Lehre Bodenkunde im BSc. Geoökologie

| 3. Semester | VL: Einf. in die Bodenkunde, VL: Einf. in die Bodenphysik |
|------------------------|--|
| 4. Semester | VL: Einf. in die Bodenökologie Ü: Standortkundliches + Physikalisches Feldpraktikum |
| 3. oder 5. Semester | Ü: Bodenchemische Laborübungen (Wahl) |
| 4.oder 6. Semester | VL Bodenschutz (Wahl) |
| 4. oder 6. Semester | Ü: Bodenkundlicher Kartierkurs (Wahl) S/Ex: Böden Nordwestdeutschlands (Wahl) |

Vorlesung "Einführung in die Bodenkunde"

A) Bodenbildungsprozesse und deren Mechanismen

- <u>Humusbildung</u>, Organische Substanz im Boden: Eigenschaften, Humusformen
- Verbraunung, Bodenminerale: Silikate, Verwitterung und Neubildung, Tonminerale
- ➤ Entkalkung, Carbonatisierung:
- ➤ Tonverlagerung: Flockung und Peptisation
- Podsolierung, Metallkomplexierung
- ➤ Redoximorphose: Redoxprozesse
- ▶ Versalzung, Lösung-Fällung,
- ➤ <u>Turbation</u>
- ➤ Gefügebildung und -formen: siehe auch Bodenphysik

Vorlesung "Einführung in die Bodenkunde"

B) Chemische Prozesse in Böden

- ➤ Ladungsverhältnisse an Oberflächen
- Kationenaustausch
- > Anionensorption
- Säure-Base Reaktionen
- Kinetik der chemischen Prozesse
- Zusammensetzung und Bedeutung der Bodenlösung

C) Bodentypen in Deutschland

Eigenschaften, Entstehung, Verbreitung, Nutzung

Was ist Boden?

- Boden = oberste Schicht der Erdoberfläche, die unter dem Einfluss der Umweltfaktoren entstanden ist
- Boden ist mit Wasser, Luft und Lebewesen durchsetzt
- **Boden** = Umwandlungsprodukt mineralischer und organischer Festsubstanz
- Boden weist eigene morphologische Organisation (Horizontierung) auf
- Boden = Pflanzenstandort und Lebensraum vieler Organismen

 1 – 10 dm Erdoberfläche, Grundlage des terrestrischen Lebens!

Was ist Boden?

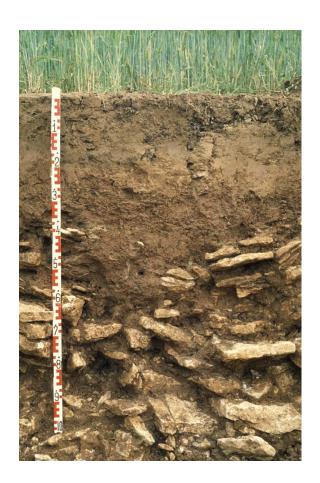
- Ein Boden ist <u>keine</u> reine Gesteins-Zersatzzone (Saprolith).
- Ein Boden stellt eine abgrenzbare Einheit dar.
- Boden ist ein Gemisch aus drei Phasen: Fest-, Flüssig- und Gasphase.
- In einem Boden laufen biologische, chemische und physikalische Prozesse ab, durch die er entstanden ist und durch die er weiter umgewandelt wird.
 - Böden entwickeln sich ständig weiter!

Pedosphäre

Gesamtheit aller Böden = Bodendecke, die alle Kontinente überzieht

Abgrenzung der Pedosphäre

Atmosphäre



Lithosphäre

Böden sind vielfältig

sandig tonig tiefgründig flachgründig steinig steinfrei pH sauer pH neutral nährstoffarm nähstoffreich Waldböden Acker- + Grünlandböden Wassersättigung ohne Wassersättigung

