

GLOBE-Programm

Globales Lernen und Beobachtung zum Wohle der Umwelt

Methodische Materialien und Arbeitsblätter



Praktische Informationen – Gebrauchsanweisung

Jedes Kapitel ist einem Fachbereich des GLOBE-Programms gewidmet und gliedert sich in zwei Teile — Methodik und Arbeitsblätter. Die Kapitel sind zur besseren Übersichtlichkeit durch Trennlinien voneinander getrennt.

Die Methodik richtet sich an Pädagogen und enthält methodische Vorgehensweisen und Anleitungen zum Messen und Beobachten der Natur, Unterlagen für die Arbeit mit Arbeitsblättern, Ideen für weiterführende Aktivitäten und die Arbeit mit Daten und vieles mehr. Gleichzeitig dient sie als Fundgrube für Ideen zur Vorbereitung eigener Forschungsstunden und Schülerprojekte.

Die Arbeitsblätter sind direkt für die Schüler bestimmt — nach dem Kopieren können sie direkt und ohne weitere Bearbeitungen verwendet werden. Die Arbeitsblätter enthalten auch detaillierte Anweisungen zu den einzelnen Messungen.

Seitenzahlen — Die Arbeitsblätter und die Methodik jedes Kapitels sind separat nummeriert. Der Grund dafür ist die Übersichtlichkeit und die Möglichkeit, nach und nach weitere Blätter hinzuzufügen.

SYMBOLE — Erläuterungen



Messen und Beobachten GLOBE



Ergänzende Aktivität



Dateneingabe, Arbeit mit Daten



Informationen zum Arbeitsblatt
(nur in der Methodik)



Wichtige Information



Fragen



Von der Website herunterladen

Interreg



Spolufinancovaný
Európskou Úniou

Slovensko – Rakúsko



PEDOLOGIE

**Untersuchung von Bodenarten
und deren Eigenschaften**

GLOBE-Programm

GLOBE-Programm

Methodische Materialien und Arbeitsblätter

PEDOLOGIE

Verantwortliche Redakteure:

Mgr. Tomáš Fuksi, PhD., Ing. Jana Pavlíková

Kommentare:

Mitarbeiterteam von DAPHNE IAE

Fachliche Korrekturen:

Ing. Marián Homolák, PhD.

TSCHECHISCHES ORIGINAL:

PEDOLOGIE, 2009

Autorenteam:

Ing. Iva Maršíková, Mgr. Pavlína Hrdličková

Verantwortliche Redakteurin:

Mgr. Pavlína Hrdličková

Kommentare:

Ing. Dana Votápková, Mitarbeiterteam des Vereins Tereza

Fachliche Korrekturlesung:

Prof. Ing. Miroslav Kutílek, DrSc., Ing. Monika Bradová, Prof. Dr.

Ing. Luboš Borůvka

Grafische Gestaltung: Riki Watzka, Dita Baboučková

Herausgegeben von DAPHNE, www.daphne.sk

Pedologie © 2025

Realisiert im Rahmen des grenzüberschreitenden österreichisch-slowakischen Projekts Ecovisit SKAT – Einbindung von Besuchern in den Schutz der Biodiversität in der Grenzregion zwischen Slowakei und Österreich im Rahmen des Kooperationsprogramms INTERREG VI-A SK-AT, kofinanziert aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung.

Kostenlose Publikation. Für den Inhalt der Publikation ausschließlich die Autoren haften und sie nicht den offiziellen Standpunkt der Europäischen Union wiedergibt.

Interreg



Spolufinancovaný
Európskou Úniou

Slovensko – Rakúsko

**ecovisit
SKAT**



Inhalt



PEDOLOGIE

WIE ES DER WISSENSCHAFTLER SIEHT	3
WARUM UNTERSUCHEN WIR IM GLOBE-PROGRAMM DIE EIGENSCHAFTEN VON BÖDEN?.....	4
Die Erde wie ein Apfel/Apple Earth	5
Übersicht über Messungen und Hilfsmittel.....	6
Messungen	6
Hilfsmittel	7
ENTSTEHUNG UND ZUSAMMENSETZUNG DES BODENS.....	8
PEDOLOGISCHE STANDORTE	11
Entdecken wir das Bodenprofil / Exposing the Soil Profile	12
Freilegung des Bodenprofils	13
Beschreibung des Bodenprofils / Identifying and Measuring Horizons	15
Geschichten des Bodens	16
Entnahme von Bodenproben	18
GRUNDLEGENDE BODENMERKMALE / PROTOKOLL ZUR BODENCHARAKTERISIERUNG.....	19
Bodenstruktur / Soil Structure	19
Konsistenz / Soil Consistence.....	21
Farbe / Soil Color.....	22
Neubildungen	23
Körnung / Bodenbeschaffenheit	26
Vorhandensein von Skelett / Measuring Rocks.....	26
Feuchtigkeitsverhältnisse / Bodenfeuchtigkeit.....	25
Vorhandensein von Wurzeln / Measuring Roots.....	25
Vorhandensein von Karbonaten / Messung freier Karbonate.....	26
Pflanzen als Indikatoren für Bodeneigenschaften.....	27
Bodentemperatur / Soil Temperature.....	27
Wie beeinflusst die Vegetationsdecke die Bodentemperatur?	28
Boden-pH-Wert / Soil pH	29
Bodenfruchtbarkeit	32
pH-Wert und Fruchtbarkeit.....	37
Bodenfeuchte / Gravimetrisches Bodenfeuchteprotokoll	36
Dichte / Protokoll zur Bodenteilchendichte.....	38
Korngrößenanalyse / Particle Size Distribution Protocol	39
Infiltration / Wasserinfiltrationsprotokoll	66
Glossar	G7



Wie sieht es aus der Sicht eines Wissenschaftlers aus ?



Der Boden bildet eine sehr dünne Schicht auf der Oberfläche der Lithosphäre und macht mit einer Tiefe von maximal einigen Metern nur einen winzigen Bruchteil des Volumens der Erde aus. Trotz seines geringen Volumens spielt er eine wichtige Rolle. Er entsteht an der Grenze zwischen Hydrosphäre, Lithosphäre, Atmosphäre und Biosphäre. Der Boden ist ein dynamisches System, das sich ständig verändert und weiterentwickelt. Dennoch dauert seine Regeneration relativ lange, in manchen Fällen ist sie sogar unmöglich.

Für die Entstehung und das richtige Funktionieren des Bodens ist die biologische Komponente, also die im Boden lebenden Pflanzen und Tiere, von entscheidender Bedeutung. Ohne dieses Leben gibt es keinen Boden. Und ohne Boden gibt es kein Leben auf der Erde. Der Boden ist der Ernährer der Erde. Er ist die Grundlage für Pflanzen, beteiligt sich an der Wasserfilterung und sichert so die Trinkwasserressourcen. Um alle seine Funktionen zu erhalten und sein ordnungsgemäßes Funktionieren zu gewährleisten oder zumindest seinen Zustand nicht zu verschlechtern, ist es notwendig, ihn zu kennen und zu schützen.

Ohne hinauszugehen, in den Wald, in den Park, lernen wir den Boden nicht kennen. Das Kennenlernen des Bodens beginnt im Gelände. Ohne diese Grundlage in Verbindung mit der Beschreibung der Umgebung und der Charakterisierung des Bodens ist es nicht möglich, alle Zusammenhänge zu verstehen. Es reicht, ein wenig zu graben, und wir können sehr viel lernen. Die Zukunft der Menschheit hängt von der Qualität und Gesundheit des Bodens ab, ohne ihn können wir nicht überleben, wir haben keinen anderen. Lasst uns ihn also nicht zerstören, sondern versuchen, ihn kennenzulernen und zu schützen.

Ing. Marián Homolák PhD.
Mitglied des Wissenschaftlichen
Beirats von GLOBE



Warum untersuchen wir im GLOBE-Programm die Eigenschaften von Böden?



Der Boden ist ein dynamisches, sich ständig entwickelndes System an der Schnittstelle zwischen lebenden und nicht lebenden Bestandteilen der Natur. Er entsteht aus verschiedenen Muttergesteinen durch physikalische, chemische und biologische Prozesse. Der Boden existiert als natürliches Ökosystem auf der Erdoberfläche, das aus Makro- und Mikroorganismen, Mineralien, organischen Stoffen, Luft und Wasser besteht. Böden sind Systeme, die viele der für das Leben notwendigen Grundfunktionen erfüllen. Zu den wichtigen Funktionen des Bodens gehören:

- **FÖRDERUNG DES PFLANZENWACHSTUMS** – Der Boden bietet Stabilität und Nährstoffe für Pflanzen, die die Grundlage der Nahrungskette bilden. Er enthält Wasser, Mineralien, Luft und organische Substanzen, die für das Wachstum unerlässlich sind.
- **EINFLUSS AUF DIE BIODIVERSITÄT** — Der Boden ist Lebensraum für viele Organismen wie Bakterien, Pilze, Würmer und andere Lebewesen, die zur Gesundheit des Bodens und zum Nährstoffkreislauf beitragen.
- **WASSERFILTRATION** — Der Boden spielt eine wichtige Rolle bei der Filtration von Regenwasser und der Regulierung seines Flusses. Er hilft, Wasser aufzunehmen, entfernt Verunreinigungen und trägt so zu sauberem Wasser bei. Gleichzeitig verlangsamt oder beschleunigt er den Abfluss oder die Versickerung und beeinflusst so auch den Wasserkreislauf.
- **TEMPERATURREGULIERUNG** — Der Boden trägt zur Stabilisierung der Umgebungstemperatur bei, indem er Wärme absorbiert und abgibt und so Temperaturextreme mildert.
- **SICHERSTELLUNG DES GLEICHGEWICHTS IM NÄHRSTOFFKREISLAUF** – Der Boden enthält verschiedene Nährstoffe, die für das Wachstum und die Entwicklung von Pflanzen und anderen Organismen unerlässlich sind. Diese Nährstoffe sind Teil von Kreisläufen wie beispielsweise dem Stickstoff- und dem Sauerstoffkreislauf.
 - **Kohlenstoffspeicherung** – Der Boden fungiert als Kohlenstoffspeicher und trägt zur Klimaregulierung bei, indem er CO₂ speichert, das sonst in der Atmosphäre vorhanden ist.
- **Rohstoffquelle** — In einigen Regionen wird der Boden zur Herstellung von Baumaterialien wie Ziegeln oder Lehmwänden genutzt. Die in einigen Bodenarten enthaltenen Tonmineralien können in der Lebensmittel-, Pharma- und Chemieindustrie verwendet werden.

Der Boden spielt eine Schlüsselrolle in terrestrischen Ökosystemen und für die Erhaltung des Lebens auf dem Festland. Der Boden entwickelt sich über einen langen Zeitraum und bildet somit auch ein Archiv der geologischen, klimatischen, biologischen und menschlichen Geschichte. Menschliche Aktivitäten tragen zum Verlust der Vielfalt bei. Durch die Urbarmachung großer Flächen sind Feldraine und kleinere Feuchtgebiete aus der Landschaft verschwunden. Dadurch verringert sich die Vielfalt der Boden- und Oberflächenflora und -fauna. Wir verlieren nicht nur die biologische Vielfalt, sondern auch die Vielfalt des Bodenmosaiks in der Landschaft.

Der Boden macht nur etwa 10 oder 11 % der Erdoberfläche aus. Daher ist es wichtig, diese grundlegende natürliche Ressource zu untersuchen und zu verstehen, wie sie richtig genutzt und geschützt werden sollte. Er ist zweifellos einer der wertvollsten natürlichen Reichtümer, der nicht nur für die Gegenwart, sondern auch für die Zukunft geschützt werden muss. Der Schutz des Bodens kann ohne genauere Kenntnisse nicht gewährleistet werden. Das Ziel des GLOBE-Programms ist es, grundlegende Informationen über den Boden zu sammeln und bereitzustellen, die einem möglichst breiten Kreis von Schülern bei der Erforschung dieses äußerst interessanten Naturphänomens dienen.

In den meisten Ländern werden Probenahmen und Analysen der grundlegenden Eigenschaften von Böden durchgeführt, jedoch fehlen an vielen Orten Daten, sind nicht verfügbar oder unzureichend. Dank des GLOBE-Programms können wir diese Situation beheben und die fehlenden Daten in die Datenbanken ergänzen. Diese Daten können dazu beitragen, bessere Entscheidungen darüber zu treffen, wie mit dem Boden umgegangen werden soll, damit er auch für zukünftige Generationen erhalten bleibt.

Im Rahmen des GLOBE-Programms werden wir bestimmte Bodeneigenschaften messen (siehe Übersicht der Messungen auf Seite 6). Der Übersichtlichkeit halber unterteilen wir diese in Messungen, die im Freiland und im Labor durchgeführt werden.





Die Erde wie ein Apfel / Apple Earth

Als Einführung in die Bodenkunde können wir die folgende einfache Aktivität nutzen. ZEITAUFWAND: 15 Min.

GEEIGNET FÜR: 1. und 2. Stufe der Grundschule, Sekundarschule

HILFSMITTEL: Äpfel, Messer, Teller oder Untertassen (je nach Anzahl der Schüler)

ZIEL: Die Schüler erhalten eine Vorstellung davon, wie viel Fläche der gesamten Erde fruchtbarer Boden einnimmt und von wie kleinem Teil unseres Planeten die Nahrungsmittelproduktion für die Menschheit abhängt.

VORGEHENSWEISE: Die Schüler führen die folgenden Schritte gemäß der folgenden Aufgabe durch.

- ▶ Stell dir die Erde als Apfel vor.
- ▶ Schneidet das Apfel in Viertel.
- ▶ Lege 3/4 beiseite – diese stellen die Weltmeere dar.
- ▶ 1/4 ist Land. Schneide es in zwei Hälften, sodass du 2/8 hast.
- ▶ 1/8 beiseite legen — das sind Landgebiete, in denen Menschen nicht leben können (Polargebiete, Wüsten, Sümpfe, sehr hohe Gebirge usw.).
- ▶ Die restlichen 1/8 sind Gebiete, in denen Menschen leben, aber nicht überall können die für das Leben notwendigen Nutzpflanzen angebaut werden.
- ▶ 1/8 in Viertel schneiden, dann erhält man 4/32.
- ▶ Legen Sie 3/32 beiseite. Das sind Gebiete, die zu felsig, feucht, kalt, steil, überflutet oder mit unfruchtbarem Boden sind. Dazu gehören auch Gebiete mit Boden, den der Mensch mit Dörfern, Städten, Straßen und anderen Bauwerken besiedelt hat.
- ▶ Es bleibt 1/32 übrig. Entfernen Sie vorsichtig die Schale.
- ▶ Diese Schale stellt die Erdoberfläche dar, auf der die für das Leben notwendigen Pflanzen angebaut werden können.



