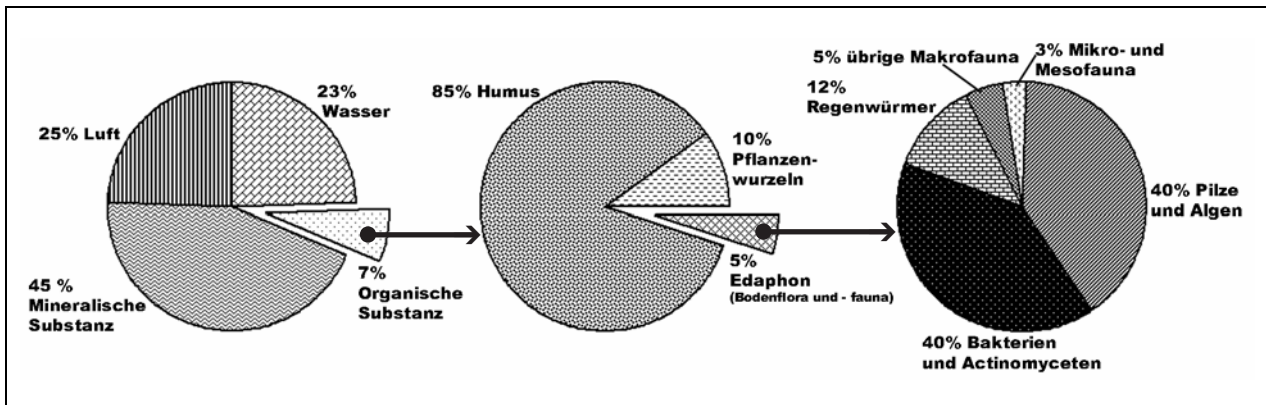
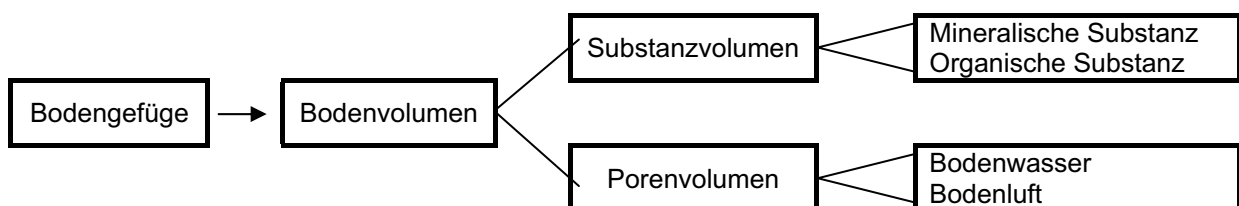


Abb.1: Bestandteile des Bodens (nach SCHROEDER 1992, S. 13 und 36)

Die festen Bodenpartikel sind in bestimmter Weise im Raum geordnet und bilden einen strukturierten Bodenkörper mit einem charakteristischen Gefüge. Zwischen den Partikeln befinden sich Hohlräume (= *Poren*), die teils mit Bodenlösung (Wasser mit gelösten und suspendierten Stoffen), teils mit Bodenluft gefüllt sind (s. Abb.2). In diese Hohlräume können Pflanzenwurzeln vordringen und den Boden tiefgründig durchwurzeln. Hier und an den benachbarten Bodenkrümeln leben auch die zahlreichen Bodenorganismen (Mikroorganismen, Algen, Pilze und Bodentiere).

Die räumliche Anordnung der festen *Bodensubstanz* (mineralische und organische Substanz) bezeichnet man als *Bodengefüge*. Es beeinflusst u.a. den Wasser-, Luft-, Wärme- und Nährstoffhaushalt des Bodens, seine Durchwurzelbarkeit, Besiedlung mit Lebewesen, verschiedene Entwicklungsprozesse und die Aufteilung des *Bodenvolumens* in *Substanz-* und *Porenvolumen*.