Böden sind vielfältig







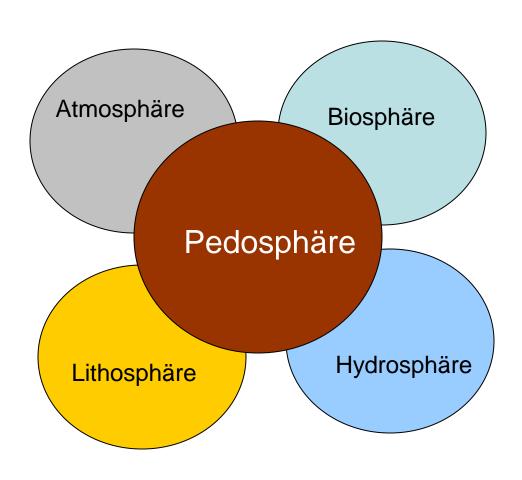




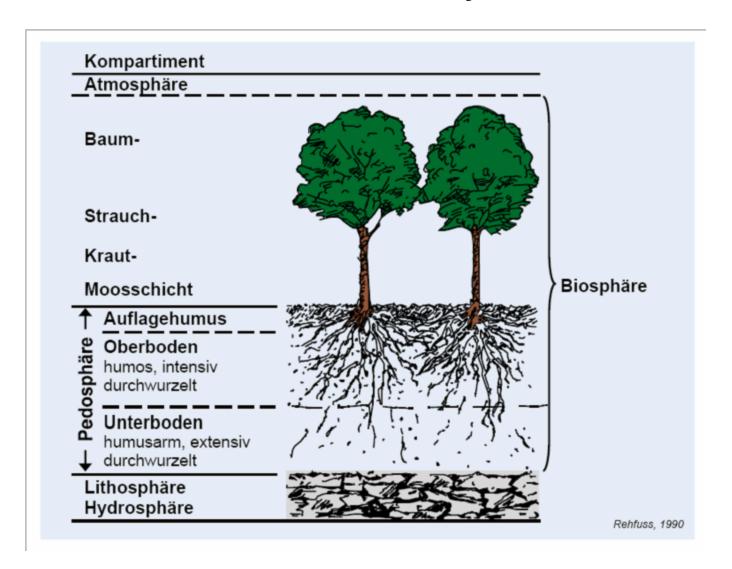




Pedosphäre als Schnittstelle zwischen Lithosphäre, Atmosphäre, Biosphäre, Hydrosphäre



Pedosphäre als Teil der Biosphäre in einem Waldökosystem



Stoffbestand von Böden: 3-Phasen-Gemisch

Wasser

Mineralpartikel

2.3 Wasser, Luft und mineralische Partikel im Boden. In einem wasserdurchlässigen Boden sind die weitlumigen Poren luftgefüllt. Wasser befindet sich in den engeren Poren und überzieht die Bodenteilchen. Auch Aggregate enthalten Wasser (nicht gezeigt).

Stoffbestand von Böden

Festsubstanz wird unterteilt in

- mineralische Komponenten:
 Steine, primäre Minerale, sekundäre Minerale
- organische Komponenten:
 Streu, stark zersetzte Reste von Pflanzen (Humus)
 Lebewesen: Bakterien, Pilze, Tiere (Edaphon)

mineralische Substanz überwiegt bei weitem

(Ausnahme: Moorböden und Humusauflagen)

Stoffbestand von Böden

Festsubstanz kann charakterisiert werden:

- physikalische Eigenschaften:
 Dichte, Körnung, Porenverteilung, physik. Prozesse
- chemische Eigenschaften: Mineralogie, Humuschemie, chem. Prozesse
- biologische Eigenschaften:
 Pilze, Bakterien, Tiere, Enzyme, biol. Prozesse,

Entstehung von Böden (Bodengenese)

Dokuchaev (1883):

Böden sind das Produkt von **bodenbildenden Faktoren**



Bodengenese als dynamischer Prozess

Vasili Dokuchaev:

Vater der modernen Bodenkunde



Vasili Dokuchaev (1846-1903) is widely regarded as the father of soil science. He was one of the first people to investigate the properties of soil in a systematic and scientific manner. He explained how soils reflect the environment in which they are formed. He introduced the concept of five soil forming factors (climate, organisms, topography, parent material, time) that are still accepted in modern soil science. Most of his new ideas were published in his classic book the "Russian Chernoziom". The picture was taken in the Docuchaev Museum in St. Petersburg where he worked (EM).