Übersicht über Messungen und Hilfsmittel

Messungen

ÜBERSICHT DER MESSUNGEN	ORT	FREQUENZ	ZEIT
Struktur	Gelände — freigelegtes Bodenprofil	1 Mal für jeden Bodenhorizont	60—90 min
Farbe			
Konsistenz			
Körnung			
Vorhandensein von Geröll			
Feuchtigkeitsverhältnisse			
Vorhandensein von Wurzeln			
Vorhandensein von Karbonaten	Gelände + Labor	1 Mal pro pedologische Standortbestimmung/Bodenprobe bzw. Substrat	30 min
Bodenfruchtbarkeit			
pH	Labor	3-mal für jeden Bodenhorizont	45
Körnungsanalyse			1. Tag — 30 min 2. Tag — 45 min 3. Tag — 45 min
Spezifisches Gewicht			1. Tag — 45 min 2. Tag — 20 min
Bodentemperatur	Gelände	1-mal täglich oder 1-mal wöchentlich	10 min
Bodenfeuchtigkeit	Gelände + Labor	12-mal jährlich in täglichen, wöchentlichen oder monatlichen Abständen	30 Min. — Probenahme 45 Min. — Labor
Infiltration	Gelände	3 bis 4 Mal pro Jahr	45 min





Hilfsmittel

MESSUNGEN, AKTIVITÄTEN	HILFSMITTEL
Alle Messungen	Arbeitsblätter, Notizbuch, Bleistift, Uhr
Freilegung des Bodenprofils	Bodenbohrer, Hacke, Spaten, Schaufel, Maßband, Plastikplane
Definition, Beschreibung und Dokumentation des Standort	GPS, Neigungsmesser, Maßband, Meter, geologische Karte Ihrer Region (1:50000), Fotoapparat
Standorts Probenahme	Schaufel, Plastiktüten, Permanentmarker, Deckel, Gummibänder, Gummistab, Messer, Porzellanmörser, Sieb mit einer Maschenweite von 2 mm
Grundlegende Bodenmerkmale	Schaufel, Sprühflasche, Farbskala, Papier, transparente Platten, Essigflasche
Bodenfruchtbarkeit	Notizbuch, Arbeitsblätter, Gerät zur Bestimmung des NPK-Gehalts im Boden
pH	Feiner Boden (siehe Kapitel Entnahme von aufgewühlten Bodenproben), destilliertes Wasser; pH-Meter, Becherglas; Messzylinder; Teelöffel; Waage
Bodentemperatur	Bodenthermometer, 10 cm langer Nagel, Permanentmarker Dosen für die
Bodenfeuchtigkeit	Entnahme von Bodenproben, Deckel, Permanentmarker, Schaufel oder Bodenbohrer, Waage mit einer Genauigkeit von 0,1 g, Trockner oder Mikrowelle
Spezifisches	Feiner Boden, Waage mit einer Genauigkeit von 0,1 g, destilliertes Wasser, Trichter, Pipette, Zange, 3 Erlenmeyerkolben à 100 ml, Thermometer, Kocher
Gewicht	Feiner Sand, Waage mit einer Genauigkeit von 0,1 g, Messzylinder 100 und 500 ml, Deckel, Becher 250 ml, destilliertes Wasser, Dispersionslösung (Natriumhexametaphosphat); Stab; Thermometer; Dichtemesser; Lineal oder
Korngrößenanalyse	Meter
Infiltration	Doppelzylinder-Infiltrometer, Wasseranschluss, ggf. mit Wasser gefüllte Plastikflaschen (mind. 8 Liter), Trichter, Lineal, Permanentmarker, Stoppuhr, Holzbrett, Stock, Messer, Gartenschere, Dosen zur Entnahme von Bodenproben, Deckel, Schaufel

M E T O D I K A



Entstehung und Zusammensetzung von Boden



BODENBILDENDE FAKTOREN

- Muttergestein
- Klima
- Aktivität von Organismen
- Menschliche Aktivität
- Grundwasser

wirken direkt
auf die
Bodenentstehung

BEDINGUNGEN DES BODENBILDUNGSPROZESSES

- Geländebeschaffenheit
- Zeit

wirkt auf bodenbildende
Faktoren

Bevor Sie mit Ihren Schülern pedologische Messungen durchführen, sollten Sie ihnen zunächst die Entstehung und Zusammensetzung des Bodens näherbringen. Die Entstehung, Struktur und Zusammensetzung des Bodens ist ein komplexer Prozess, der als Pedogenese bezeichnet wird und von einer Vielzahl bodenbildender Faktoren abhängt. Die wichtigsten davon sind:

- **Das MUTTERGESTEIN** ist das Grundmaterial für die Entstehung von Boden. Die mineralogische Zusammensetzung des Gesteins beeinflusst die physikalischen, physikalisch-chemischen, chemischen und biologischen Eigenschaften des Bodens, die Geschwindigkeit der Bodenbildung (Verwitterung fester Gesteine), die damit verbundene Bodentiefe, die Korngröße, die räumliche Anordnung der einzelnen Partikel, den Gehalt an Pflanzennährstoffen, Salzen, Säuregehalt und Ähnliches.
- **Das RELIEF** des Geländes beeinflusst andere bodenbildende Faktoren. Die Höhe über dem Meeresspiegel und die Hangneigung beeinflussen das Klima, den Wasserhaushalt des Gebiets, die Migration und Entstehung sowie die Anreicherung von Mineralstoffen und Verwitterungsprodukten, die Artenzusammensetzung der Vegetation usw.
- **Das KLIMA** bestimmt die Intensität und Geschwindigkeit des Bodenbildungsprozesses. Die Temperatur, die Menge und die Verteilung der Niederschläge beeinflussen, ob es zu einer Auswaschung von Stoffen durch aufsteigendes Wasser (trockenes, arides Klima mit vorherrschender Verdunstung) oder zu einer Auslaugung (feuchtes, humides Klima mit vorherrschender Infiltration) kommt. Das Klima der gesamten Slowakischen Republik fällt in die gemäßigte Klimazone, jedoch können die klimatischen Bedingungen der einzelnen Teile des Landes erheblich voneinander abweichen, was sich in einer vielfältigen Entwicklung der Böden auf unserem Territorium widerspiegelt.
- **ORGANISMEN** wirken vor allem durch die Vegetation, die mit ihren Wurzeln den Boden auflockert und der Hauptlieferant von organischer Substanz ist. Neben höheren Pflanzen sind auch Phytoedaphon (Bakterien, Pilze und Algen) und Zooedaphon (alle Arten von im Boden lebenden Organismen) an der Bodenbildung beteiligt. Der Edaphon ist maßgeblich an der Zersetzung abgestorbener organischer Substanz, der Durchmischung des Bodens und der Bildung von Humus beteiligt. Zu den Organismen zählt auch der Mensch, der den Boden sowohl positiv als auch negativ beeinflusst: Durch die Bewirtschaftung des Bodens erhöht er die Tiefe der Humusschicht, verursacht Veränderungen der physikalischen, physikalisch-chemischen und biologischen Eigenschaften des Bodens, setzt den Boden einer erhöhten Erosion aus und kontaminiert ihn mit Fremdstoffen.
- **Das Grundwasser** beeinflusst zusammen mit dem Oberflächenwasser den Gesamtfeuchtigkeitsgehalt der Böden. Ein hoher Wassergehalt im Boden führt zu physikalisch-chemischen und chemischen Veränderungen. Hohe Feuchtigkeit verlangsamt die Zersetzung organischer Stoffe und fördert deren Anreicherung (Humifizierung – Torfbildung). Grundwasser, das reich an löslichen Mineralstoffen ist, verursacht Versalzung.
- **Die ZEIT** wird durch die Dauer der ungestörten Einwirkung der oben genannten Faktoren bestimmt (es wird angegeben, dass 1 cm Boden in etwa 100 Jahren entsteht).

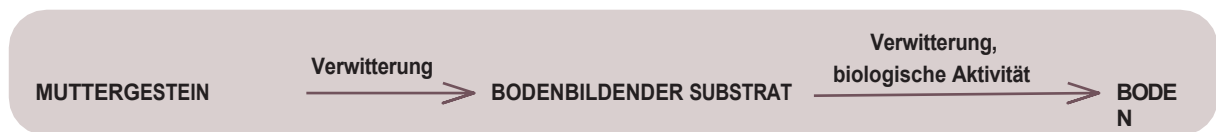




Der Entstehungsprozess von Böden wird allgemein als Verwitterung bezeichnet und je nach vorherrschendem Faktor unterteilt in:

- physikalisch — Veränderungen von Temperaturen und Drücken,
- chemisch – Reaktionen zwischen Gesteinsbrocken, Wasser und schwachen Säuren. Die Verwitterung wird auch durch sauren Regen beschleunigt.
- biologisch – Aktivität von Organismen, z. B. Flechten, die Säuren absondern, mit denen sie die Oberfläche von Gesteinen angreifen, Wurzeln höherer Pflanzen, die kleine Risse im Gestein überwuchern und so den Verwitterungsprozess beschleunigen.

Bei der Entstehung von Böden kommt es meist zu einer Kombination aller Arten.



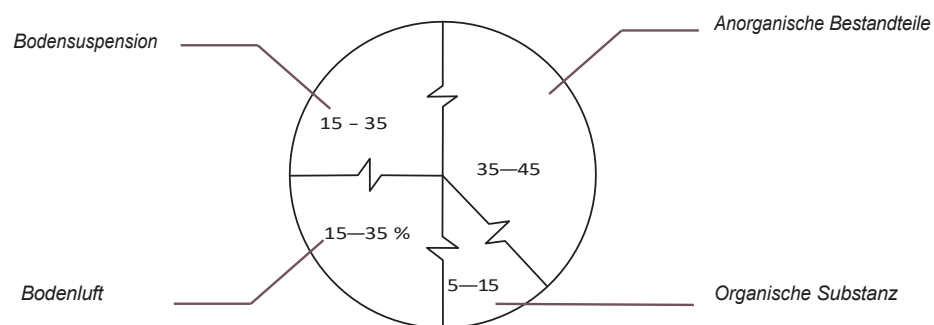
Der Boden ist die oberste verwitterte Schicht der Erdkruste. Er enthält verwitterte Teile des ursprünglichen Gesteins, lebende Bodenorganismen sowie Überreste abgestorbener Pflanzen und Tiere.

Der Boden ist ein komplexes System, das feste, flüssige und gasförmige Bestandteile enthält. Der prozentuale Anteil der Bestandteile kann sehr unterschiedlich sein. So ist beispielsweise der Anteil der Bodenluft in Wüstenböden und Böden in Feuchtgebieten unterschiedlich.

Grundlegende Bestandteile des Bodens:

- **ANORGANISCHE BESTANDTEILE (35–45 % des Bodenvolumens)** — Rückstände des Muttergesteins, die während des Verwitterungsprozesses zerkleinert wurden (Felsbrocken, Kies, Sand, Staub- und Tonpartikel).
- **ORGANISCHE SUBSTANZ (5–15 % des Bodenvolumens)** — Überreste abgestorbener Pflanzen und Tiere in verschiedenen Stadien der Zersetzung und Umwandlung.
- **BODENLÖSUNG (15–35 % des Bodenvolumens)** – füllt die Bodenporen aus, befindet sich auf der Oberfläche der Bodenpartikel und enthält darin gelöste Nährstoffe, die für Pflanzen verfügbar sind.
- **BODENLUFT (15–35 % des Bodenvolumens)** — füllt die Bodenporen aus, ihre Zusammensetzung unterscheidet sich geringfügig von der der Umgebungsluft, sie enthält mehr CO₂, Kohlenwasserstoffe und andere Abfallprodukte des pflanzlichen und tierischen Stoffwechsels.
- **LEBENDIGE ORGANISMEN** – Pflanzenwurzeln, Edaphon.

Durchschnittlicher Anteil der einzelnen Bodenbestandteile



Die Anwesenheit von Luft im Boden lässt sich mit einem einfachen Versuch nachweisen. Geben Sie etwas Erde in ein Becherglas mit Wasser. Unmittelbar nach dem Einfüllen können Sie Luftblasen beobachten, die an die Oberfläche steigen.





Boden mit Augen, Händen und Nase

ZEITAUFWAND: 20 Min. GEEIGNET FÜR: 1.

Klasse der Grundschule HILFSMITTEL:

Bodenproben, Zeitung, Pinzette

ZIEL: Die Schüler „lernen“ den Boden mit Augen, Händen und Nase kennen.

VORGEHENSWEISE: Bitten Sie die Schüler, eine Bodenprobe aus der Umgebung ihres Wohnortes oder Ihrer Schule mitzubringen. Beschriften Sie die Proben, beispielsweise in Einmachgläsern, mit Nummern und dem Ort der Entnahme. Sie können auch eine Karte mit den Entnahmestellen erstellen. Geben Sie den Schülern Zeit, sich mit dem Boden „vertraut zu machen“ und ihn mit Augen, Händen und Nase zu erkunden. Legen Sie lebende Organismen in Schalen und bringen Sie sie zurück in die Natur. Diskutieren Sie mit den Schülern, inwiefern sich die Proben ähneln oder unterscheiden.

Ideal wäre es, wenn jeder Schüler Bodenproben aus dem Garten oder der näheren Umgebung seines Wohnortes mitbringen würde. Zur Gewinnung der Proben können die Schüler die Methode der nahen Oberfläche anwenden. Wenn die Schüler eine Probe mit einem Volumen von 1 Liter entnehmen, kann man mit ihnen weiterarbeiten, z. B. im Labor bei der Untersuchung der Bodeneigenschaften.





Auswahl des Standorts / Selecting a Soil Characterization Site

ZEITAUFWAND: 15 Min. GEEIGNET FÜR: 1.

und 2. Stufe der Grundschule,

Sekundarschule

HILFSMITTEL: Tafel, Kreide

ZIEL: Die Schüler suchen geeignete pedologische Standorte in der Umgebung der Schule aus.

VORGEHENSWEISE: Lassen Sie die Schüler die Landschaft in der näheren Umgebung Ihrer Schule beschreiben (z. B. Felder, Wiesen, Wälder, Spielplätze, Gärten usw.) und zeichnen Sie ihre Vorschläge auf die Tafel und beschreiben Sie sie. So entsteht eine einfache Karte der näheren Umgebung Ihrer Schule. Sagen Sie den Schülern, dass Sie einen geeigneten Standort für pedologische Beobachtungen suchen, an dem Sie eine Bodensonde, ein Loch, graben müssen, über das Sie später mehr erzählen werden. Fragen Sie, wie ein solcher Standort aussehen sollte und ob er bestimmte Bedingungen erfüllen muss. Erinnern Sie die Schüler daran, auch andere Messungen im Rahmen von GLOBE berücksichtigen sollten. Schreiben Sie die Vorschläge neben die Karte an die Tafel und markieren Sie gleichzeitig auf der Karte Punkte mit potenziellen Standorten für die Bodensonde. Leiten Sie die Schüler an und ergänzen Sie ihre Vorschläge zur Auswahl eines geeigneten Standorts gemäß den nachstehenden Anweisungen. Wählen Sie gemeinsam einen Hauptstandort für die Bodenuntersuchung aus, den Sie benennen und dessen genaue Position Sie später mit GPS bestimmen. Der Standort für die Bodenuntersuchung muss Ihnen vor allem die Freilegung des Bodenprofils ermöglichen (siehe unten). Anhand des Profils bestimmen Sie direkt vor Ort die grundlegenden Bodenmerkmale. Obwohl die Merkmale nur einmal in die konkrete GLOBE-Datenbank eingegeben werden, empfehlen wir, sie mehrmals für verschiedene Schülergruppen zu verwenden. Vor jeder Messung müssen Sie das Profil jedoch erneut säubern, damit die Schüler frische Proben entnehmen können.

Im Laufe der Durchführung des GLOBE-Programms können Sie auch weitere Bodenprofile freilegen, grundlegende Bodenmerkmale bestimmen, weitere pedologische Beobachtungen durchführen und die Daten in die Datenbank eingeben. Vergessen Sie in diesem Fall nicht, dass Sie jeden neuen Standort definieren müssen — die geografische Lage bestimmen und den Standort benennen.

Andere vorgeschlagene pedologische Standorte, die geeignet sind, können Sie für weitere pedologische aufbewahren. Alternativ können Sie die Schüler auffordern, Bodenproben aus ihren eigenen Gärten mitzubringen.

Sie können eine Karte auf kariertem Papier erstellen und an diesen Stellen Proben nach der Methode der nahen Oberfläche entnehmen. Jede leicht erkennbare Eigenschaft (Farbe, Konsistenz, pH-Wert, Gehalt an N, P, K usw.) können Sie in einer separaten Karte eintragen. So erstellen Sie ein unzusammenhängendes Mosaik der Bodeneigenschaften in der Umgebung der Schule, das Sie im Laufe der Jahre verdichten und/oder die Veränderungen der Bodeneigenschaften beobachten können.

Die Wahl des Standorts hängt außerdem davon ab, welche weiteren Messungen Sie im Rahmen von GLOBE durchführen oder durchführen möchten

- Wenn Sie meteorologische Beobachtungen durchführen, sollte sich der pedologische Standort in der Nähe der Wetterstation befinden.
- Wenn Sie biologische Messungen durchführen, sollte sich der Standort für die Bodenkunde innerhalb des Standorts für biologische Messungen befinden.
- Wenn Sie Messungen in allen Bereichen von GLOBE durchführen, empfehlen wir, das Bodenprofil in der Nähe der Wetterstation freizulegen und an den anderen Standorten nur einen Bodenbohrer zu verwenden (siehe unten).



- Der ausgewählte Standort sollte sich nicht vom umgebenden Gelände unterscheiden. Es sollte ein Ort mit natürlicher (frei wachsender) Vegetation sein. Wählen Sie Kulturlflächen nur dann aus, wenn sich in der Nähe eine Wetterstation befindet.
- Der Standort sollte relativ ungestört sein und mindestens 3 Meter von Gebäuden, Straßen, Spielplätzen und anderen Bauwerken entfernt sein, die den Boden verdichten oder anderweitig beeinträchtigen könnten.