Die Aufteilung des Bodenvolumens eines spezifischen Bodenkörpers ist abhängig von Art und Menge der mineralischen und organischen Substanz sowie Art und Grad der Zusammenlagerung der festen Bodenpartikel. Je größer dabei das Substanzvolumen, desto geringer ist in der Regel das Porenvolumen. Allgemein steigt das Porenvolumen bei zunehmend feinkörnigem Material.

Aufgrund der Mischung fester, flüssiger und gasförmiger Bestandteile im Bodenkörper, wird Boden auch als Drei-Phasen-System bezeichnet. Die Vielfalt der Böden auf der Erde basiert letztendlich auf unterschiedlichen Verhältnissen hinsichtlich der Menge,

Qualität und räumlichen Verteilung dieser Bestandteile sowie unterschiedlichen Entwicklungsstufen. In der Regel ist der Bodenkörper in verschiedene Schichten differenziert (s. Abb.2).

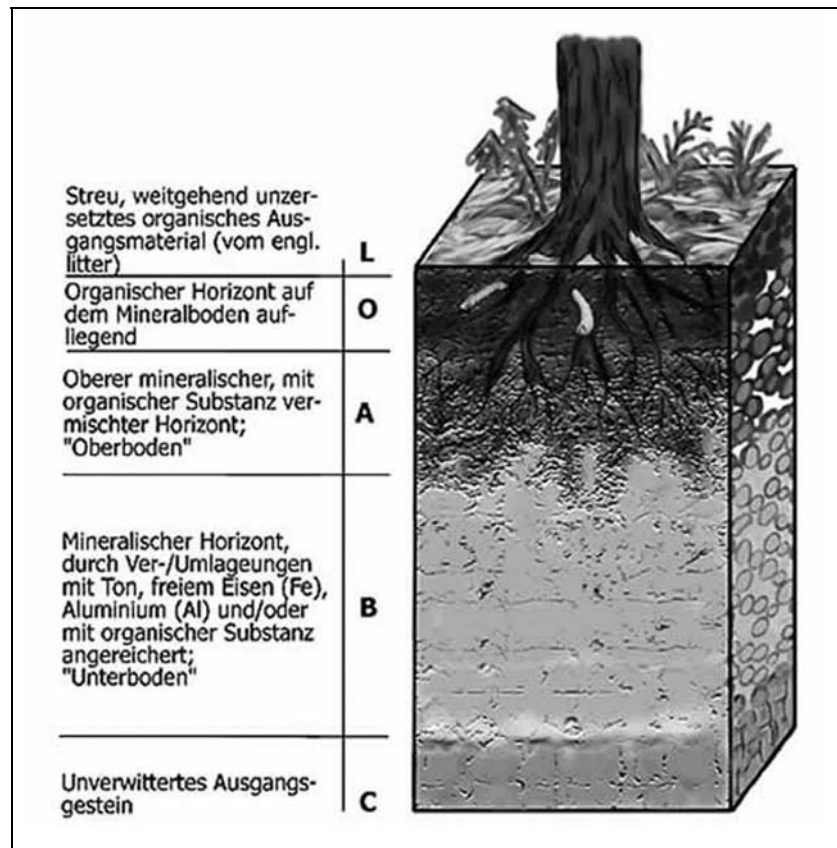


Abb. 2: Differenzierung des Bodenkörpers

Weitere Informationen: → www.hypersoil.uni-muenster.de/0/03.htm
www.hypersoil.uni-muenster.de/0/04/06.htm (Bodenprofile)
www.bodenwelten.de
www.metasoil.de

Unterrichtsversuche zu diesem Aspektbereich:

- Versuch 1: Fingerprobe (Bodenbestandteile fühlen)
- Versuch 2: Schlämmprobe (Bodenbestandteile trennen)
- Versuch 3: Bodenprofil (Bodenkörper erkennen)
- Versuch 4: Spatenprobe (Bodenkörper / -struktur erkennen)
- Versuch 5: Bodenwasser (Wassergehalt des Bodens)
- Versuch 6: Bodenluft (Luftgehalt des Bodens)
- Versuch 7: Humusgehalt (Bestimmung der organischen und mineralischen Substanz)