Bodenbildende Faktoren

Gestein:

unterschiedliche Mineralausstattung und Verwitterbarkeit

• Klima:

<u>Temperatur</u> und <u>Strahlung</u> beeinflussen Bodentemperatur, die Umsatzraten chemischer Reaktionen (Humusumsatz, Verwitterung) steuert

Niederschläge steuern Stofftransport, Stau- und Grundwasser-Einflüsse, Erosion, Verwitterung

Wind kann zu Erosion führen

Bodenbildende Faktoren

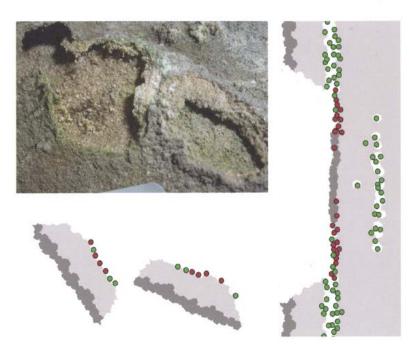
Relief / Topographie:

Bodenwasserhaushalt, Stofftransport, Erosionsraten, Umverlagerung (z.B. periglaziale Fließerden), Temperaturregime (Exposition)

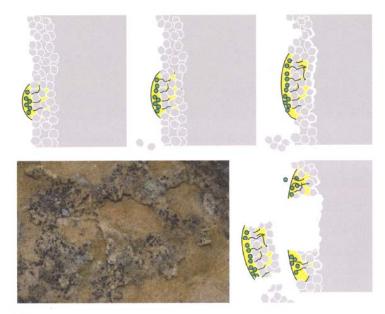
Lebewesen:

- Vegetation und Boden-Lebewesen sind für Anreicherung und Umsatz organischer Substanzen verantwortlich
- Vegetation beeinflusst die Verwitterung von Mineralen
- Wasser- und Stoffaufnahme der Vegetation beeinflusst Transportvorgänge
- **.....**

Algen und Flechten auf Steinen: Verwitterung



9 Auswirkungen einer Schicht endolithischer Algen im Gestein. Algen besiedeln nacheinander definierte Tiefen im Gestein und tragen zur Destabilisierung bei; schließlich platzen dünne Schichten von der Oberfläche ab (Kapelle der Burg Wendelstein, Memleben; schematische Abbildung in Seitenansicht).

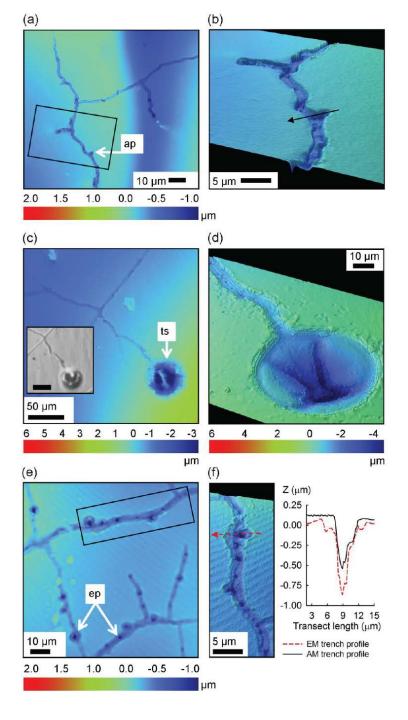


10 Auswirkungen von endolithischen Krustenflechten auf leicht verwitternden Sandstein. Die Pilzhyphen des Flechtenkörpers dringen in das Substrat ein (schematische Abbildungen; Flechtenkörper gelb/grün, Hyphen schwarz, Gestein grau), die ältesten, zentralen Teile der Flechte fallen schließlich heraus, eine durchwachsene Gesteinsschicht wird mitgenommen. Die Situation ist in der Abbildung unten links (Semionotussandstein) dargestellt.

Mineral surfaces and fungal hyphae

Quirk et al. 2014

Fig. 2. Alteration of silicate mineral surfaces by symbiotic fungal hyphae. (a) Linear trench features on muscovite in an AM Sequoia treatment at 500 ppm [CO₂]_a exhibiting the angular hyphal projections (ap) diagnostic of glomeromycotean (AM-forming) fungi. The area within the rectangular box in (a) is magnified and projected in 3-D in (b) to emphasise the morphology of the fungal trenches. The profile of the solid black transect arrow is plotted in (f). (c) Physical disruption of muscovite beneath AM Sequoia at 1500 ppm [CO₂]_a associated with a terminal spore (ts), as confirmed by light microscopy (inset; scale bar is 50 μm). (d) Surface disruption, associated with a terminal spore produced in muscovite beneath an AM Acer sapling at 1500 ppm $[CO_2]_a$. (e) Surface alteration by trenching and pitting of muscovite beneath EM Betula saplings; the area within the rectangular box is magnified in (f) to reveal morphological details of etch pits (ep) and the dashed red transect arrow is plotted. All units are micrometres.