Wenn Sie Ihre Schüler für die pedologische Forschung motivieren und gleichzeitig den ersten Schritt des Forschungszyklus (Motivation und Gewinnung neuer Informationen) üben möchten, probieren Sie mit Ihren Schülern die folgende Aktivität aus.



Was haben die Hilfsmittel gemeinsam?

ZEITAUFWAND: 20 Min. GEEIGNET FÜR: 1.

und 2. Stufe der Grundschule,

Sekundarschule

HILFSMITTEL: pedologische Hilfsmittel, Tisch zur Ausstellung der Hilfsmittel

ZIEL: Die Schüler lernen Hilfsmittel zum Messen und Untersuchen pedologischer Eigenschaften kennen. Die Aktivität motiviert die Schüler zur weiteren systematischen Arbeit mit den Hilfsmitteln. Die Schüler stellen Fragen zum Thema.

VORGEHENSWEISE: Legen Sie die Hilfsmittel, mit denen Sie im Laufe des Jahres mit den Schülern im Rahmen der pedologischen Forschung arbeiten möchten, auf den Tisch. Setzen Sie die Schüler im Kreis, sodass alle die Hilfsmittel sehen können. Notieren Sie ihre natürlichen Fragen, z. B. Was ist das? Wozu dient es? Wie wird es verwendet?

Legen Sie kurze Texte über die Hilfsmittel in den Kreis, z. B. Name des Hilfsmittels, Skizze + wozu es dient, wie die Messung mit diesem Hilfsmittel erfolgt. Die Schüler nehmen die Texte in Gruppen, lesen sie und ordnen ihnen das richtige Hilfsmittel zu. Am Ende stellen die einzelnen Gruppen ihre Hilfsmittel den anderen Schülern vor.

Entdecken wir das Bodenprofil / Exposing the Soil Profile

Durch die Einwirkung von Bodenbildungsprozessen haben sich die einzelnen Böden im Laufe ihrer Entwicklung stark voneinander unterschieden. Das Bodenprofil ist ein vertikaler Schnitt durch den Boden von der Bodenoberfläche bis zum bodenbildenden Substrat und besteht aus mehreren übereinander liegenden Bodenhorizonten (siehe Beschreibung des Bodenprofils). Die Freilegung des Bodenprofils ermöglicht es Ihnen, alle Beobachtungen im Gelände durchzuführen und Proben für weitere Messungen im Labor zu entnehmen.



ZEITAUFWAND: 10 Min. GEEIGNET FÜR: 1.

und 2. Stufe der Grundschule,

Sekundarschule

HILFSMITTEL: Legosteine, verschiedene Materialien (Kieselsteine, Erde, Sand, Kies, Perlen in verschiedenen Formen oder andere Materialien), Plastikbecher

ZIEL: Die Schüler erklären die Begriffe Bodenhorizont und Bodenprofil.

VORGEHENSWEISE:

Mit den Kleinsten können Sie Bodenhorizonte und Bodenprofile beispielsweise aus Legosteinen oder durch Einfüllen verschiedener Materialien in durchsichtige Becher (Bodenpudding) erstellen. Erklären Sie, dass die Legosteine oder Schichten im Bodenpudding Bodenhorizonte darstellen. Diese können sich in Farbe, Struktur, Feuchtigkeit usw. unterscheiden.



Alle aufeinander gestapelten Würfel oder Schichten des Bodenpuddings bilden das Bodenprofil. An verschiedenen Standorten entstehen unterschiedliche Bodenprofile, so wie die Schüler verschiedene Typen erstellt haben. Nur wenige Bodenprofile sehen gleich aus. Erklären Sie, dass das Bodenprofil bestimmt, um welchen Bodentyp es sich handelt. Es ist der Name des Bodens, z. B. Schwarzerde, Braunerde, Kambis, Podsol, usw. Sie können sich von den Geschichten einiger Bodentypen inspirieren lassen (siehe Kapitel Beschreibung des Bodenprofils) und so ihre Unterschiede je nach der Umgebung, in der sie entstanden sind, und den Faktoren, die auf sie eingewirkt haben, erklären.

Freilegung des Boden profils

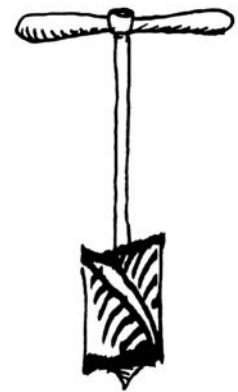
Teilweise freigelegte Bodenprofile finden Sie auch in Einschnitten von Wald- und Feldwegen, in Rinnen, Aushubstellen von Versorgungsnetzen und ähnlichem. Diese Profile sind jedoch nicht immer für die Durchführung einer ganzen Reihe von Messungen geeignet, aber Sie können einige Arten davon ausprobieren. Denken Sie daran, dass die Probenahme immer von einer frischen Profilwand erfolgen, um eine Kontamination der Proben zu vermeiden. Zum Säubern reicht oft eine Gartenschaufel aus. Zum Freilegen des Bodenprofils können Sie die folgenden Verfahren anwenden:

1. BOHRBODENSONDE / Auger-Methode

HILFSMITTEL: Erdbohrer, Plastikplane (50 x 150 cm), Meter, Maßband

Wenn Sie aus irgendeinem Grund keine Bodensonde ausgraben können, können Sie zur Beschreibung des Bodenprofils auch einen Erdbohrer verwenden. Legen Sie die Plastikplane in der Nähe der Bohrstelle auf den Boden. Legen Sie ein mindestens 1 m langes Maßband darauf. Erstellen Sie das Bodenprofil, indem Sie den Boden nach und nach aus der Sonde auf die Plane schütten.

Bohren Sie den Bohrer nach und nach in den Boden. Nachdem Sie eine Tiefe von 10 cm erreicht haben (entspricht einer Drehung des Bohrers um 360°), ziehen Sie den Bohrer heraus und übertragen Sie die Bodenprobe auf die Plane. Messen Sie die Tiefe des gebohrten Lochs. Richten Sie die Probe auf der Plane entlang des Maßbandes so aus, dass die Länge des ausgebreiteten Profils der Tiefe des gebohrten Lochs entspricht. Fahren Sie auf die gleiche Weise bis zur Tiefe des verwitterten bodenbildenden Substrats fort.

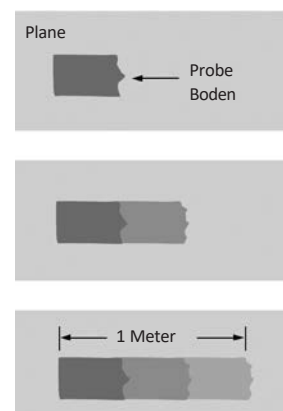


Der Nachteil von Bohrproben ist, dass sie nur Informationen über einen sehr begrenzten Bereich liefern und es nicht möglich ist, alle morphologischen Merkmale anhand der entnommenen Proben genau zu beurteilen.

2. METHODE DER OBERFLÄCHENNAHE / Near surface method

HILFSMITTEL: Gartenschaufel, Spaten, Maßband, Meterstab, Plastikplane

Die Nahoberflächenmethode ist die einfachste Methode zur Probenahme und wird dort angewendet, wo die Methoden mit gegrabenen oder gebohrten Sonden nicht möglich sind. Bestimmen Sie eine Stelle, an der die Bodenoberfläche freigelegt werden kann. Entfernen Sie die oberflächliche Vegetation. Entfernen Sie mit einer Gartenschaufel oder einer Schaufel vorsichtig die obersten 10 cm Erde aus einem kleinen



Fläche und legen Sie sie auf eine Plane. Wiederholen Sie die oben genannten Schritte 1, 2 und 3 für eine Stelle etwa 1 Meter neben der ursprünglichen Probenahmestelle.

Wiederholen Sie dies noch einmal und mischen Sie die drei Proben miteinander. Betrachten Sie diese gemischte Probe als Horizont.



Insbesondere vor der Durchführung von Bodenprobenahmen durch Graben oder Bohren ist es erforderlich, die Genehmigung des Grundstückseigentümers einzuholen und sich zu vergewissern, dass an der betreffenden Stelle keine Versorgungsleitungen verlaufen, um deren Beschädigung zu vermeiden.

Den Eigentümer des Grundstücks finden Sie auf der Website des Katasteramtes oder bei der örtlichen Behörde, und die Daten zu den Netzen sollten Ihnen deren Betreiber zur Verfügung stellen.



Beschreibung des Standorts / Defining a Soil Characterization Site

ZEITAUFWAND: 30 Min.

GEEIGNET FÜR: 1. und 2. Stufe der Grundschule, Sekundarschule

HILFSMITTEL: GPS, Neigungsmesser, Meter, geologische Karte der Slowakischen Republik*,

Kompass, Fotoapparat ZIEL: Die Schüler definieren einen pedologischen Standort angemessen.

VORGEHENSWEISE: Wir empfehlen die Verwendung des Arbeitsblatts „*Beschreibung des Standorts / Definitionsblatt des Standorts*“.

Für die Definition eines pedologischen Standorts müssen Sie die geografischen Koordinaten kennen, die Sie mit Hilfe eines GPS-Geräts bestimmen können. Vergessen Sie nicht, den Standort mit einem spezifischen Namen oder gegebenenfalls auch einem Zahlencode zu benennen.

Befindet sich Ihr Standort an einem Hang, müssen Sie dessen Neigung mit einem Neigungsmesser ermitteln (eine Anleitung zur Herstellung eines Neigungsmessers finden Sie in der Methodik „Biotope“). Für die Messung benötigen Sie zwei etwa gleich große Schüler und einen Helfer. Der erste Schüler stellt sich mit dem Neigungsmesser weiter unten am Hang auf, der zweite weiter oben, am Rand des Bodenprofils. Der erste Schüler schaut durch den Neigungsmesser in die Augen des zweiten Schülers. Der Helfer misst den Neigungswinkel des Hangs.

Zur Bestimmung und Erfassung der Vegetationsdecke in der Umgebung der Bodenprobe verwenden Sie die MUC-Klassifizierung (die Vorgehensweise zur korrekten Bestimmung der Vegetationsdecke unter Verwendung des Klassifizierungssystems finden Sie in der Methodik Biotope).



„Wenn Sie Ihren pedologischen Standort nicht definieren, können Sie die gemessenen Daten nicht an die GLOBE-Datenbank senden. Wenn Sie Probleme mit Ihrem Benutzerkonto oder dem Senden Daten haben, wenden Sie sich bitte anglobe@daphne.sk, wir helfen Ihnen gerne weiter.“

* Arbeiten Sie mit einer geologischen Karte der Slowakischen Republik im Maßstab 1:50000, damit Sie richtig bestimmen können, aus welchem Muttergestein der Boden in der Umgebung des Standorts entstanden ist. Die Karten sind auch online unter <https://app.geology.sk/gm50/> verfügbar.





Beschreibung des Bodenprofils / Identifizierung und Messung von Horizonten

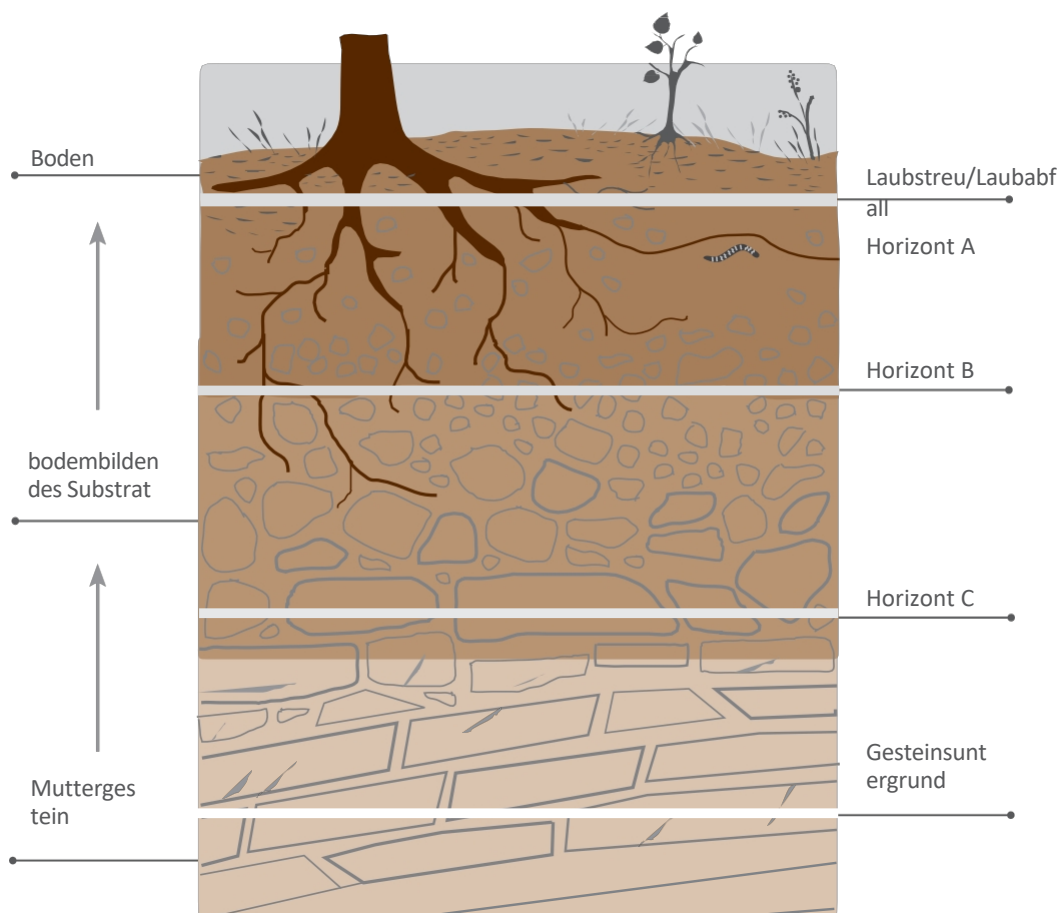
Das Bodenprofil ist eine Reihe von Bodenschichten unter der Bodenoberfläche, die aufgrund der Art und Weise, wie der Boden entstanden ist, bestimmte Eigenschaften aufweisen. Durch die Verlagerung einzelner beweglicher Bestandteile wurde der ursprünglich homogene Untergrund in heterogene Schichten unterteilt, die als Bodenhorizonte bezeichnet werden. Die Abfolge der Horizonte und ihre morphologischen Merkmale (die sich unter dem Einfluss bestimmter geologischer Bedingungen, des Klimas, der Höhenlage, der ursprünglichen Vegetation usw. entwickelt haben) bilden die Grundlage für die Klassifizierung der Böden, d. h. für die Bestimmung der einzelnen Bodentypen (Schwarzerde, Braunerde usw.). Eine korrekte Bewertung des Bodenprofils gibt Ihnen viele Informationen über das Untergrundgestein, aus dem der Boden entstanden ist, und über die Prozesse, die zu seiner Entstehung beigetragen haben. Die Dicke der einzelnen Horizonte kann erheblich variieren, von wenigen Millimetern bis zu mehreren Metern. Auch die Übergänge zwischen den einzelnen Horizonten sind nicht immer gut sichtbar, in einigen Fällen finden wir einen allmählichen Übergang mit einer Dicke von mehr als 10 cm.

Grundsätzlich lassen sich im Bodenprofil folgende Bodenhorizonte unterscheiden:

OBERFLÄCHENHORIZONTE

Oberer Humushorizont – der Gehalt an organischer Substanz ist höher als 20–30 %, er besteht aus organischen Rückständen (z. B. Pflanzenabfällen) und weist die stärkste biologische Aktivität auf.

Und der oberflächliche organisch-mineralische Horizont – der Gehalt an organischer Substanz liegt unter 20–30 %, die organische Substanz ist mit mineralischen Bestandteilen des Bodens vermischt.



UNTERIRDISCHE HORIZONTE

E Mineralhorizont – Der verarmte Horizont besteht überwiegend aus Sand- und Staubpartikeln, Tonpartikel wurden ausgewaschen.

B mineralischer unterirdischer Horizont – angereicherter Horizont, besteht aus Verwitterungsprodukten und Bruchstücken des Muttergesteins, enthält Material aus dem Horizont E.

C Bodenbildender Substrat – Horizont, der nur wenig von Bodenbildungsprozessen beeinflusst ist, aus ihm entsteht Boden.

R Muttergestein – festes Gestein, aus dem der bodenbildende Substrat entsteht.

Es kann auch einen D-Horizont geben. Dieser entsteht, wenn neben dem Gestein, aus dem der Boden entstanden ist, noch ein anderes Gestein vorhanden ist.