Bodenentwicklung

Böden entstehen aus Gesteinen. Die Bodenbildung und seine weitere Entwicklung (= *Pedogenese*) vollzieht sich in relativ langen Zeiträumen unter dem Einfluss verschiedener Faktoren wie z.B. Klima, Grundwasser, Oberflächenrelief, Vegetation, Bodenorganismen und menschliche Einwirkungen (s. Abb.1). Wesentliche Prozesse bei der Bodenentwicklung sind die physikalische, chemische und biogene *Verwitterung* des Ausgangsgesteins und *Mineralneubildungen*, die zur Bildung der mineralischen Substanz des Bodenkörpers führen. Parallel dazu gewinnen zunehmend *Zersetzungsprozesse* der organischen Substanz wie *Mineralisierung* (Abbau) und *Humifizierung* (Neubildung) an Bedeutung. Aus den sich im Laufe der Zeit verändernden mineralischen und organischen Substanzen, die durchmischt, verlagert und neu aufgebaut werden, entsteht ein organisierter Bodenkörper mit charakteristischem Gefüge (s. **Bodenkörper**).

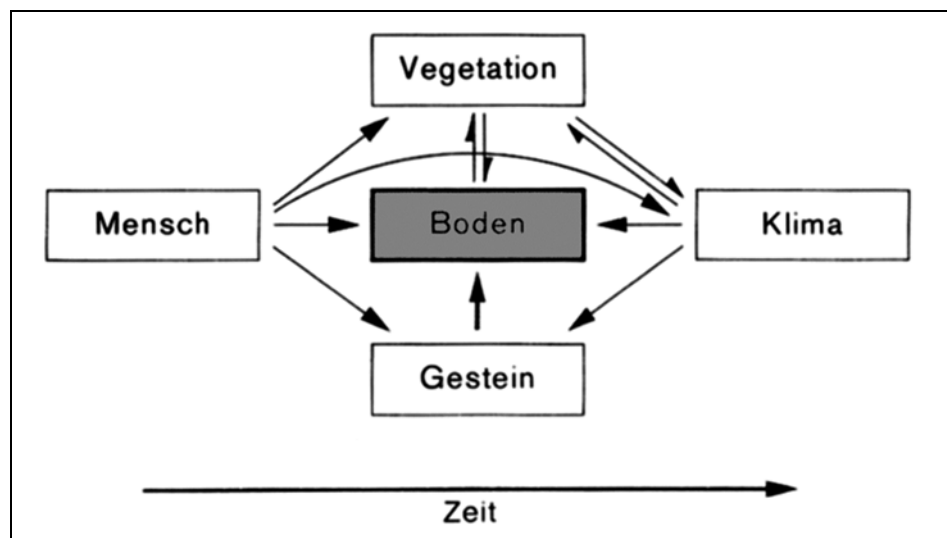


Abb. 1:
Zusammenwirken der
Faktoren bei der
Bodenentwicklung
(nach SCHROEDER
1992, S. 83)

Die Bodenentwicklung beginnt in der Regel an der Oberfläche des Gesteins und schreitet im Laufe der Zeit in die Tiefe fort. Zunächst wird das feste Gestein durch physikalische und chemische Prozesse zunehmend gelockert. Es entstehen Klüfte und Spalten, in denen sich erste Moose, Flechten, Mikroorganismen, aber auch erste Bodentiere ansiedeln können. Durch Absterben und Einwehungen entwickelt sich allmählich eine geringmächtige Humusschicht auf der jetzt auch Gräser und Kräuter wachsen können (s. Abb.2).

Durch permanenten Verwitterungsprozesse und die Einwirkungen von Pflanzen und Tieren zerfällt das Gestein immer weiter und wird mit den organischen Substanzen zu lockerer Erde gemischt, in der bei ausreichender Nährstoff- und Wasserversorgung schließlich auch größere Sträucher und Bäume wurzeln und leben können. Diese wiederum tragen beispielsweise durch die Kraft der Wurzeln und das Freisetzen von Säuren zum weiteren Zerfall des Gesteins bei. Die entstehende Vegetationsdecke schützt den Boden vor Trockenheit und Kälte, aber auch vor *Erosion* durch Wind und Regen. Vor allem aber liefern die Pflanzen reichlich organisches Material, das durch *Zersetzung* und *Humifizierung* zu Humus umgebildet wird. So entsteht im Wirkungsgefüge von Ausgangsgestein, Relief, Klima, Wasser, pflanzlichen und tierischen Organismen und Menschen der Boden.