Bodenbildende Faktoren

Mensch:

greift in vielfältiger Weise in die Bodenentwicklung ein durch Bewirtschaftung und Bodenbearbeitung

Zeit:

Dauer der Bodenentwicklung:

Jahrzehnte (in Rohböden)

Jahrtausende (Mitteleuropa: Nacheiszeit, ca. 10.000 a)

> 100.000 a (Böden in den Tropen)



Bodengenese



Braunerde aus Keupersandstein

Bodenbildende Faktoren



Bodenbildende Prozesse



Boden-Horizonte



Bodentypen

Bodenhorizonte

Definition:

<u>Bodenhorizonte</u> sind annähernd horizontal verlaufende, durch bodenbildende Prozesse entstandene Bereiche des Bodens mit einheitlichen Eigenschaften.

im Gegensatz dazu:

<u>Schichten</u> sind das Ergebnis geologischer Vorgänge (z.B. Sedimentation).

Bodentyp

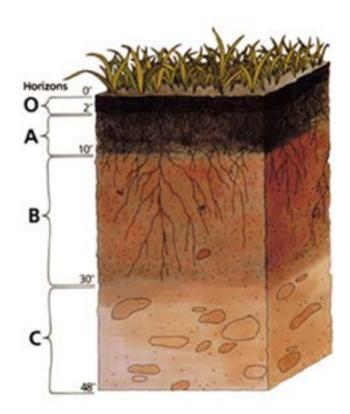
Definition:

<u>Der Bodentyp</u> ist eine Zusammenfassung von Böden gleichen Entwicklungszustandes.

Prozesse der Pedogenese stimmen überein ebenso wie diagnostische Horizonte bzw. Horizont-Kombinationen.

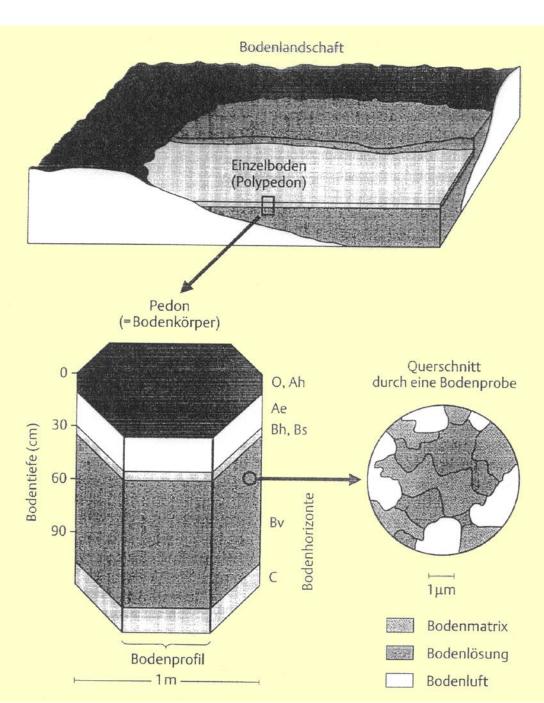
Bodentypen haben nicht notwendigerweise gleiche geogene (lithogene) Eigenschaften

Pedon = kleinste Einheit, die alle Eigenschaften eines Bodens aufweist = dreidimensionaler Landschaftsausschnitt



Bodenprofil:

zweidimensionaler senkrechter Schnitt durch ein Pedon



Pedon

Bodentyp = Polypedon

Bodenlandschaft = mehrere miteinander vergesellschaftete Bodentypen

Bodenhorizonte – Systematik

Einteilung in

Organische Horizonte
(> 30 Masse-% organische Substanz)

H diagnostische Horizonte des Bodentyps Moor

L, O Auflagehorizonte

Mineralische Horizonte
(< 30 Masse-% organische Substanz)