Geschichten der Böden

Böden sind ein Archiv der Geschichte einer Landschaft. Es geht nicht nur um archäologische Funde, die wir im Boden finden können. Die Böden selbst helfen uns, die Geschichte eines Ortes zu verstehen. Man muss nur die Geschichte der Bodenentstehung lesen.

DIE GESCHICHTE DER FLUVISOLE

Flussauen sind schöne und fruchtbare Orte, an denen Böden entstehen, die als Fluvisole bezeichnet werden. Das Wasser transportiert Lehm, Sand, Kies und bei Hochwasser auch größere Fraktionen (Kieselsteine), und all dieses Material sammelt sich nach Abklingen der Strömung in der Flussauen an. Dies führt zu einer Abfolge von Schichten aus Lehm, Staub, Sand, Kieselsteinen und Schichten mit dunkler organischer Substanz.

Diese Böden werden intensiv genutzt, sind aber gleichzeitig sehr empfindlich.

Beschreibung des Profils

Horizont A — an der Oberfläche abgelagerter organisch-mineralischer Horizont, fruchtbarer Teil des Bodens, sehr intensiv für den Anbau von Nutzpflanzen oder als Weideland genutzt. Kann durch vom Fluss mitgeführte Chemikalien kontaminiert sein, wenn weiter
weiter flussaufwärts Industrie- oder Landwirtschaftsgebiete

Unter dem Horizont A befindet sich der Horizont M, den wir als Bodensediment bezeichnen. Hier ist eine Abfolge von Schichten mit unterschiedlicher Körnung von Lehm bis Kieselsteinen zu erkennen.



DIE GESCHICHTE DES PODZOLS

Tiefe, überwiegend bergige Wälder, die aus Nadelbäumen bestehen und über Generationen hinweg abgefallene Nadeln ansammeln, sind Orte, an denen wir Podsole finden. Die abgefallenen Nadeln produzieren organische Stoffe, die den Boden durchdringen und Eisen, Mangan und Aluminium in die unteren Bodenschichten transportieren, wo sie sich ansammeln. So entsteht

ein verarmter (eluvialer) und angereicherter (illuvialer) Horizont des Podsol-Bodentyps. Der Prozess, der seine Entstehung ermöglicht, wird als Podsolierung bezeichnet. Die Kombination aus saurem Laub in Form von Nadeln, höherer Lage mit ausreichenden Niederschlägen und saurem Bodenbildergestein – Granit, Quarzit oder Sandstein – begünstigen diesen Prozess.



Beschreibung des Profils

An der Oberfläche befinden sich organische Horizonte aus Laub (L), Krümeln (F) und Melina (H). Es handelt sich um abgefallenes Fichtennadeln und deren Zersetzung, hauptsächlich durch Pilze im Horizont F, wo noch Fichtennadeln erkennbar sind. Im Horizont H ist das ursprüngliche Material nicht mehr erkennbar und es handelt sich überwiegend um feinkörniges, dunkelschwarzes organisches Material. In diesen Horizonten entstehen organische Substanzen, die aus dem darunter liegenden, ausgebleichten (E) Horizont Fe, Mn und Al ausgewaschen werden. Diese Stoffe sammeln sich im dunkelbraunen Horizont an (bei modalem Podsol ist der Bs-Horizont rostfarben, bei humus-eisenhaltigem Podsol ist der Bsh-Horizont schokoladenbraun). Diese Böden sind sehr sauer und dienen vor allem der Holzproduktion. Bei weiterer Versauerung, z. B. durch sauren Regen, kann es zu einer Erhöhung der toxischen Wirkung von Aluminium und damit zu einer Schädigung des Waldes kommen.



GESCHICHTE DER KAMBIZEME

Der häufigste Boden unserer Republik, der von mittleren Lagen bis zu Bergregionen vorkommt. Kambisole werden als landwirtschaftliche Böden genutzt, sind aber oft auch mit Wäldern bedeckt. Das Muttergestein besteht aus einem breiten Spektrum von Gesteinen, von Sandstein über metamorphe Gesteine bis hin zu grobkörnigem Granit. Die braune Farbe ist ein charakteristisches Merkmal von Kambis. Im Boden kommt es zu Oxidation von Eisen, und das freigesetzte Eisen verleiht der Kambisole zusammen mit Tonmineralien und Humus ihre charakteristische Farbe.

Beschreibung des Profils

Die Horizonte von Fallgut (L), Schutt (F) und Melina (H), organische Horizonte gehen in den organisch-mineralischen A-Horizont über und darunter befindet sich der braune kambische Horizont Bv. Das Muttergestein ist in diesem Fall grobkörniger Granit.





Beschreibung des Bodenprofils

ZEITAUFWAND: 30 Min.

GEEIGNET FÜR: 1. und 2. Stufe der Grundschule, Sekundarschule

HILFSMITTEL: Meter oder Maßband, Markierungen zur Kennzeichnung der Horizontgrenzen (Stifte, Nägel usw.), Schere, Papierbodenprofile, Klebstoff, verschiedene Bodenarten

ZIEL: Die Schüler beschreiben das Bodenprofil.

VORGEHENSWEISE: Die genaue Vorgehensweise finden Sie im Arbeitsblatt „*Beschreibung des Bodenprofils*“.

Beobachten Sie bei einem freigelegten Bodenprofil genau die Merkmale wie Farbe, Durchwurzelung oder Vorhandensein von Geröll (Kieselsteine). Diese Beobachtungen helfen Ihnen, die einzelnen Horizonte voneinander zu unterscheiden.

In die Tabelle in den Arbeitsblättern können Sie als Kennzeichnung der Horizonte nur eine Zahl eintragen (bei jüngeren Schülern) oder die Horizonte mit Buchstaben kennzeichnen. Wichtig ist, dass alle Horizonte gekennzeichnet und beschrieben sind.



Entnahme von Bodenproben

Sie müssen Bodenproben für weitere Labormessungen entnehmen – pH-Wert, Bodenfeuchte, Volumen- und Rohdichte sowie Korngrößenanalyse.

ENTNAHME VON BESCHÄDIGTEN BODENPROBEN

ZEITAUFWAND: 30 min

GEEIGNET FÜR: 1. und 2. Stufe der Grundschule, Sekundarschule

HILFSMITTEL: Schaufel, Plastiktüten, Permanentmarker, Porzellanmörser, Sieb mit einer Maschenweite von 2 mm

ZIEL: Die Schüler können beschädigte Bodenproben entnehmen.

VORGEHENSWEISE: Die genaue Vorgehensweise zur Entnahme finden Sie in den Arbeitsblättern „*Entnahme von Bodenproben*“.

Das Ausgangsmaterial für die meisten Laboranalysen ist sogenannter Feinboden. Dieser wird aus Erde gewonnen, die man an der Luft trocknen lässt und anschließend in einem Porzellanmörser zermahlt und dann durch ein Sieb mit einer Maschenweite von 2 mm siebt. Achten Sie jedoch darauf, dass Sie nicht auch teilweise verwitterte Skelette zermahlen. Wenn diese in die Sandfraktion gelangen, beeinflussen sie die Ergebnisse.

Feiner Boden wird für die Messung des pH-Werts, des spezifischen Gewichts und der Korngrößenanalyse benötigt.



Grundlegende Bodeneigenschaften / Protokoll zur Bodencharakterisierung



PEDOLOGIE

Zu den grundlegenden Bodeneigenschaften gehören die Bestimmung der Bodenstruktur, der Bodenfarbe, der Konsistenz,

Korngröße, Vorhandensein von Skelett, Feuchtigkeitsbedingungen, Vorhandensein von Pflanzenwurzeln und Karbonaten. Alle Messungen werden im Feld in einer Bodensonde oder in einem freigelegten Bodenprofil durchgeführt. Die grundlegenden Eigenschaften des Bodens werden für jeden Bodenhorizont bestimmt. Die Ergebnisse der Messungen und Beobachtungen werden nur einmal in die GLOBE-Datenbank eingegeben. Es wird jedoch empfohlen, die Bodenprobe für Beobachtungen zu verwenden und mit weiteren Schülergruppen zu arbeiten.

Die ermittelten Eigenschaften ermöglichen es Wissenschaftlern, die Funktionsweise von Ökosystemen zu interpretieren und Empfehlungen für die Landnutzung zu erarbeiten. Beispielsweise können Daten über die Bodenbeschaffenheit dabei helfen, zu bestimmen, ob ein Grundstück für den Anbau oder die Bebauung genutzt werden soll. Die Daten können dazu beitragen, die Wahrscheinlichkeit von Überschwemmungen und Dürren vorherzusagen und können dabei helfen, die für einen bestimmten Standort am besten geeigneten Vegetationstypen und Landnutzungsarten zu bestimmen. Die Eigenschaften des Bodens helfen auch dabei, Trends in der Bodenfeuchtigkeit und -temperatur zu erklären, die mit dem Wetter zusammenhängen könnten.

Üben Sie mit den Schülern vor der Arbeit im Freien die Identifizierung grundlegender Bodenmerkmale anhand der mitgebrachten Bodenproben.



Bestimmung grundlegender Bodenmerkmale

ZEITAUFWAND: 60–90 Minuten für die Bestimmung aller grundlegenden Bodenmerkmale im Gelände GEEIGNET FÜR:

2. Stufe der Grundschule, Sekundarschule

HILFSMITTEL ZUR BESTIMMUNG ALLER GRUNDLEGENDE BODENMERKMALE: Schaufel, Sprühflasche, Farbskala, Papier, durchsichtige Platten, Spritze mit Essig

ZIEL: Die Schüler bestimmen die grundlegenden Eigenschaften des Bodens.

VORGEHENSWEISE: Die genaue Vorgehensweise zur Bestimmung aller Bodenmerkmale finden Sie in den Arbeitsblättern.

Bodenstruktur / Soil Structure

Die Bodenstruktur ist eine Anordnung von Bodenpartikeln zu Klumpen, die als Bodenaggregate bezeichnet werden. Ein Bodenaggregat kann man sich also als einen Klumpen Erde vorstellen, der aus Mineralpartikeln, Ton, organischen Stoffen und Organismen besteht und von Poren durchzogen ist, durch die Wasser und Luft strömen.

Die Bodenbeschaffenheit ist eine der wichtigsten physikalischen Eigenschaften des Bodens, da sie Aufschluss über die Größe und Form der Poren im Boden gibt, durch die Wasser und Luft strömen und in denen die Wurzeln der Pflanzen wachsen. Die Bodenstruktur beeinflusst somit die Wasser- und Luftverhältnisse im Boden. Sie bestimmt den Grad der Versickerung und Speicherung (Retention) von Wasser

im Bodenprofil, verhindert Wasserverluste aus der Oberflächenschicht des Bodens usw. und sorgt außerdem für ein optimales Wachstum und eine optimale Entwicklung der Pflanzenwurzeln.



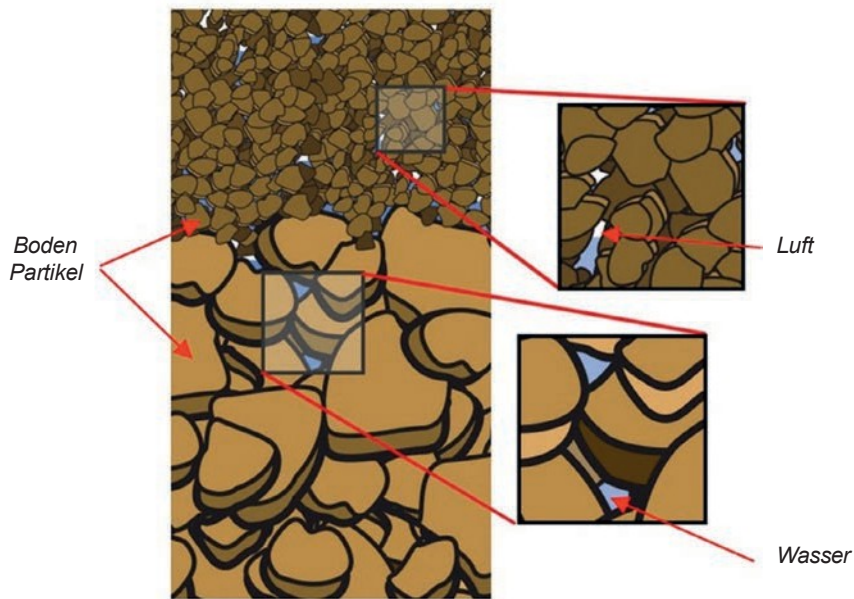
Die Bodenstruktur entwickelt sich parallel zur Bodenentwicklung unter Mitwirkung vieler Faktoren, die in drei Gruppen unterteilt werden können:

- **physikalische** Faktoren – Austrocknungs- und Befeuchtungsprozesse führen zu einer Schrumpfung oder Quellung des Bodens, wodurch Risse und Kanäle entstehen; Frost und Tauwetter führen zur Bildung von Rissen und kleinen Hohlräumen im Boden; mechanische Kräfte, wie z. B. fallende Regentropfen,
- **chemische** Faktoren – Mineralien (z. B. Ton), Eisenoxide oder Kalzit dienen als Bindemittel bei der Bildung von Aggregaten,
- **biologisch** — Wurzeln hinterlassen nach ihrem Absterben organische Substanz und Kanäle nach ihrer Zersetzung im Boden; Tiere transportieren Partikel, hinterlassen Exkrememente im Boden und bauen Tunnel; Bodenmikroorganismen zersetzen organische Substanz.

Welche Bodenarten unterscheiden wir also anhand ihrer Struktur?

Der strukturelle (aggregierte) Zustand des Bodens wird durch die vorherrschende Form und die gegenseitige Anordnung der festen Bodenpartikel (Aggregate) bestimmt, die entweder durch den Zerfall großer Klumpen oder durch die Aggregation kleinerer Partikel entstehen. Bei diesem Typ zerfällt zumindest ein Teil der Bodenmasse in strukturelle Elemente.

Horizonte mit kleineren Aggregaten haben mehr kleine Poren für Wasser und Luft. Sie können daher Wasser im Boden effektiver zurückhalten. Sie haben eine höhere Retentionsfähigkeit. Im Gegensatz dazu haben Horizonte mit größeren Bodenaggregaten weniger große Poren für die Speicherung von Wasser und Luft. Je größer die Poren und Bodenpartikel sind, desto schneller fließt das Wasser ab. Sie haben eine geringere Retentionsfähigkeit.



Beispielsweise kann tiefgründiger Schwarzerde während eines Regens bis zu 350 l Wasser pro m² speichern. Gerade die Menge und Qualität der organischen Substanz sowie die biologische Aktivität sind für die Wasserspeicherung im Boden von großer Bedeutung. Eine Erhöhung des Gehalts an organischer Substanz um 1 % kann die Wasserverfügbarkeit im Boden um 19 bis 23 Liter pro m² erhöhen. Seit Beginn der Verwendung anorganischer Düngemittel nimmt der Anteil organischer Substanz in landwirtschaftlichen Böden kontinuierlich ab. Die Menge und Qualität der organischen Substanz im Boden kann durch geeignete Anbaumethoden, optimale Pflanzenernährung, organische Düngung, schützende Landwirtschaft oder Erosionsschutz gefährdeter Böden erhöht werden.



Grundlegende Arten der **Bodenstruktur**:



Unstrukturierte Bodentypen:

- **elementar** – einzelne Bodenpartikel sind nicht zu Aggregaten verbunden (leichte sandige Böden);
- **verklumpt** – einzelne Partikel sind zu einer zusammenhängenden Masse verbunden (schwere lehmige Böden).

Bei langfristiger Belastung der Böden und anhaltend hohen Temperaturen ohne Niederschläge kommt es zu einer Verkleinerung der einzelnen Bodenkörner an der Oberfläche. Der so veränderte, strukturlose Boden bzw. seine oberste Schicht ist nicht in der Lage, größere Mengen Wasser durchzulassen, sodass es zu einem schnellen Abfluss des Niederschlags kommt, der dann in den unteren Bodenschichten fehlt.

Konsistenz / Soil Consistence

Die Konsistenz des Bodens bestimmt, wie leicht oder schwer es für Pflanzenwurzeln oder Organismen ist, sich im Boden zu bewegen

Die Konsistenz wird in der Praxis anhand des Grades der

- Klebrigkeit – nicht klebrig → stark klebrig;
- Plastizität – nicht plastisch → stark plastisch;
- Festigkeit – locker → sehr fest.

Im GLOBE-Programm wird die Konsistenz durch einen Fingertest (durch Zusammendrücken des Aggregats zwischen Daumen und Zeigefinger) bewertet. Es wird nur der Festigkeitsgrad der einzelnen strukturellen Aggregate bestimmt.