Abhängig von der Qualität des Ausgangsgesteins und den vor Ort einwirkenden spezifischen Faktoren entwickeln sich im Laufe der Zeit verschiedene *Bodentypen*, die durch ein charakteristisches *Bodenprofil* mit verschiedenen *Bodenhorizonten* gekennzeichnet sind.

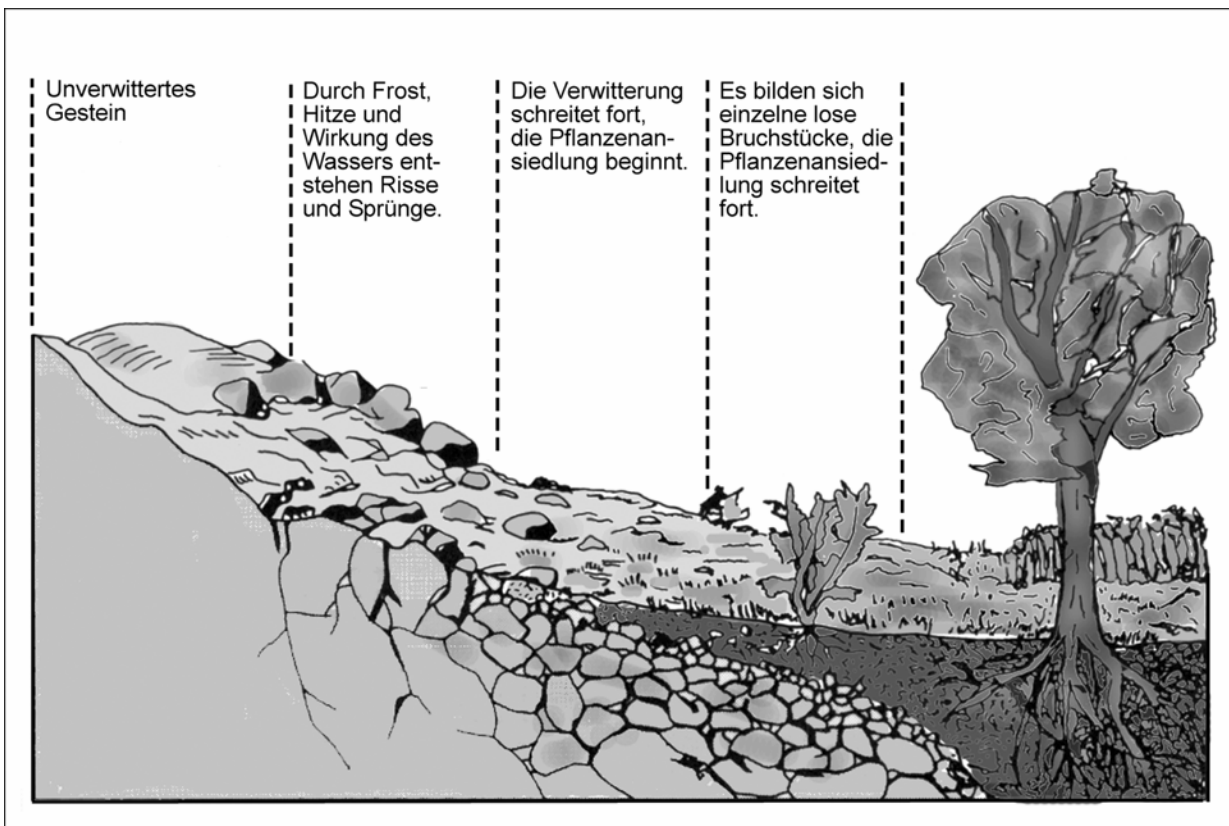


Abb. 2: Vom Gestein zum Boden (verändert nach: KLOHN/ WINDHORST 1999, S. 13)