A

Oberbodenhorizonte

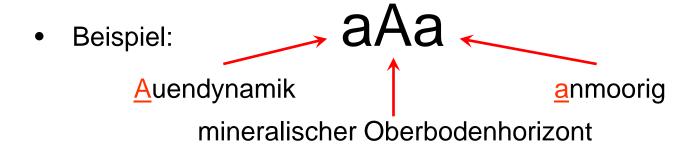
Unterbodenhorizonte

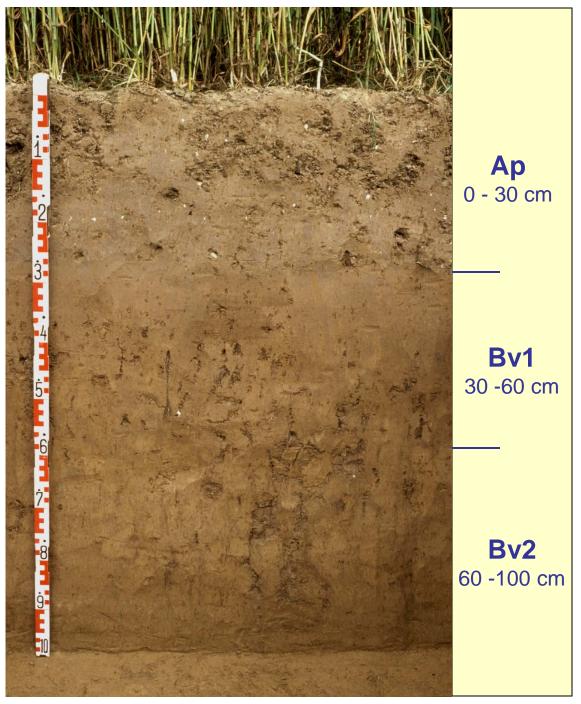
C

Untergrundhorizonte

Bodenhorizonte – Systematik

- Kennzeichnung durch
 - Hauptsymbole (= Großbuchstaben, z.B. A, B, C, P, T)
 - Zusatzsymbole (= Kleinbuchstaben, a-z) für
 - pedogene Merkmale (dem Hauptsymbol nachgestellt)
 - geogene/anthropogene Merkmale (dem Hauptsymbol vorangestellt)





Braunerde aus Lösslehm

Ton

Eigenschaften

17%

- Mäßig humos
- Mittlere Nährstoff-Versorgung
- nFK 168 mm

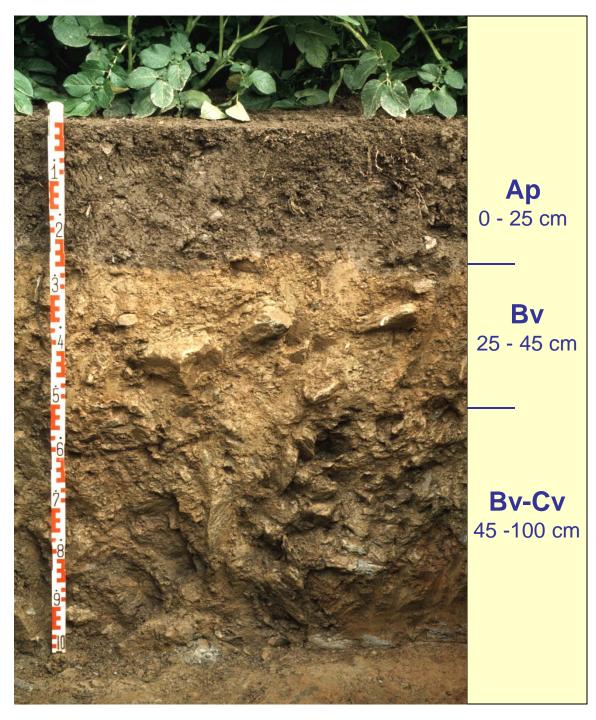
28%

- Gute-mäßige Durchlüftung
- Mittlere Erwärmung
- Sehr gute Bearbeitung

28%

- Neigt zur Verschlämmung
- Erosionsanfällig

Profil 41, Scheyern, Pfaffenhofen R. Brandhuber, Bayerische LfL



Braunerde aus Phyllit (Hangschutt)