In die Arbeitsblätter werden folgende Kategorien eingetragen:

- **locker;**
- **bröckelig;**
- **fest;**
- **sehr fest.**



Farbe / Soil Color

Die Farbe des Bodens und der Bodenhorizonte ist ein wichtiges Merkmal, das Aufschluss über Bodenprozesse gibt, insbesondere über die Bewegung von Wasser im Boden, die Belüftung sowie den Gehalt und die Qualität der organischen Substanz.

Die Farbe des Bodens in den oberflächennahen Schichten hängt vor allem vom Gehalt und der Qualität der organischen Substanzen ab. In Humus umgewandelte organische Substanzen haben eine schwarze Farbe, während Pflanzenreste in verschiedenen Stadien der Zersetzung braun bis schwarzbraun sind.

In **den unterirdischen Schichten** hat vor allem Eisen in verschiedenen Oxidations-, Reduktions- oder Hydratationsgraden einen großen Einfluss auf die Farbe des Bodens. Oxidierte Eisenverbindungen sind rostfarben, reduzierte und hydratisierte Verbindungen sind grau. Die vorherrschende Farbe der Eisenverbindungen im Boden hängt daher mit der Belüftung des Bodens und seinem Wasserhaushalt zusammen. Gut belüftete Böden (z. B. an Hängen) haben in der Regel einen überwiegend braun gefärbten Horizont B (Mineralhorizont), während Böden, in denen sich Wasser ansammelt (unterhalb von Hängen), einen grau gefärbten Horizont B aufweisen. Die weiße Farbe deutet auch auf eine Anreicherung von Salzen oder Kalziumkarbonat hin.



Hypothesen – Nicht-Hypothesen über den Boden

Bevor Sie mit den Schülern die Farben des Bodens untersuchen, können Sie anhand verschiedener Aussagen zur Farbe des Bodens einen weiteren Schritt der Forschung üben, nämlich die Formulierung einer richtigen Hypothese.

ZEITAUFWAND: 10 bis 20 Min. GEEIGNET FÜR: 2.

Stufe der Grundschule, Sekundarschule

HILFSMITTEL: Die gesamte Aktivität mit dem Titel „*Hypothesen – Nicht-Hypothesen über den Boden*“ können Sie unter folgendem Link herunterladen: https://daphne.sk/wp-content/uploads/2023/02/BOV_prirucka_online_SK_verzia.pdf

ZIEL: Die Schüler entdecken die Kriterien einer formal korrekten Hypothese. Sie beurteilen kritisch die Qualität der vorgelegten Aussagen.

VORGEHENSWEISE: Lesen Sie den Schülern die Hypothesen vor. Sind es wirklich Hypothesen? Eine korrekte Hypothese hat ihre Regeln – **sie muss eine Aussage sein, eindeutig, überprüfbar, verallgemeinerbar, messbar und konkret sein.**

Nach dem Vorlesen jedes Satzes sagen die Schüler, ob es sich um eine Hypothese handelt oder was ihnen daran nicht gefällt. Lassen Sie die Schüler sich gegenseitig korrigieren. Wenn sie nicht weiterwissen, helfen Sie ihnen, unterrichten Sie sie, diskutieren Sie, dann fällt es den Schülern leichter, selbstständig Hypothesen zu bilden. Beispiel:

1. Die rote Färbung des Bodens bedeutet, dass sich Eisen im Boden befindet, aber manchmal ist dies nicht der Fall. (Die Hypothese ist nicht eindeutig, sie kann nicht nur manchmal zutreffen — die richtige Hypothese wäre: Die rote Färbung bedeutet, dass sich Eisen im Boden befindet.)
2. Eisen verändert die Farbe des Bodens zu Weiß. (Dies ist eine richtige Hypothese, durch Tests würden wir nur feststellen, dass sie nicht zutrifft, was den Schülern nicht mitgeteilt werden muss; jetzt konzentrieren wir uns nur auf die Formulierung der Hypothese und nicht darauf, ob sie zutrifft oder nicht).
3. Der durchnässte Boden in unserem Garten hat eine grüne Farbe, aber der durchnässte Boden im Wald hat eher eine blaue Farbe. (Diese Hypothese lässt sich nicht verallgemeinern.)
4. Dauerhaft durchnässter Boden weist oft rostige Streifen auf. (Diese Hypothese ist nicht überzeugend; sie kann nicht nur manchmal zutreffen. Das Problem liegt im Wort „oft“.)
5. Kalziumkarbonat verändert die Farbe des Bodens zu Weiß. (Diese Hypothese ist richtig.)
6. Ein geringer Gehalt an organischer Substanz verfärbt den Boden schwarz. (Die Hypothese ist fast perfekt. In der Hypothese muss präzisiert werden, was unter einem geringen Gehalt an organischer Substanz zu verstehen ist).



Die Farbe des Bodens wird auf zwei Arten bestimmt.

- **Die subjektive Methode** besteht in einer verbalen Bewertung der Farbe oder in einem Vergleich mit einem anderen Material, das sich durch seine Farbe auszeichnet (schokoladenbraun, ziegelrot usw.).
- **Die objektive Bewertungsmethode** besteht darin, die Farbe des Bodens mit der sogenannten Munsell-Skala zu vergleichen.



Farbbestimmung mit Hilfe der Munsell-Skala

Die Farbe wird im Gelände unter natürlichen Feuchtigkeitsbedingungen bestimmt. Wenn der Boden trocken ist, befeuchten Sie ihn mit Wasser aus einer Sprühflasche.

Die einzelnen Bodenhorizonte müssen nicht einheitlich gefärbt sein. Daher werden sowohl die primäre dominante, vorherrschende Farbe des Bodens als auch die sekundäre (subdominante) Farbe beschrieben.

Neubildungen

Neben der Farbe des Bodens kann auch das Vorhandensein sogenannter Neubildungen, sekundärer Formationen, die während der Bodenbildungsprozesse im Bodenprofil entstanden sind, beurteilt werden. Sie unterscheiden sich von anderen Bodenformationen im Bodenprofil durch ihre Farbe, Zusammensetzung und Anordnung.

Je nach dem Bodenbildungsprozess, bei dem sie entstanden sind, können wir sie unterteilen in:

- Neubildungen durch **Anreicherung von Kalziumkarbonat** – dabei handelt es sich um verschiedene weiße Beläge auf Strukturaggregaten, weiße Adern, die durch das Ausfüllen von Poren entstehen, verhärtete Klumpen/Körner – sogenannte Cicváry usw.;
- Neubildungen durch **Migration von Eisenoxid** – rostbraune Beläge auf Bodenpartikeln (Inkrustationen auf Bodenpartikeln);
- Neubildungen, die durch **langfristige Überfeuchtung** entstanden sind – rotbraune Eisen-Mangan-Klumpen, graue oder rostige Flecken und Beläge, Marmorierung;
- Neubildungen durch **biologische Aktivität** — Kanäle von Pflanzenwurzeln, Gänge von Tieren (z. B. Maulwurfsgänge — mit Bodenmaterial gefüllte Gänge von Maulwürfen, oft aus anderen Horizonten), Exkremente von Regenwürmern usw.)

Gemeinsam mit den Schülern können Sie Ihre eigene Farbpalette für Erde erstellen. Bitten Sie die Schüler, verschiedene Bodenproben aus ihrer Umgebung mit in die Schule zu bringen. Befeuchten Sie diese und verwenden Sie sie anstelle von Farben, beispielsweise im Kunstunterricht. Verteilen Sie sie mit den Schülern auf Papier und erstellen Sie Ihre eigene Farbpalette. Oder trauen sich die Schüler, mit diesen erdigen Farben ein Bild zu malen?

Körnung / Bodenbeschaffenheit

Die Korngröße bezeichnet die Größe und relative Menge der einzelnen Bodenpartikel. Sie ist eine der grundlegenden Eigenschaften des Bodens, die vor allem die physikalischen Eigenschaften — die Struktur und Konsistenz des Bodens — beeinflusst.

Tabelle 1: Sortierung von Bodenpartikeln nach Größe

BEZEICHNUNG	Partikeldurchmesser [mm]
Feiner	< 0,002
Staub	0,002 - 0,05
Sand	0,05 - 2,0

Im Gelände schätzen wir die Korngröße durch eine taktile Prüfung. Wir unterscheiden zwischen sandigen, lehmigen und tonigen Bodentypen und Übergängen zwischen ihnen. Die Bestimmung des Bodentyps im Gelände ist nur eine Orientierung, eine genaue Bestimmung ist nur auf der Grundlage der Ergebnisse von Laboranalysen Analysen von Feinbodenproben möglich (siehe Kapitel „Analyse der Korngröße“).

Bei einer Probe aus einem gut gereinigten und frisch freigelegten Bodenprofil können Sie zur Bestimmung der Körnung auch den Geschmack heranziehen. Geben Sie eine kleine Menge Erde auf die Zungenspitze. Sand fühlt sich auf der Zunge wie deutliche Körner an. Wenn er unter den Zähnen knirscht, ist er überwiegend kieselhaltig, wenn er nicht knirscht und sich nicht scharf anfühlt, bestehen die Körner überwiegend aus Karbonaten. Staubiger Sand ist fein mit gelegentlich größeren Körnern. Lehm spürt man fast nicht.

Vorhandensein von Skelett / Measuring Rocks

Skelett umfasst alle Partikel, die größer als 2 mm sind, d. h. diejenigen, die nicht in die Bestimmung der Bodenkörnung einbezogen werden. Skelett besteht im Allgemeinen aus grobem Sand, Kies und Steinen.

Skelettanteil in Volumenprozent

Skelettanteil	% des Volumens
keine	< 5
schwach	5 - 25
mittel stark	25 - 50
sehr stark	50 - 75
	> 75

Sortierung der Skelettanteile nach Größe (mm)

Bezeichnung	Durchmesser der Partikel [mm]
Kies	2 - 50
Steine	50 - 250
Felsbrocken	> 250





Eine größere Menge an Skelett findet sich in der Regel in den unteren Horizonten, in Bereichen mit verwittertem bodenbildendem Substrat. Zur Oberfläche hin nimmt die Menge an Bodenskelett ab. Das Vorhandensein von Skelett im Boden hat einen erheblichen Einfluss auf weitere Bodeneigenschaften, insbesondere auf das Volumengewicht, die Wasserhaltekapazität, die Infiltration, die Erosionsanfälligkeit und die Bodentemperatur, und beeinflusst damit auch das hydrologische Verhalten des Bodens sowie dessen Degradation und Produktivität.

Feuchtigkeitsverhältnisse / Bodenfeuchte

Die Bodenfeuchte ist der aktuelle Wassergehalt im Boden. Sie hängt vor allem von den Niederschlägen und der Höhe des Grundwasserspiegels ab. Im Gelände macht sie sich durch das Gefühl bemerkbar, das der Boden beim Berühren hervorruft. Üblicherweise wird eine fünfstufige Grundsкала verwendet: ausgetrocknet, trocken, feucht, nass.

Im GLOBE-Programm werden nur drei Kategorien unterschieden:

- **trocken** – verursacht kein Kältegefühl auf der Handfläche;
- **feucht** – verursacht ein Gefühl der Kälte, befeuchtet die Handfläche;
- **nass** – mit Wasser gesättigter Boden.

Die genaue Bestimmung der Wassermenge im Boden erfolgt im Labor gravimetrisch, d. h. durch Wiegen von feuchten und trockenen Bodenproben (siehe Kapitel Bodenfeuchte).

Vorhandensein von Wurzeln / Measuring Roots

Die Ausbreitung der Wurzeln im Boden hängt von der Zusammensetzung, Temperatur, dem Feuchtigkeitsgehalt und der Konsistenz der verschiedenen Horizonte ab.

Im Rahmen dieser Messung ist es sinnvoll, mit den Schülern das Wurzelsystem von einkeimblättrigen Pflanzen (Faserwurzelsystem) und zweikeimblättrigen Pflanzen (Hauptwurzelsystem) zu wiederholen. Die Schüler können nach Pflanzen mit flachem und tiefem Wurzelsystem suchen. Es ist jedoch zu beachten, dass dieselbe Pflanzenart je nach Verfügbarkeit von Wasser und Nährstoffen an verschiedenen Stellen in unterschiedlicher Tiefe Wurzeln schlagen kann. Die meisten Wurzeln befinden sich jedoch in den oberen Bodenschichten, und mit zunehmender Tiefe nimmt ihre Anzahl ab.

Die Bestimmung erfolgt durch subjektive Beurteilung. Es wird festgestellt, ob die Wurzeln:

- **groß;**
- **wenig vorhanden sind;**
- **nicht vorhanden sind.**



Vorhandensein von Karbonaten / Messung freier Karbonate

Karbonate sind im Boden vor allem in Form von Kalziumkarbonat (CaCO_3) vertreten. Ihr Gehalt wird anhand der Intensität und Dauer des Zischens des Bodens mit 10 %iger Salzsäure (HCl) geschätzt.



Entnehmen Sie vor der Bestimmung des Karbonatgehalts Bodenproben für weitere Messungen!

Zur Feststellung des Vorhandenseins von Karbonaten wird in GLOBE anstelle von Salzsäure Essig verwendet. Sprühen Sie den Essig mit einer Sprühflasche vom unteren Horizont nach oben. Auch hierbei handelt es sich um eine subjektive Beobachtung. Tragen Sie in die Tabelle ein, ob der Karbonatgehalt darin enthalten ist:

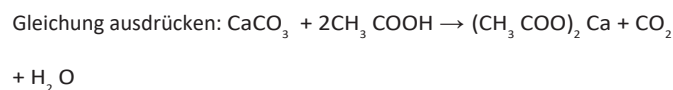
- **hoch;**
- **niedrig;**
- **keiner vorhanden.**

Auf das Vorhandensein von Karbonaten im Bodenprofil weist beispielsweise auch das Vorhandensein von weißen Belägen auf Bodenpartikeln hin (siehe Kapitel „Farbe des Bodens“) oder in Form von Cicváry (Staubteufeln, siehe Kapitel „Neubildungen“).

Diese Messung erfordert etwas Übung, daher empfehlen wir, sie vor der Durchführung mit den Schülern an einer mitgebrachten Bodenprobe zu testen. Wenn Sie die Möglichkeit haben, verdünntes HCl zu verwenden, probieren Sie die Bestimmung mit beiden Substanzen aus — bei HCl ist das Zischen stärker.

Die Bestimmung des Vorhandenseins von Karbonaten ist nur bei karbonathaltigen Gesteinen (Kalkstein, Dolomit, Loess) sinnvoll, keinesfalls bei Graniten (Gesteinen) oder Andesiten mit einem pH-Wert über 6,5. Dolomitboden sprudelt nicht, sondern quillt ähnlich wie Teig auf.

Die Reaktion von Essig und Kalziumkarbonat lässt sich durch folgende





Pflanzen als Indikatoren für Boden e Eigenschaften

Die Eigenschaften des Bodens können Sie anhand der Pflanzenarten in der Umgebung Ihres pedologischen Standorts einschätzen.

Die meisten höheren Pflanzenarten haben eine relativ spezifische Beziehung zu einzelnen Umweltfaktoren. Zu den Grundvoraussetzungen für das Pflanzenwachstum gehören die Intensität der Sonneneinstrahlung, die Verfügbarkeit von Mineralstoffen, die Bewässerung, die CO₂-Konzentration und der pH-Wert des Bodens. Viele Pflanzen können nur wachsen und ihre Populationen erhalten, wenn

in einer Umgebung, die ihren Anforderungen entspricht. Wir sprechen von „ökologischer Valenz“, d. h. dem optimalen Bereich bestimmter Bedingungen für einen bestimmten Organismus.

Je nach Toleranz gegenüber den Bedingungen unterscheiden wir zwischen folgenden Pflanzen:

- **Euryvalente Pflanzen** – sie tolerieren eine Vielzahl von Standortbedingungen.
- **stenovalent** — sie sind auf eine bestimmte Art von Umgebung spezialisiert. Diese Pflanzen können wir als sogenannte Bioindikatoren für bestimmte Eigenschaften von Standorten oder Böden verstehen.