Weitere Informationen: → www.hypersoil.uni-muenster.de/0/04.htm
www.bodenwelten.de
www.metasoil.de

Unterrichtsversuche zu diesem Aspektbereich:

- Versuch 3: Bodenprofil (Zustand der Bodenentwicklung; → **Bodenkörper**)
- Versuch 4: Spatenprobe (Zustand der Bodenentwicklung; → **Bodenkörper**)
- Versuch 8: Frostsprengung (physikalische Verwitterung)
- Versuch 9: Wärmesprengung (physikalische Verwitterung)
- Versuch 10: Sprengkraft Erbsen (physikalisch-chemische und biogene Verwitterung)
- Versuch 11: Zersetzung (Abbau und Umwandlung der organischen Substanz)
- Versuch 12: Wassererosion (Verlust der Bodensubstanz durch Wassereinwirkung)
- Versuch 13: Winderosion (Verlust der Bodensubstanz durch Verwehung)
- Versuch 19: Säureabgabe der Wurzeln
(biogene Verwitterung; → **Bodeneigenschaften**)

Bodeneigenschaften

Boden besteht aus verschiedenen Bestandteilen, die in unterschiedlichen Phasen vorliegen: feste Phase: *Mineralische Substanz* und *Organische Substanz*, die zusammen die Bodenmatrix oder Bodenfests substanz bilden - flüssige Phase: *Bodenwasser* mit unterschiedlichen Anteilen gelöster Stoffe (Bodenlösung) und gasförmige Phase: *Bodenluft*.

Diese drei Phasen (→ **Bodenkörper**) können sich sowohl räumlich als auch zeitlich verändern und bilden zusammen den Bodenkörper, der auch als „Dreiphasen-System“ bezeichnet wird. Der Bodenkörper entwickelt sich im Laufe der Zeit zu einem charakteristischen Komplex mit kleinräumig differenzierten Lebensräumen, die von unterschiedlichen Bodenorganismen besiedelt werden (→ **Bodenleben**).

Dieser belebte Bodenkörper (= *Pedosphäre*) besitzt spezifische Eigenschaften, die sich einmal aus Anteil, Qualität und räumlicher Anordnung der drei Bodenkörperphasen (= *physikalisch-chemische Bodeneigenschaften*), zum anderen aus der Lebenstätigkeit der Bodenorganismen (= *biogene Bodeneigenschaften*) und vielfältigen Wechselwirkungen zwischen beiden Fraktionen ergeben.

Bodeneigenschaften sind immer ein Produkt der verschiedenen abiotischen und biotischen Entwicklungsprozesse im Boden (→ **Bodenentwicklung**) und unterliegen einem mehr oder weniger starken Wandel. Sie sind Gegenstand von verschiedenen bodenkundlichen wie bodenökologischen Untersuchungen und geben Auskunft über den Entwicklungszustand des Bodens.

Da die Versuche zur Bestimmung spezifischer Bodeneigenschaften häufig auf chemischen Nachweisreaktionen beruhen und einige Vorkenntnisse bzw. einen relativ großen Materialaufwand erfordern, beschränken wir uns hier auf einige wenige Versuche. Diese Versuche konzentrieren sich auf den Aspekt „Boden als Standort“ bzw. „Boden als Grundlage für pflanzliches Wachstum“ und sind relativ einfach zu handhaben. Weitere Anregungen sind reichlich in den bereits vorliegenden Unterrichtsmaterialien (→ **Medien & Materialien**) zu finden.