Ton

Eigenschaften

12%

- Mäßig humos
- Gute K, schlechte P, Ca, Mg Versorgung
- nFK 93 mm

17%

- Gute-mäßige Durchlüftung
- Langsame
 Erwärmung
- Gute Bearbeitung
- Erosionsgefahr

Profil 19, Marktredwitz, Wunsiedel R. Brandhuber, Bayerische LfL

Podsol mit Ortsteinbildung, Lüneburger Heide



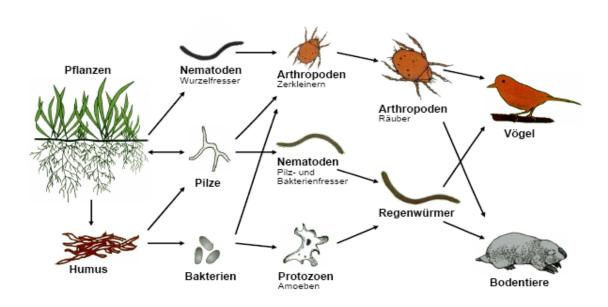
Bodenfunktionen

Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG § 2, Abs. 2)

Der Boden erfüllt im Sinne dieses Gesetzes

- 1. natürliche Funktionen als
 - a) Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen,
 - b) Bestandteil des Naturhaushalts, insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen,
 - c) Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere auch zum Schutz des Grundwassers,
- 2. Funktionen als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte sowie
- 3. Nutzungsfunktionen als
 - a) Rohstofflagerstätte,
 - b) Fläche für Siedlung und Erholung,
 - c) Standort für die land- und forstwirtschaftliche Nutzung,
 - d) Standort für sonstige wirtschaftliche und öffentliche Nutzungen, Verkehr, Ver- und Entsorgung.

Lebensraumfunktion



<u>Lebensraum für Pflanzen</u>

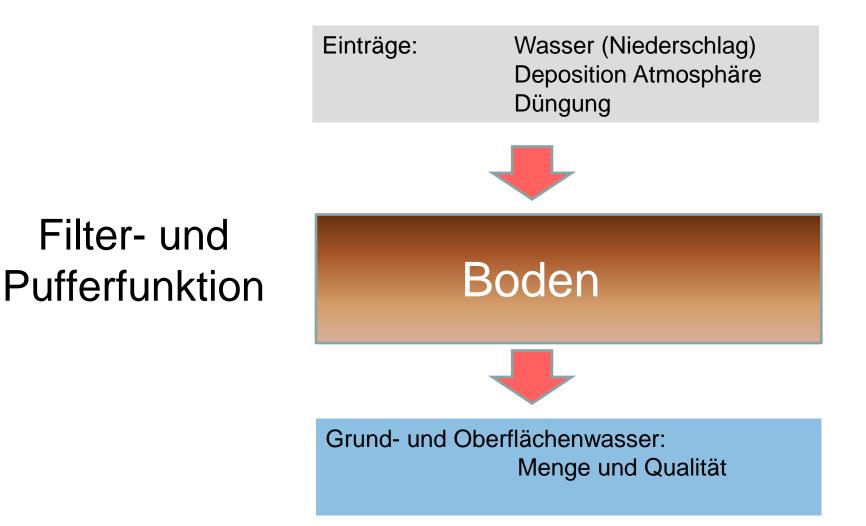
- Verankerung
- Wasserversorgung
- Nährstoffversorgung
- Sauerstoff (Wurzelatmung)

<u>Lebensraum für Tiere</u> + <u>Mikroorganismen</u>

- nährstoffreich
- gut gepuffertes Binnenklima
- kleinräumig sehr heterogen
 - → sehr hohe Artenzahl (Biodiversität)

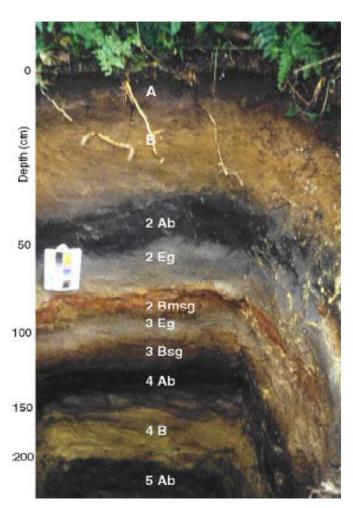
Nutzungsfunktionen

- Standort f
 ür land- und forstwirtschaftlich genutzte Pflanzen
- Nutzung von Ton, Sand, Kies z.B. als Baustoffe
- Flächen für Siedlungen, Verkehr usw.