Beispielsweise wachsen kalkliebende Pflanzen ausschließlich in einer Umgebung, die reich an Kalzium und Karbonaten ist. Sie kommen daher nicht in sauren, nährstoffarmen Umgebungen vor. Pflanzen haben eine ähnlich ausgeprägte Beziehung zum Vorhandensein größerer Mengen Stickstoff im Boden, was zu dessen Indikation genutzt werden kann. Beispielsweise gelten Brennnesseln oder Löwenzahn als nitrophile Arten (Nitrophytum) angesehen, d. h. als Pflanzen, die eine hohe Stickstoffkonzentration bevorzugen. Sie können auch den pH-Wert und den Nährstoffgehalt der Umgebung anzeigen.

Zur leichteren Identifizierung des Biotops siehe die Methodik *Biotope*.

Bodentemperatur / Soil Temperature

Warum messen wir die Bodentemperatur?

Die Intensität und Geschwindigkeit aller chemischen und biologischen Prozesse im Boden hängen von der Bodentemperatur ab. Mikrobielle Prozesse, das Leben der Bodenlebewesen und das Pflanzenwachstum nehmen mit sinkender Temperatur ab. Die Hauptenergiequelle für die Erwärmung des Bodens ist die Sonneneinstrahlung. Auch Prozesse, die durch die Zersetzung von Bodenorganismen verursacht werden, erhöhen die Temperatur leicht.

Die Absorption von Sonnenenergie durch den Boden wird von mehreren Faktoren beeinflusst – geografische Lage, Höhe über dem Meeresspiegel, Neigung, Exposition, Vegetation, Feuchtigkeit und Farbe des Bodens. Im Allgemeinen gilt, dass dunkler Boden mehr Energie absorbiert und erwärmt sich daher leichter als heller Boden (Albedo), und trockener Boden erwärmt sich schneller als feuchter Boden.

Die Bodentemperatur in verschiedenen Tiefen hängt auch von der Fähigkeit der einzelnen Bodenprofile ab, Wärme zu leiten. Diese sogenannte Wärmeleitfähigkeit wird vor allem durch die Bodenart, die Bodenstruktur und die Bodenfeuchtigkeit beeinflusst.

Informationen über die Bodentemperatur werden beispielsweise von Landwirten genutzt, um den richtigen Zeitpunkt für die Aussaat





Messung der Bodentemperatur

ZEITAUFWAND: 10 min

GEEIGNET FÜR: 1. und 2. Stufe der Grundschule, Sekundarschule

HILFSMITTEL: Boden-Thermometer, 10 cm langer Nagel, Permanentmarker

ZIEL: Die Schüler erstellen ein Diagramm der Bodentemperaturen in einem ausgewählten Zeitraum. VORGEHENSWEISE: Die genaue Vorgehensweise zur Messung finden Sie im Arbeitsblatt „*Bodentemperatur*“.

Die Bodentemperatur wird in einer Entfernung von bis zu 10 m vom Wetterhäuschen an einem unbeschatteten Ort mit natürlicher Vegetationsdecke. Die Messungen werden mit einem Bodenthermometer in einer Tiefe von 5 und 10 cm in regelmäßigen Abständen (eine Stunde vor und eine Stunde nach dem Sonnenhöchststand, die Bestimmung des Sonnenhöchststands wird in der Methodik Meteorologie erläutert) entweder einmal täglich oder einmal wöchentlich während des gesamten Jahres durchgeführt. Darüber hinaus führen wir alle drei Monate spezielle zweitägige Messungen durch, bei denen wir die Temperatur alle 2 bis 3 Stunden an zwei aufeinanderfolgenden Tagen messen. Es ist wichtig, Daten aus mindestens fünf Messungen an einem Tag zu erhalten.

Jede Messung wird dreimal durchgeführt, immer an einem neuen, ungestörten Ort innerhalb von 10 cm Entfernung zur vorherigen Messung.

Die Bodentemperatur schwankt weniger als die Lufttemperatur. Während die Luft um 14:00 Uhr ihre Höchsttemperatur erreicht, erwärmt sich der Boden später maximal und kühlt später ab.

Beachten Sie auch den Unterschied zwischen den Temperaturen in verschiedenen Tiefen – die Temperatur der oberen Bodenschichten schwankt im Laufe des Tages und des Jahres stärker als die Temperatur der unteren Schichten.

Zur Messung der Bodentemperatur können Sie auch ein NPK-Messgerät verwenden.



Wie beeinflusst die Vegetationsdecke die Temperatur des Bodens?

GEEIGNET FÜR: 1. und 2. Stufe der Grundschule, Sekundarschule

HILFSMITTEL: Boden-Thermometer, 10 cm langer Nagel, Permanentmarker

ZIEL: Die Schüler überprüfen durch einen Versuch den Einfluss der Vegetationsdecke auf Temperaturänderungen im Boden.

VORGEHENSWEISE: Suchen Sie zwei Stellen (vorzugsweise nahe beieinander), eine mit natürlicher Vegetationsdecke, die andere ohne Vegetationsdecke. Lassen Sie die Schüler Fragen stellen, Vermutungen äußern und das Experiment planen. Messen Sie die Tagestemperatur in 5 cm Tiefe, tragen Sie die Ergebnisse in Diagramme ein und vergleichen Sie sie.

Lassen Sie die Schüler beurteilen, ob ihre Hypothese richtig ist oder nicht.

Was sagen die gemessenen Daten aus?

Eine geschlossene Pflanzendecke reguliert die Wärmebewegung im Boden. Sie verhindert sowohl eine übermäßige Erwärmung als auch den Wärmeverlust aus dem Boden. Daher sind die Temperaturschwankungen an einem Standort mit Vegetationsdecke geringer als an einem Standort ohne Vegetationsdecke.

Bei höheren Bodentemperaturen werden chemische Reaktionen beschleunigt. Bakterien, Regenwürmer und Pilze sind aktiver, was die Zersetzung organischer Stoffe beschleunigt.





Boden-pH-Wert

Warum messen wir den pH-Wert des Bodens?

Die Bodenreaktion oder der pH-Wert des Bodens ist eine der wichtigsten chemischen Eigenschaften des Bodens, da er viele chemische und biologische Prozesse im Boden beeinflusst, wie z. B. Verwitterung, Verfügbarkeit von Mineralsalzen für die Pflanzenernährung, Aktivität von Bodenorganismen und Humusbildung. Der pH-Wert bezieht sich auf den negativen Dezimal-Logarithmus der Konzentration aktiver H^+ -Ionen [$pH = -\log(c(H^+))$]. Der Begriff pH stammt aus dem Französischen „pouvoir hydrogène“, d. h. die Kraft des Wasserstoffs. Eine Lösung, in diesem Fall der Boden, gilt im Bereich von pH 6,5 bis 7,5 als neutral. Böden mit einem niedrigeren pH-Wert sind sauer und enthalten mehr H^+ -Ionen; Böden mit einem höheren pH-Wert sind basisch und enthalten weniger H^+ -Ionen als eine neutrale Lösung.

Der pH-Wert des Bodens steuert viele chemische und biologische Aktivitäten, die in ihm stattfinden, und sagt auch etwas über das Klima, die Vegetation und die hydrologischen Bedingungen aus, unter denen der Boden entstanden ist. Der pH-Wert des Bodenhorizonts (wie sauer oder basisch der Boden ist) wird durch das Ausgangsmaterial, die chemische Beschaffenheit des Regen- und anderen Wassers, das in den Boden gelangt, die Art der Bodenbewirtschaftung und die Aktivität der im Boden lebenden Organismen (Pflanzen, Tiere und Mikroorganismen), die im Boden leben. Beispielsweise haben Kiefernadeln einen hohen Säuregehalt und können, wenn sie mit der Zeit zerfallen, den pH-Wert des Bodens senken.



Bestimmung des pH-Werts des Bodens

ZEITAUFWAND: 30 Min.

GEEIGNET FÜR: 1. und 2. Stufe der Grundschule, Sekundarschule

HILFSMITTEL: feine Erde, destilliertes Wasser, pH-Meter, Becherglas, Messzylinder, Teelöffel, Waage ZIEL:

Die Schüler erstellen ein Diagramm des pH-Werts des Bodens in einem ausgewählten Zeitraum.

VORGEHENSWEISE: Zeigen Sie den Schülern das Video „Experimente in der Schule: Messung des pH-Werts von Getränken“ (https://www.youtube.com/watch?v=o6FsR_mtfYc) auf YouTube. Arbeiten Sie anschließend mit den Arbeitsblättern zum *pH-Wert des Bodens*. Die Schüler arbeiten

in Gruppen. Mithilfe der Aktivität „*Fischgrätenmuster*“ (zu finden in den Arbeitsblättern) stellen sie Fragen, die ihnen zum Thema Bodenreaktionen einfallen. Motivieren Sie sie, sich auf den pH-Wert des Bodens zu konzentrieren. Jede Gruppe erstellt eine Hypothese zum pH-Wert des Bodens ihrer Probe. Die Gruppen präsentieren ihre Hypothesen laut und wählen eine aus, die sie testen möchten. Verteilen Sie die Bodenproben, die Sie zuvor in Ihrer Umgebung gesammelt haben, an die Gruppen. Vor der Messung muss das pH-Messgerät kalibriert werden. Die Vorgehensweise finden Sie in der Methodik Hydrologie im Kapitel Kalibrierung des pH-Messgeräts. Die Schüler messen den pH-Wert des Bodens. Die genaue Vorgehensweise finden Sie im Arbeitsblatt. Für die pH-Messung wird ein Verhältnis von Wasser und Bodensuspension von 2:1 empfohlen. Bei organischen Horizonten arbeiten Sie mit einem Verhältnis von Wasser und Boden von 10:1.

Fordern Sie die Schüler auf, zu ihrer Hypothese zurückzukehren und aufzuschreiben, ob sie diese bestätigt oder widerlegt haben.



**Fragen für weitere Untersuchungen:**

- Welche natürlichen Veränderungen können den pH-Wert des Horizonts verändern? Wie beeinflusst der pH-Wert des Regens den pH-Wert des Bodenhorizonts?*
- Wie beeinflusst der pH-Wert des Bodens den pH-Wert der lokalen Gewässer? Wie beeinflusst das Klima den pH-Wert des Horizonts?*
- Wie wirkt sich die Neigung auf den pH-Wert des Horizonts aus?*
- Wie beeinflusst die Art der auf dem Boden wachsenden Vegetation den pH-Wert des Bodens?*

ZEITAUFWAND: 30 Min.

GEEIGNET FÜR: 2. Stufe der Grundschule, Sekundarschule

HILFSMITTEL: Essig, destilliertes Wasser, Natriumacetat, Backpulver, Bechergläser, Messzylinder, pH-Meter, Waage, Pipette ZIEL:

Die Schüler überprüfen die Pufferkapazität des Bodens.

VORGEHENSWEISE: Die genaue Vorgehensweise zur Messung finden Sie im Arbeitsblatt „*Boden als Puffer*“.

Während des Experiments untersuchen die Schüler das Verhalten von Puffer und reinem Wasser sowie die Unterschiede zwischen den Bodenproben. Während der pH-Wert des Wassers nach Zugabe der ersten Tropfen Essig deutlich sinkt, bleibt der pH-Wert des Puffers und des Bodens zunächst unverändert und sinkt dann leicht.

Was sagen die gemessenen Daten aus?

Wie bereits erwähnt, ist der pH-Wert eine der wichtigsten chemischen Eigenschaften des Bodens. Er hängt vor allem vom Muttergestein ab. Auch der Gehalt an Karbonaten hat einen entscheidenden Einfluss auf den pH-Wert. Böden mit hohem Karbonatgehalt haben einen basischen pH-Wert, d. h. einen Wert über 7,5.

Im Allgemeinen unterscheiden sich die pH-Werte der verschiedenen Horizonte nicht wesentlich voneinander. Das liegt vor allem daran, dass eine Änderung des pH-Werts um einen Grad einen zehnfachen Unterschied im Ionengehalt bedeutet. Manchmal können jedoch größere Unterschiede im pH-Wert zwischen den einzelnen Horizonten auftreten. Dies kann beispielsweise durch menschliche Aktivitäten oder durch Ablagerungen von Material auf dem oberen Horizont verursacht werden. Diese Unterschiede im pH-Wert können den Schülern helfen, die „Geschichte“ des Bodens in ihrer Region zu erforschen. Sie können auch versuchen, vorherzusagen, ob und wie sich der pH-Wert im Bodenprofil vom oberen zum unteren Horizont verändern wird.



Fruchtbarkeit des Bodens

Pflanzen benötigen für ihr Wachstum Sonnenlicht, Wasser, Luft, Wärme und Nährstoffe. In der Tabelle sind die Makronährstoffe (Nährstoffe, die in großen Mengen benötigt werden) und Mikronährstoffe (Nährstoffe, die in kleineren Mengen benötigt werden) aufgeführt, die für das Pflanzenwachstum erforderlich sind. Die Fruchtbarkeit des Bodens gibt die Verfügbarkeit dieser Nährstoffe für das Pflanzenwachstum an.

Einige Nährstoffe im Boden sind positiv geladen, während andere negativ geladen sind. Positiv geladene Nährstoffe wie Kalium, Kalzium und Magnesium werden von negativ geladenen Bodenpartikeln gebunden. Diese Nährstoffe werden durch Pflanzen oder Verwitterungsprozesse aus dem Boden entfernt. Negativ geladene Partikel wie Stickstoff (in der üblichen Form von Nitraten), Phosphor (in der üblichen Form von Phosphaten) und Schwefel (in der üblichen Form von Sulfaten) werden nicht zurückgehalten. negativ geladenen Bodenpartikeln. Diese Nährstoffe werden leichter aus dem Boden ausgewaschen und entfernt. Wenn der Boden Nährstoffe verliert

oder nicht genügend Nährstoffe für das Pflanzenwachstum enthält, ergänzen Landwirte und Gärtner die Nährstoffe durch Zugabe von Düngemittel in den Boden ein.

Das Bodenfruchtbarkeitsprotokoll misst die Menge von drei Nährstoffen: Nitraten (Stickstoff), Phosphaten (Phosphor) und Kalium in jedem Horizont des Bodenprofils, um festzustellen, ob der Boden für das Pflanzenwachstum fruchtbar ist.

Stickstoff (N) ist ein Element, das in hohen Konzentrationen in der Atmosphäre, aber in relativ geringen Konzentrationen im Boden vorkommt. Damit die meisten Lebewesen Stickstoff verwerten können, müssen die N_2 -Moleküle zerlegt werden. Im Boden und im Wasser liegt dieser verwertbare Stickstoff in Form von Nitraten (NO_3), Nitriten (NO_2) und Ammonium (NH_4) vor.

Im Allgemeinen werden diese Formen von Stickstoff schnell von Pflanzen aufgenommen und sind ein wichtiger Bestandteil von pflanzlichen . Nitrate (NO_3^-) bleiben aufgrund ihrer negativen Ladung nicht an den negativ geladenen Partikeln des Bodens haften und werden beim Durchfließen des Wassers durch den Boden leicht aus diesem entfernt (ausgelaugt). Nitrate können auch in gasförmigen Stickstoff (N_2) oder Ammoniak (NH_3) umgewandelt werden und verdampfen (verflüchtigen sich oder werden als Gas entfernt).

aus dem Boden. Daher ist es wichtig, dass Landwirte und Gärtner Stickstoffdünger dann ausbringen, wenn die Pflanzen diesen Nährstoff am dringendsten benötigen

dieses Nährstoffbedürfnis haben und es aufnehmen können, bevor es durch Auswaschung aus dem Boden entfernt wird. Wenn Stickstoff in Form von organischer Substanz dem Boden zugeführt wird, bleibt er länger erhalten, da er während des gesamten Zersetzungsprozesses der organischen Substanz langsamer für die Pflanzen verfügbar wird.

Phosphor (P) wird in Pflanzen als Teil des Energiehaushalts genutzt. Pflanzen verwerten Phosphor in Form von Phosphat (PO_4). Aufgrund ihrer negativen Ladung werden Phosphate leicht aus dem Boden ausgewaschen. Pflanzen können Phosphate nur aufnehmen, wenn der pH-Wert des Bodens **zwischen 5,0 und 8,0** liegt. Bei niedrigen pH-Werten ($< 5,0$) verbinden sich Phosphate mit Eisen (Fe) und Aluminium (Al) und bilden Phosphate, die nicht löslich sind. und Pflanzen können sie nicht aufnehmen. Bei hohen pH-Werten ($> 8,0$) verbinden sich Phosphate mit Kalzium (Ca) zu Kalziumphosphaten, die für Pflanzen weder löslich noch verfügbar sind. Wenn Phosphate in einer dieser unlöslichen Verbindungen vorkommen, werden sie bei der Erosion von Bodenpartikeln leicht aus dem Boden entfernt. Ähnlich wie Stickstoff ist auch Phosphor für Pflanzen langsamer und leichter verfügbar, wenn er in Form von zersetzender organischer Substanz hinzugefügt wird.