Weitere Informationen: → www.hypersoil.uni-muenster.de/0/05.htm
www.bodenwelten.de
www.metasoil.de

Unterrichtsversuche zu diesem Aspektbereich:

- Versuch 1: Fingerprobe (→ **Bodenkörper**)
- Versuch 2: Schlämmprobe (→ **Bodenkörper**)
- Versuch 11: Zersetzung (→ **Bodenentwicklung**)
- Versuch 14: Wasserspeicherung
- Versuch 15: Wasserdurchlässigkeit
- Versuch 16: Filterwirkung
- Versuch 17: Pflanzenwachstum
- Versuch 18: Nährstoffe und Wachstum
- Versuch 19: Säureabgabe der Wurzeln

Bodenleben

Voraussetzung für ein reichhaltiges Bodenleben und eine vielfältige Bodentierwelt ist ein locker strukturierter Bodenkörper mit vielen Hohlräumen, ein ausreichender Gehalt an abbaubaren Bestandsabfällen (Laubstreu) und ein ausgeglichenes Bodenklima (Wärme, Feuchtigkeit und Durchlüftung).

Lebewesen, die dauerhaft im Boden leben, werden als Bodenorganismen bezeichnet. Sie sind in der Regel so klein, dass sie mit bloßem Auge kaum oder gar nicht zu erkennen sind, und äußerst zahlreich im Boden vertreten. Diese Bodenorganismen zeichnen sich durch eine große Arten- und Formenvielfalt aus. Dazu gehören z.B. Bakterien, Einzeller, Pilze, Algen, Würmer, Krebstiere, Spinnentiere, Tausendfüßer und zahlreiche Insektenordnungen (s. Abb. 1), die den Bodenkörper unterschiedlich nutzen und maßgeblich mitgestalten.



"In einer Handvoll guten Humusbodens gibt es weitaus mehr Lebewesen als Menschen auf der Erde. Das Trockengewicht all dieser Bakterien und Pilze, Einzeller, Würmer, Spinnen und Insekten summiert sich pro Hektar auf rund 5 Tonnen ..."

STERN-Report (1985) "Rettet den Boden", S.20

Die meisten Bodenorganismen sind typische Hohlraum- und Oberflächenbewohner, d.h. sie besiedeln die Poren zwischen den festen Bodenpartikeln und deren Oberflächen. Hier ernähren sie sich überwiegend von der abgestorbenen organischen Substanz, die sie abbauen und umwandeln. Sie können sich über das Porensystem weiter ausbreiten und dadurch das Porensystem auch verändern. Eine wichtige Rolle spielt dabei das Wurzelwachstum der Pflanzen und die grabende oder wühlende Fortbewegung größerer Bodentiere (z.B. Regenwurm oder Maulwurf), was den Boden auflockert und neue Siedlungsräume schafft.

Aufgrund der geringen Porengröße sind die meisten Bodenlebewesen sehr klein und an die spezifischen Verhältnisse - Lichtarmut, Sauerstoffmangel und hohe Feuchtigkeit - besonders angepasst. Ihr Verbreitungsschwerpunkt liegt im organisch angereicherten Oberboden, da mit zunehmender Tiefe Bodendichte und Wassergehalt des Bodens weiter zunehmen, während Durchlüftung und Sauerstoffversorgung immer mehr abnehmen.

Abhängig von unterschiedlichen Bodenarten und -entwicklungstypen schwanken die Zusammensetzung der Arten und ihre jeweilige Individuendichte. Auch bei guter Besiedlung des Bodenkörpers beträgt der Gewichtsanteil aller ständig im Boden lebenden Organismen weniger als 1 % der festen Bodensubstanz. Das verdeutlicht wie klein die Bodenlebewesen sind. So kommen in einem Bodenwürfel von 1 m

Kantenlänge und 30 cm Tiefe bei guter Bodenqualität mehr als 1,6 Billionen Bodenorganismen vor, die aber alle zusammen nicht mehr als 200 g auf die Waage bringen (s. Abb.1). Eine arten- und individuenreiche Gemeinschaft von Bodentieren trägt zu einer permanenten Durchmischung des Bodens, zu einem zügigen Abbau der anfallenden organischen Substanz (insbesondere Laubstreu) und Förderung der Bodenfruchtbarkeit bei.