- Bindung und Umwandlung zahlreicher Schadstoffe im Boden
- Bodenprozesse bestimmen weitgehend die Grundwasserchemie
- Böden als Zwischenspeicher für Niederschlagswasser

Archivfunktion



Paläoboden am Kilimanjaro

Böden als Archiv der Landschaftsgeschichte

(Rekonstruktion von unterschiedlich alten Bodenbildungen mit Überdeckung durch jüngere Vulkanausbrüche)

M. Zech, 2006

Archivfunktion: Eschboden

Historische Landnutzung:

Der Oberboden (O und A-Horizonte) wurde periodisch aus umliegenden Calluna-Heiden abgetragen und zur Düngung auf Äcker verbracht.







Landwirtschaftliche Böden:

Flächenverbrauch durch Bebauung

aktuell ca. 70 ha täglich!!

Ziel: Reduktion auf 30 ha täglich





Landwirtschaftliche Böden:

Erosion durch Wasser und Wind

Zunahme durch Maisanbau!





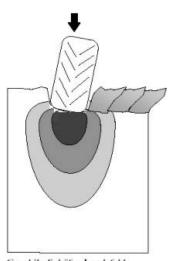




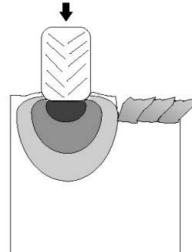
Landwirtschaftliche Böden:

Verdichtung









Graphik: Schäfer-Landefeld





Landwirtschaftliche Böden:

<u>Schadstoffe:</u> langfristige Anreicherung von Schwermetallen

Humusverluste durch zu geringe organische Düngung

Überdüngung mit N und P: Eutrophierung der Gewässer, Nitrat im Trinkwasser





Waldböden:

- Versauerung
- Nährstoffmangel (Ca, Mg, K, P)
- Eutrophierung mit N

Definition "Bodenkunde"

 Wissenschaft von Eigenschaften, Entwicklung, Verbreitung und Nutzung von Böden

angewandte Wissenschaft, in der Aspekte von Physik, Chemie, Biologie, Geologie, Mineralogie, Hydrologie etc. verbunden sind

stark interdisziplinär geprägt

Geschichtliche Entwicklung

- Wurzeln einerseits in der Landwirtschaft, andererseits in den Naturwissenschaften
- seit Beginn des Ackerbaus vor über 10.000 Jahren Bewertung von Böden nach ihrem Nutzwert
- schriftliche Aufzeichnungen über Erfahrungen seit ca. 2.000 Jahren (China, Indien, Griechenland, Rom)
- in Deutschland u.a. Hildegard von Bingen, 11. Jahrhundert

Geschichtliche Entwicklung

- Anfänge der Bodenkunde als eigenständige Wissenschaft erst in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts
- Wegbereiter: Friedrich Albert Fallou (1862):
 "Pedologie oder allgemeine und angewandte Bodenkunde"
- Begründer der modernen Bodenkunde:
 Wassili Dokutschajew (1883): "Die russische Schwarzerde"
- wichtige Beiträge auch aus anderen wissenschaftlichen Disziplinen (Albrecht Thaer, Carl Sprengel, Justus v. Liebig, Alexander v. Humboldt, Charles Darwin)

Teilgebiete der Bodenkunde I

Bodenphysik

- Wärme- und Wasserhaushalt von Böden
- Transportprozesse in Böden
- mechanische Eigenschaften von Böden

Bodenchemie

- chemischer Aufbau von Böden
- chemische Reaktionen und Prozesse in Böden
- Mineralogie

Bodenbiologie

- Bodenzoologie
- Bodenmikrobiologie

Bodenökologie

Definition "Ökologie" (oikos = Haushalt, logos = Lehre):

- Lehre vom Haushalt der Natur
- Lehre von den Wechselwirkungen zwischen Organismen und ihrer Umwelt (Ernst Haeckel, 1866)

Bodenökologie (in Anlehnung an die Definition für Ökologie):