Kalium (K) spielt in Pflanzen die Rolle eines Aktivators für Zellenzyme. Für Pflanzen ist es leicht verfügbar in elementarer Form (K^+) leicht verfügbar und lagert sich dank seiner positiven Ladung leicht an negativ geladenen Bodenpartikeln an. Die größte Kaliumquelle ist die Zersetzung kaliumhaltiger Mineralien wie beispielsweise Glimmer.

Makronährsto	Mikronährsto
Stickstoff (N)	Eisen (Fe)
Phosphor (P)	Zink (Zn)
Kalium (K)	Mangan (Mn)
Schwefel (S)	Kupfer (Cu)
Kalzium (Ca)	Bor (B)
Magnesium (Mg)	Molybdän (Mo)
	Chlor (Cl)





ZEITAUFWAND: 30 Minuten GEEIGNET FÜR:

1. und 2. Stufe der Grundschule,

Sekundarschule

HILFSMITTEL: Bodenproben und (Garten-)Substrate, Gerät zur Messung von NPK

ZIEL: Die Schüler überprüfen durch einen Versuch die Fruchtbarkeit der entnommenen Probe(n) und vergleichen sie mit verschiedenen Substraten und Bodenproben (z. B. aus der Aktivität „Boden mit Augen, Händen und Nase“).

VORGEHENSWEISE: Messen Sie den Gehalt an N, P und K in der entnommenen Probe mit dem Gerät und vergleichen Sie ihn mit dem Nährstoffgehalt in anderen Bodenproben oder Substraten. Die Daten können Sie in Form eines Diagramms darstellen.

Lassen Sie die Schüler eine Hypothese über die Nährstoffgehalt der Bodenproben/Substrate aufstellen und anschließend bewerten, ob ihre Hypothese richtig war oder nicht.

Was sagen die gemessenen Daten aus?

Die Kenntnis der relativen Mengen an Stickstoff, Phosphor und Kalium im Boden hilft Wissenschaftlern dabei, Empfehlungen für die Art und Menge von Düngemitteln oder anderen Nährstoffen abzugeben, die Landwirte und Gärtner dem Boden für das Pflanzenwachstum zuführen sollten. Sie können beispielsweise empfehlen, Düngemittel, Kompost oder Mist hinzuzufügen, um den Boden fruchtbarer zu machen. N-, P- und K-Messungen helfen Wissenschaftlern auch, andere Eigenschaften des Bodens besser zu verstehen, wie z. B. die Anzahl der negativ geladenen Bodenoberflächen, den Gehalt an Eisen und organischer Substanz im Boden und den Verwitterungsgrad des Bodens. Die Messungen von N, P und K können Wissenschaftlern auch dabei helfen, die Art des Ausgangsmaterials zu bestimmen, aus dem der Boden entstanden ist.

pH-Wert und Fruchtbarkeit von

Die Bestimmung des pH-Werts ist auch wichtig für die Bestimmung der Aktivität und Mobilität von Elementen und Nährstoffen im Boden. In Böden mit neutralem pH-Wert sind fast alle Elemente für Pflanzen gleichermaßen verfügbar. Durch eine Veränderung der Bedingungen hin zu saurer oder basischer wird die Verfügbarkeit von Nährstoffen für Pflanzen verändert. Dieser Mechanismus beeinflusst die Art der Vegetation, die Dichte der Bodenbedeckung, aber auch die Art der Pflanzen, die für den Anbau an einem bestimmten Standort geeignet sind.



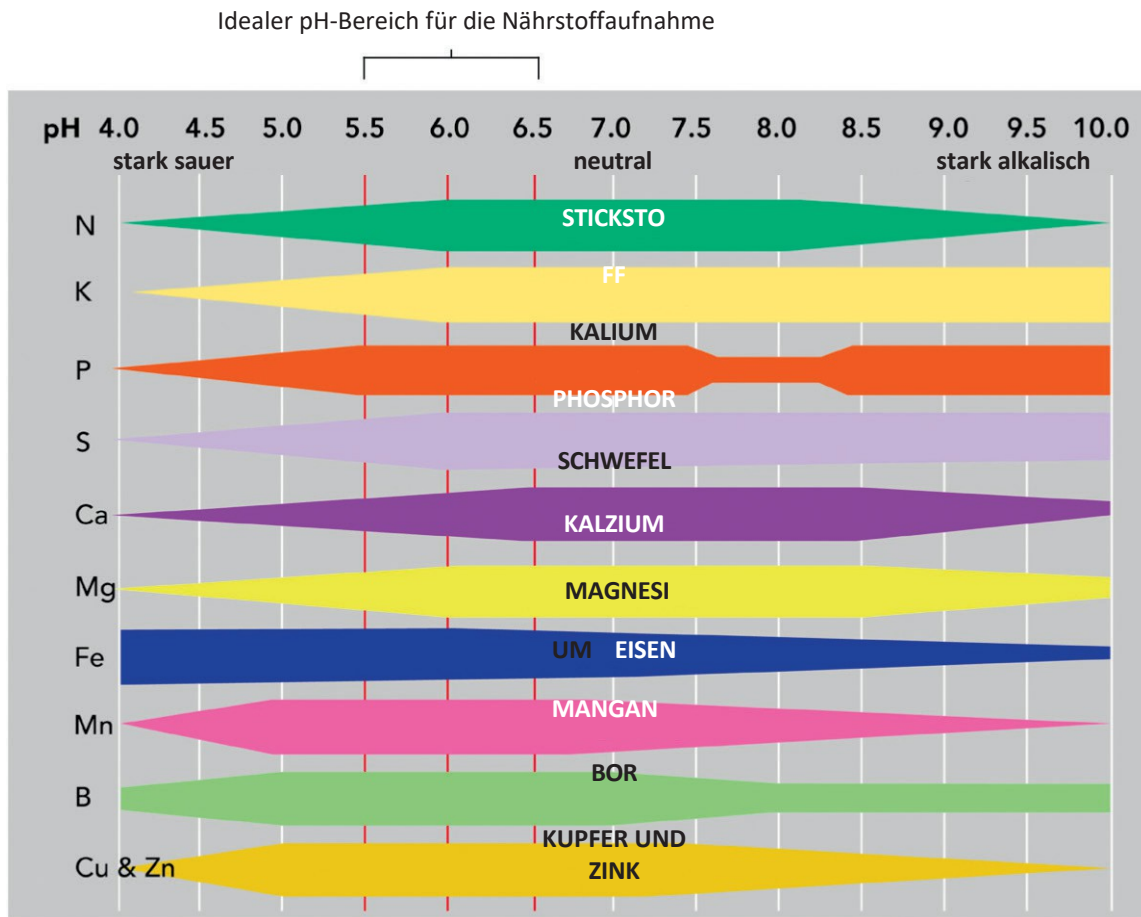


Abb. Abhängigkeit der Aktivität/Mobilität der Elemente im Boden vom pH-Wert

Bodenfeuchte / Gravimetrisches Bodenfeuchteprotokoll

Warum messen wir die Bodenfeuchte?

Der Wassergehalt im Boden ist ein entscheidender Parameter für das Pflanzenwachstum. Der tatsächliche Wassergehalt im Boden hängt vor allem von den Niederschlägen und der Höhe des Grundwasserspiegels ab. Wasser ist im Boden in flüssiger und gasförmiger Form vorhanden und an die Oberfläche der Bodenpartikel gebunden. Die Menge an Wasser, die der Boden speichern kann, hängt von seiner Gesamtporosität ab. Die Porosität des Bodens ist eine physikalische Eigenschaft des Bodens, die das Volumen aller Zwischenräume zwischen den festen Partikeln angibt. Sie bestimmt nicht nur den Luftgehalt im Boden, sondern auch dessen Zusammensetzung, da sie einen entscheidenden Einfluss auf den diffusen Austausch von CO₂ aus der Bodenluft in die atmosphärische Luft hat.

Auch in vorübergehend vollständig überfluteten Böden oder in Bodenschichten unterhalb des Grundwasserspiegels kommen eingeschlossene Luftblasen im Boden vor. Da die Porosität des Bodens in der Regel 40 bis 60 % beträgt, kann der theoretische maximale Wassergehalt im Boden fast 40 bis 60 % des Bodenvolumens betragen. Wenn der Boden mit Wasser gesättigt ist, z. B. nach starkem Regen, werden zunächst die großen Poren entleert, bis der Wassergehalt im Boden auf einen Wert sinkt, der als Feldwasserkapazität bezeichnet wird (Wassergehalt im Boden nach Wasserverlust durch Schwerkraft). An diesem Punkt stoppt der Grundwasserspiegel fast den durch die Schwerkraft verursachten Abwärtsfluss des Wassers im Bodenprofil, wobei das Wasser 10 bis 55 % des Bodenvolumens einnimmt.

Verdunstung (Evaporation) und Transpiration (Atmung) der Pflanzen reduzieren den Wassergehalt weiter, bis er 5 bis 35 % des Bodenvolumens erreicht. An diesem Punkt steht den Pflanzen kein Wasser mehr zur Verfügung und sie welken. Weitere Verdunstung kann den Wassergehalt fast auf Null reduzieren und der Boden bleibt „trocken“.





Wasserbewegung im Boden

Möchten Sie die Bewegung von Wasser im Boden einfach nur mit einem Schwamm auf einer Tafel und Wasser demonstrieren? Probieren Sie die folgende Aktivität aus.

ZEITAUFWAND: 15 Minuten GEEIGNET FÜR:

2. Stufe der Grundschule, Sekundarschule

HILFSMITTEL: Schwamm für die Tafel, Wasser

ZIEL: Die Schüler erklären anhand eines Experiments die Bewegung von Wasser im Boden.

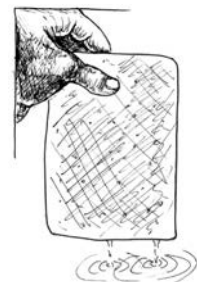
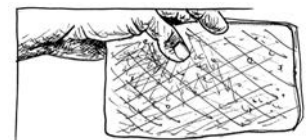
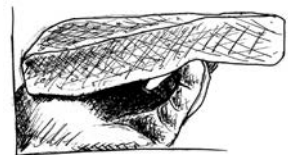
VORGEHENSWEISE: Mit Hilfe eines getränkten Schwamms, durch Veränderung seiner Position oder des Drucks können Sie die Begriffe Schwerkraftwasser, Feldkapazität, Kapillarwasser und Welkepunkt veranschaulichen. Mit Hilfe des Experiments können Sie erklären, welches Wasser für Pflanzen verfügbar ist und ab welchem Stadium es nicht mehr verfügbar ist und die Pflanzen aufgrund seines Mangels welken.

Gravitationswasser

Dies ist Wasser, das aufgrund der Schwerkraft aus dem Boden abfließt. Dieser Abfluss erfolgt durch große Poren im Boden. Im Gegensatz dazu haben kleine (kapillare) Poren die Fähigkeit, Wasser zurückzuhalten.

Die folgenden Abbildungen befassen sich mit dem Abfluss aus großen Bodenporen.

- Die Schwamm wird in horizontaler Position gehalten. Wenn Sie den Schwamm aus dem und flach auf die Hand legen, beginnt das Wasser aus ihr abzufließen. Zunächst fließt es schnell ab, nach einer Weile hört es auf. Wenn der Abfluss langsamer wird, fällt auf, dass die Schwamm von oben nach unten nicht mehr so nass ist. Der obere Teil hat mehr leere Poren als der untere Teil.
- Schwamm in kurzer vertikaler Position. Wenn der Schwamm aus der horizontalen Position in die vertikale Position gedreht wird, beginnt er wieder abzufließen. Wie zuvor wird der Abfluss nach einer gewissen Zeit schnell sein und dann langsam aufhören.
- Schwamm in langer vertikaler Position. Wenn der Schwamm noch einmal gedreht wird, beginnt er erneut zu tropfen und hört dann langsam auf. Durch genaue Beobachtung des Schwamms von oben nach unten können Sie feststellen, in welchen Poren sich Wasser hält und in welchen es austritt.



Das Einzige, was sich geändert hat, als die Schwamm anders gedreht wurde, ist die Entfernung, auf die die Schwerkraft einwirken konnte. Im ersten Fall (Schwamm in horizontaler Position) hatte die Schwerkraft nur etwa 4 cm zur Verfügung, um das Wasser zu ziehen.

Im zweiten Fall (Schwamm in kurzer vertikaler Position) konnte die Schwerkraft etwa 10 cm zurücklegen. Im letzten Fall (Schwamm in langer vertikaler Position) konnte die Schwerkraft das Wasser aus etwa 20 cm Höhe herausziehen. Jede Drehung des Schwamms verschaffte der Schwerkraft also mehr Wasser zum Transportieren. Bei genauer Beobachtung haben Sie festgestellt, dass das Wasser aus den großen Poren des Schwamms austrat, aber in den kleineren Poren verblieb.



Feldkapazität

Wenn das gesamte Schwerkraftwasser aus dem Boden abgeflossen ist, stabilisiert sich der Wassergehalt im Boden auf der sogenannten Feldkapazität. Normalerweise tritt diese Wassermenge im Boden 2 bis 3 Tage nach Niederschlägen oder Bewässerung auf, wenn die Verdunstung von der Bodenoberfläche verhindert wurde. Das Wasser wird nun in den Bodenkapillaren zurückgehalten, d. h. in Poren, die klein genug sind, um das Wasser gegen die Schwerkraft zurückzuhalten.

Beispielsweise speichern Tonböden bei Feldkapazität am meisten Wasser, Sandböden hingegen am wenigsten. Die Feldkapazität wird jedoch stark von der Bodenstruktur beeinflusst. Die Anzahl und Größe der Bodenaggregate bestimmt die Anzahl der kleinen Poren, die zur Speicherung von Wasser gegen die Schwerkraft zur Verfügung stehen.

Kapillarwasser

Dies ist Wasser, das entgegen der Schwerkraft in kleinen Poren oder Kapillaren des Bodens gespeichert wird. Dieses Wasser kann von Pflanzen genutzt werden, wie weitere Aktivitäten mit feuchten Schwämmen zeigen.

Wasserverlust

Beginnen Sie mit einem Schwamm, der seine volle Kapazität erreicht hat, wenn das gesamte Wasser aufgrund der Schwerkraft abgeflossen ist.



Wenn der Schwamm trockener ist, benötigen wir mehr Energie, um Wasser zu gewinnen.



Wenn der Schwamm fast trocken ist, ist viel mehr Energie, um wenigstens eine kleine Menge Wasser zu gewinnen.



Beginnen Sie, ihn zusammenzudrücken. Zu Beginn benötigen Sie wenig Energie, um Wasser zu gewinnen.

Allerdings ist nicht das gesamte im Boden gespeicherte Kapillarwasser für Pflanzen gleichermaßen verfügbar. Pflanzen können Wasser leicht aus Böden aufnehmen, deren Wassergehalt nahe der Feldkapazität liegt. Wenn der Boden austrocknet, müssen Pflanzen mehr Energie aufwenden, um Wasser zu gewinnen, und wenn der Boden trocken ist, hat die Pflanze möglicherweise nicht genug Energie, um Wasser zu pumpen. Dieser Zustand wird als Welkepunkt bezeichnet. Der Welkepunkt ist jedoch nicht für alle Pflanzen gleich. Sonnenblumen beispielsweise können mehr Wasser aus dem Boden pumpen als Mais.

Es ist wichtig zu beachten, dass ein Schwamm zwar durch Drücken kein Wasser mehr abgeben kann, aber dennoch nicht trocken ist. Wenn Sie einen Schwamm eine Woche lang liegen lassen, wird er etwas trockener, da das Wasser aus ihm verdunstet.

Für Pflanzen unzugängliches Wasser

Wenn sich kein Wasser mehr aus dem Schwamm herausdrücken ließ, war er dann trocken? Die Antwort lautet nein, er speichert weiterhin Wasser. Dieses Wasser wird nicht in den Poren zwischen den Fasern des Schwamms absorbiert, sondern haftet an den Fasern des Schwamms. Das Gleiche gilt auch für Erde.

Alle Böden halten Wasser zurück, das von den Pflanzen nicht genutzt werden kann; am meisten unzugängliches Wasser halten Tonböden zurück, am wenigsten Sand.