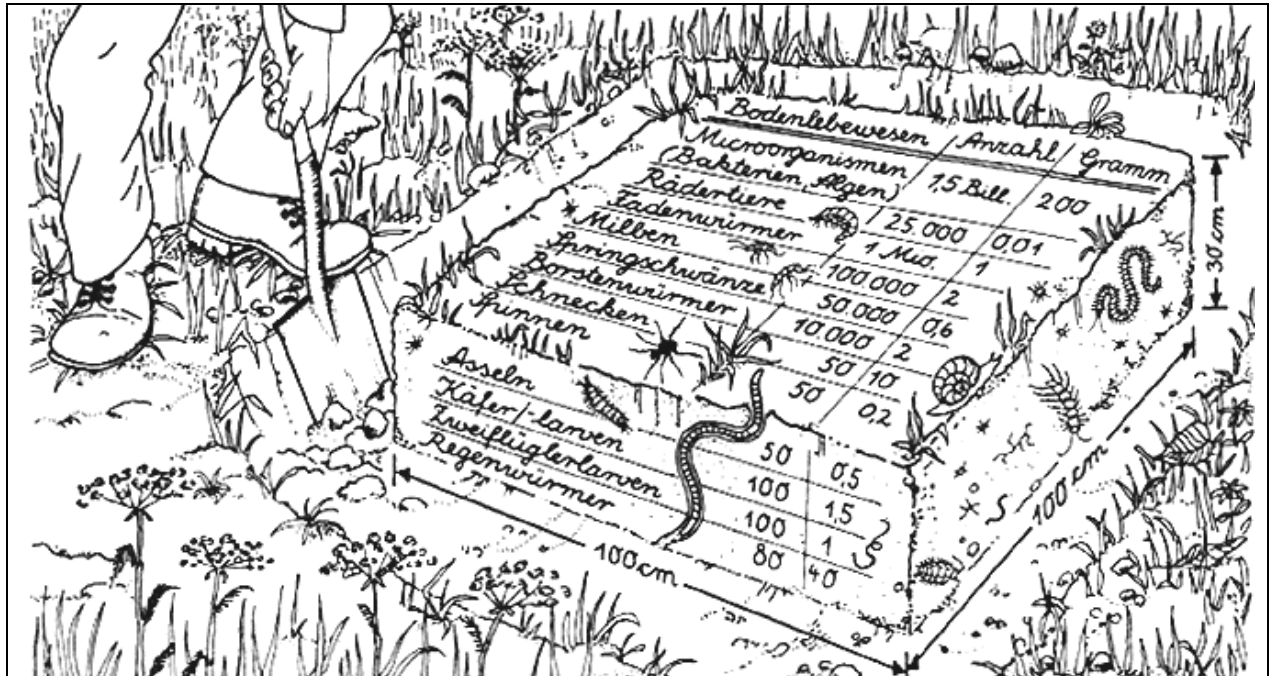


Abb.1: Lebewesen im Boden

(Mikroorganismen = Bakterien, Einzeller, Algen und Pilze; Abb. aus: KNIRSCH, R. (1993): Unsere Umwelt entdecken - Spiele und Experimente für Eltern und Kinder. 2. Auflage, S. 35)

Weitere Informationen _

- ➔ www.hypersoil.uni-muenster.de/0/06.htm (Bodenleben)
- www.hypersoil.uni-muenster.de/0/07.htm (Bodentiere)
- www.hypersoil.uni-muenster.de/0/08.htm (Bodenflora)
- www.hypersoil.uni-muenster.de/1/02.htm (Regenwurm-Werkstatt)
- www.hypersoil.uni-muenster.de/1/03.htm (Assel-Werkstatt)
- www.bodenwelten.de
- www.metasoil.de

Unterrichtsversuche zu diesem Aspektbereich:

- Versuch 11: Zersetzung (Abbau der organischen Substanz; ➔ **Bodenentwicklung**)
- Versuch 20: Bodentiere
- Versuch 21: Regenwurmbeobachtungsglas
- Versuch 22: Regenwurmuntersuchung
- Versuch 23: Regenwurmborsten
- Versuch 24: Asseln
- Versuch 25: Asseluntersuchung
- Versuch 26: Springschwänze
- Versuch 27: Abbau von Laubblättern