- Lehre vom Haushalt der Böden
- Lehre von den Wechselwirkungen zwischen im Boden lebenden Organismen und ihrer Umwelt, den Bedingungen im Boden
- Lehre von den Wechselwirkungen von Böden mit ihrer Umwelt
 - Schnittstelle zwischen den klassischen Teildisziplinen der Bodenkunde

Teilgebiete der Bodenkunde II

Bodenschutz

 nachhaltige Sicherung der Bodenfunktionen, Bodenbelastung, Bodensanierung

Bodengeographie

- Verbreitung von Böden

Bodensystematik

Klassifikation und Entstehung von Böden von Böden

Bodentechnologie

- Bodennutzung und Bodenbehandlung v.a. im außerlandwirtschaftlichen Bereich,
 - z.B. Rekultivierungsmaßnahmen, Deponieplanung

Textur des Bodens

Definition:

 <u>Textur</u> ist die Verteilung der Korngrößen im Boden = <u>Bodenart</u>

(Nicht verwechseln mit Bodentyp!)

Korngröße und Oberfläche

Tab. 6.1–1 Beziehung zwischen Korngröße, Kornzahl und Gesamtoberfläche bei Zerteilung einer Kugel mit einem Radius von r = 1cm in kugelförmige Teilchen.

| Kugelradius | | Kugelzahl | Gesamt- oberfläche |
|-------------|----|------------------|--|
| 10 | mm | 10 ⁰ | $1,26 \cdot 10^{1} \text{ cm}^{2}$ |
| 1 | mm | 10 ³ | 1,26 ·10 ² cm ² |
| 0,1 | mm | 106 | $1,26 \cdot 10^3 \text{ cm}^2$ |
| 0,01 | mm | 10 ⁹ | 1,26 · 10 ⁴ cm ² |
| 1 | μm | 10 ¹² | 1,26 ·10 ⁵ cm ² |
| 0,1 | μm | 10 ¹⁵ | 1,26 ·10 ⁶ cm ² |

Korngrößenfraktionen

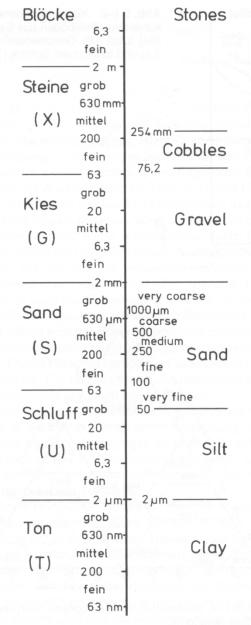
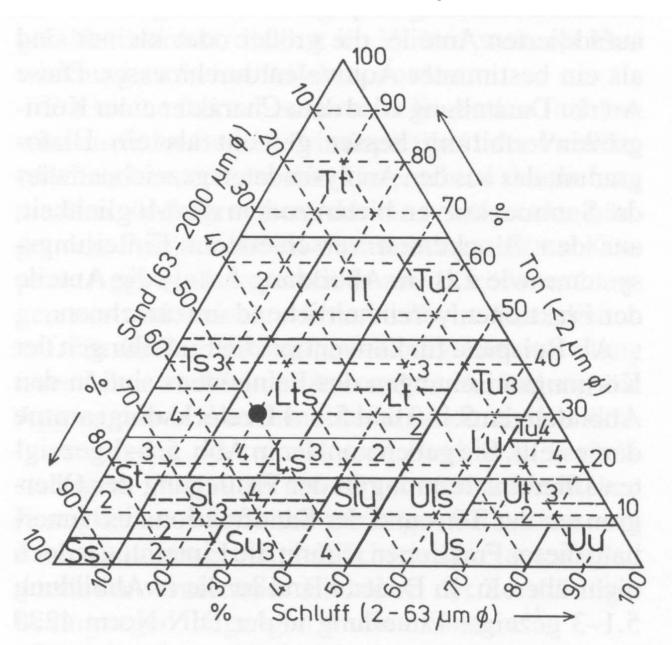


Abb. 5.1–1 Einteilung der Korngrößenfraktionen. Deutsche (links) und amerikanische Nomenklatur (rechts).

Textur des Bodens: Korngrößendreieck



Textur des Bodens: Summenkurven