Bestimmung der Bodenfeuchtigkeit

ZEITAUFWAND: 60 - 90 min

GEEIGNET FÜR: 2. Stufe der Grundschule, Sekundarschule

HILFSMITTEL: Dosen oder Plastiktüten zur Entnahme von Bodenproben, Permanentmarker, Schaufel, Waage mit einer Genauigkeit von 0,1 g, Trockner oder Mikrowelle

ZIEL: Die Schüler bestimmen die Bodenfeuchtigkeit.

Die Bodenfeuchte wird an der aufgebrochenen Bodenprobe insgesamt 12 Mal bestimmt, entweder einmal täglich, wöchentlich oder monatlich. Wenn Sie sich dafür entscheiden, einmal täglich an 12 aufeinanderfolgenden Tagen zu messen, wird empfohlen, dies Ende April oder Anfang Oktober zu tun. Diese Daten werden für einen genaueren Vergleich der Daten in der GLOBE-Datenbank angegeben.

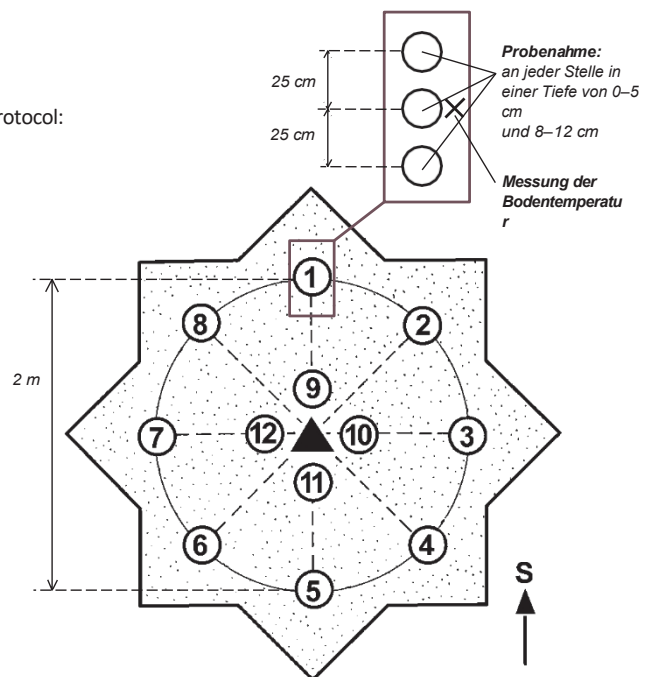
Der Ort der Probenahme zur Bestimmung der Bodenfeuchte ist nicht festgelegt, es wird jedoch empfohlen, die Proben **in der Nähe der Wetterstation**, d. h. in der Nähe des Ortes, an dem zur gleichen Zeit die Niederschläge gemessen werden, entnommen werden.

VORGEHENSWEISE IM FELD:

Probenahme im Sternmuster / Star Pattern Soil Moisture Protocol:

Zeichnen Sie zunächst ein Sternmuster, wie in der Abbildung gezeigt; die Zahlen 1 bis 12 entsprechen den Probenahmestellen.

An jeder Entnahmestelle entnehmen Sie sechs Proben: drei Stellen im Abstand 25 cm voneinander entfernt, jeweils in einer Tiefe von 0–5 cm und 8–12 cm.



Wenn Sie über einen Erdbohrer verfügen, entnehmen Sie ebenfalls sternförmige Proben (immer an den mit 1 bis 12 gekennzeichneten Stellen), jedoch aus einer Tiefe von 5, 10, 30, 60 und 90 cm. So erhalten Sie aus jeder Entnahmestelle 5 Proben.



VORGEHENSWEISE IM LABOR:

Die Bodenfeuchte wird gravimetrisch, d. h. durch Wiegen, bestimmt – vergleichen Sie das Gewicht der frisch entnommenen und getrockneten Probe. Bei der Entnahme von beschädigten Proben wird das Ergebnis in Gewichtsprozent angegeben, die auch mehr als 100 % betragen können.

In der Tabelle im Arbeitsblatt sind die englischen Begriffe aufgeführt, die der Eingabe von Daten in die Datenbank sowie die Formeln, die die Schüler zur Berechnung des Wassergehalts im Boden verwenden können. Wenn Sie mit älteren Schülern arbeiten, lassen Sie sie eine Tabelle zur Aufzeichnung des Versuchs und der Berechnungen entwerfen.

Wenn Sie keinen Trockner haben, können Sie eine Mikrowelle verwenden. Stellen Sie diese auf etwa 700 W und trocknen Sie die Proben etwa 10 Minuten lang, bis sich ihr Gewicht nicht mehr verändert. Die Zeit und die Art der Trocknung der Bodenproben sollten Sie in den Arbeitsblättern angeben.

Der Wassergehalt im Boden liegt normalerweise zwischen 0,05 **und** 0,5 g/g (Gramm Wasser pro Gramm Trockenprobe).

Was sagen die gemessenen Daten aus?

Die Daten zur Bodenfeuchte helfen Wissenschaftlern zu verstehen, wie sich die Menge an Regen und Schneefall auf den Anstieg des Wasserstandes in Bächen und Flüssen auswirkt. Vollständige Daten zur Bodenfeuchte aus ganzen Bodenprofilen helfen nicht nur bei der Vorhersage von Überschwemmungen, sondern auch von großen Dürren oder bei der Bestimmung des optimalen Erntezeitpunkts. Die Bodenfeuchte beeinflusst die jährlichen Wachstumszyklen von Pflanzen, sodass Daten zur Bodenfeuchte auch für Phänologen wichtig sind.

Spezifisches Gewicht / Protokoll zur Bodenpartikeldichte

Warum ermitteln wir das spezifische Gewicht?

Die spezifische Dichte (Dichte) des Bodens ist das Gewicht der festen Bestandteile des Bodens pro Volumeneinheit. Sie hängt hauptsächlich von der mineralogischen Zusammensetzung und dem Gehalt an organischen Stoffen ab. Im Gegensatz zum Volumengewicht wird sie nicht durch die Porosität beeinflusst, d. h. das Porenvolumen wird nicht in die spezifische Dichte einbezogen. Die spezifische Dichte ist ein Indikator für die verschiedenen Arten von Materialien, die im Boden enthalten sind. Eine hohe spezifische Dichte weist auf einen Gehalt an schweren anorganischen Partikeln hin. Ein niedriger Wert der spezifischen Dichte weist auf das Vorhandensein leichter organischer Bestandteile hin.

Das durchschnittliche spezifische Gewicht unserer mineralischen Böden liegt bei etwa 2,6 **bis** 2,7 g/cm³, bei organischen Böden sinkt es unter 1,5 g/cm³.



Bestimmung der spezifischen Dichte

ZEITAUFWAND: 1. Tag 45 Min., 2. Tag 20 Min. GEEIGNET FÜR: 2.

Stufe der Grundschule, Sekundarschule

HILFSMITTEL: feine Erde, Waage mit einer Genauigkeit von 0,1 g, destilliertes Wasser, Trichter, Pipette, Zange, drei 100-ml-Erlenmeyerkolben, Thermometer, Kocher

ZIEL: Die Schüler bestimmen das spezifische Gewicht des Bodens.





VORGEHENSWEISE: Die Bestimmung der spezifischen Dichte des Bodens wird für jeden Bodenhorizont dreimal durchgeführt.

Kochen Sie die Feinbodenprobe mit Wasser, damit die gesamte Luft aus dem Boden entweicht.

Zur Berechnung der spezifischen Masse (Bodendichte) müssen Sie Folgendes wissen:

Gewicht des Bodens — Sie arbeiten mit einer Probe von 25 g.

Bodenvolumen – vom bekannten Volumen des Erlenmeyer-Kolbens (100 ml) wird das Wasservolumen abgezogen, das anhand der Formel $V = m/\rho$ berechnet wird, wobei m die Masse des Wassers und ρ die Dichte des Wassers bei der gegebenen Temperatur ist (die Schüler können die Dichte in Mathematik- und Physiktabelle oder im Internet nachschlagen).

Die resultierende Dichte berechnen wir anhand der folgenden Formel:

$$\frac{\text{Masse des Bodens g}}{\text{Bodenvolumen cm}^3}$$

Was sagen die gemessenen Daten aus?

Wissenschaftler können Erkenntnisse über spezifisches Gewicht, Volumengewicht und Porosität nutzen, um das Verhalten von Böden besser zu verstehen, Überschwemmungen vorherzusagen oder Hypothesen über die Eignung von Böden für verschiedene Organismen zu testen.

Um Schlussfolgerungen ziehen zu können, müssen alle drei Messungen durchgeführt werden. Nur so können sie bessere Entscheidungen über die Nutzung des Bodens für menschliche Aktivitäten treffen.

Korngrößenanalyse / Particle Size Distribution Protocol

Warum führen wir eine Korngrößenanalyse von Böden durch?

Die Korngröße des Bodens haben Sie bereits im Feld im Rahmen der Bestimmung der grundlegenden Bodeneigenschaften ermittelt. Anhand einer taktilen Prüfung haben Sie unterschieden, ob es sich um sandigen, lehmigen oder tonigen Boden handelt.

Das Ergebnis der Korngrößenanalyse, die Sie gemäß dem folgenden Protokoll durchführen, ist der prozentuale Anteil der einzelnen Bodenpartikel. Anhand dieser Daten bestimmen Sie den genauen Bodentyp.

Gerade der Anteil der einzelnen Bodenpartikel, die unterschiedliche Größen haben, beeinflusst eine Vielzahl von Bodenprozessen, beispielsweise das Wärmemuster des Bodens, die biologische Aktivität, die Sorption von Stoffen im Bodenprofil, aber auch die Verwitterung und den Bodenbildungsprozess.

Wenn wir sandige Böden analysieren, wissen wir, dass diese Böden wärmer sind als lehmige Böden, die kühl sind, was sich auf die Verzögerung der Frühjahrsarbeiten auswirken kann. Wir wissen, dass leichte sandige Böden (mit grobkörniger Struktur) einen Überschuss an Sauerstoff in der Bodenluft aufweisen, sodass sie biologisch sehr aktiv sind und die Mineralisierung von Stoffen überwiegt. Schwere, lehmige Böden (mit feinkörniger Struktur) weisen hingegen einen Sauerstoffmangel auf, sind weniger biologisch aktiv, es überwiegt die anaerobe Umwandlung organischer Stoffe und bei anhaltender Überfeuchtung kommt es zur Versauerung.

Lehmige Böden und insbesondere tonhaltige Böden (die Tonpartikel mit großer spezifischer Oberfläche enthalten) haben eine höhere Sorptionskapazität als sandige Böden. Feinkörnige Substrate verwittern leichter und schneller als grobkörnige.

Landwirte nutzen diese Informationen, um Böden mit extremer Korngrößenverteilung zu düngen. Bei leichten Böden injizieren sie Barrieren, um ein schnelles Eindringen von Wasser zu verhindern, indem sie Tonmaterialien wie Bentonit oder Tonerde ausbringen. Schwere Böden neigen zu Sedimentation, Krustenbildung und geringer Wasserdurchlässigkeit.



Mit Kenntnis der Bodenkörnung können sie beispielsweise durch Kalkung, Gründüngung, Düngung mit organischen Düngemitteln, tiefes Auflockern, Vertikutieren oder Wasseraufbereitung verbessert werden.



Das Prinzip der Aufgabe basiert auf der unterschiedlichen Sedimentationsdauer von Bodenpartikeln in der Suspension. Wenn die Suspension aus Wasser und Erde gemischt und dann ruhen gelassen wird, setzen sich die sandigen, also schwersten Partikel nach den ersten zwei

(oder auch früher) setzen sich die sandigen, also schwersten Partikel ab. Nach 24 Stunden setzen sich auch die Staubpartikel ab, während die Tonpartikel in der Suspension gelöst bleiben.

Bevor Sie das Protokoll durchführen, empfehlen wir Ihnen, einige Aktivitäten entsprechend dem Alter der Schüler zu üben.

- ▶ Füllen Sie das Einmachglas zu 1/3 mit der Bodenprobe.
- ▶ Füllen Sie das Glas mit Wasser.
- ▶ Verschließen Sie das Glas mit dem Deckel und schütteln Sie die Suspension.
- ▶ Stellen Sie das Glas auf den Tisch und beobachten Sie, wie sich die Suspension absetzt.
- ▶ Diskutieren Sie mit den Schülern, was das Absetzen beeinflussen kann, wie schnell sich die Partikel absetzen und ähnliches.
- ▶ Bestimmen Sie mit den Schülern die Körnung durch eine Tastprüfung (siehe Kapitel „Grundlegende Bodenmerkmale“).
- ▶ Üben Sie auch die Arbeit mit dem Dichtemesser, falls die Schüler dieses Gerät noch nicht kennen.



Bestimmung der Bodenart durch Korngrößenanalyse

ZEITAUFWAND: 3 x 45 Min. an drei aufeinanderfolgenden Tagen GEEIGNET FÜR: 2.

Stufe der Grundschule, Sekundarschule

HILFSMITTEL: Feinboden, Waage mit einer Genauigkeit von 0,1 g, Messzylinder 100 und 500 ml, Deckel, Becherglas 250 ml, destilliertes Wasser, Dispersionslösung (Natriumhexametaphosphat*), Glasstab, Thermometer, Dichtemesser, Lineal oder Meter

ZIEL: Die Schüler bestimmen anhand einer Korngrößenanalyse die Bodenart der untersuchten Bodenprobe.

VORGEHENSWEISE: Zur genauen Bestimmung des Bodentyps der untersuchten Bodenprobe können Sie die Werte in die Datenbank eingeben. Aus diesen Daten wird der Bodentyp generiert.

Sie können das Ergebnis jedoch auch gemeinsam mit den Schülern anhand von Berechnungen und der anschließenden Arbeit mit einem Dreiecksdiagramm ermitteln.



Bestimmung der Bodenart durch Berechnung

HILFSMITTEL: Dreiecksdiagramm, Lineal, ausgefülltes Datenblatt mit Angaben zur Dichte und Temperatur der Suspension.

VORGEHENSWEISE:

- ▶ Kopieren Sie für die Schüler das Dreiecksdiagramm und die Umrechnungstabelle.
- ▶ Berechnen Sie den prozentualen Anteil der einzelnen Bodenpartikel, indem Sie diese nacheinander in die Tabelle in das Arbeitsblatt ein.
- ▶ Legen Sie das Lineal nacheinander an die einzelnen Seiten des Dreiecksdiagramms an. Markieren Sie die Linien, die dem prozentualen Anteil der Bodenpartikel entsprechen.

* Anstelle von Natriumhexametaphosphat kann auch Calgon verwendet werden, das beispielsweise von Geologen verwendet wird, siehe: www.sci.muni.cz/~sulovsky/Vyuka/Lab_metody/Metody1.pdf





► Berechnen Sie den Bodentyp, der durch den Schnittpunkt aller drei Geraden bestimmt wird.

In den Arbeitsblättern finden Sie eine detaillierte Beschreibung der Berechnung des prozentualen Anteils der einzelnen Bodenpartikel in der Probe.

Zur besseren Veranschaulichung geben wir ein vollständiges Modellbeispiel an.

Beispiel einer ausgefüllten Tabelle:

	Dichte [g/cm^3]	Temperatur [$^{\circ}\text{C}$]
2 Minuten	1,0125	21,0
24 Stunden	1,0089	19,5

Berechnung des prozentualen Anteils von Sand in der Probe

(Großbuchstaben entsprechen den Bezeichnungen in den Arbeitsblättern):

Der prozentuale Anteil an Sand kann auch durch Sieben des Bodens durch ein Sieb mit einer Maschenweite von 0,05 mm bestimmt werden. So gelangen nur Staub und Ton in die Suspension.

- C Ablesung aus der Umrechnungstabelle: Dichte $1,0125 \text{ g}/\text{cm}^3$ entspricht 16,5 g (C) Staub und Ton in 1 Liter Suspension.
- D Temperaturkorrektur: $0,36 \times (21 - 20) = 0,36$ (D)
- E Gewicht von Staub und Lehm: $16,5 + 0,36 = 16,86 \text{ g}/\text{l}$ (E)
- F Gewicht von Staub und Lehm in einem Volumen von 500 ml: $16,86 \times 0,5 = 8,4 \text{ g}$ (F)
- G Gewicht des Sandes: $25 - 8,4 = 16,6 \text{ g}$ (G)
- H Prozentualer Anteil von Sand: $16,6/25 \times 100 = 66,4 \%$ (H)

Berechnung des prozentualen Anteils von Ton in der Probe (Daten aus der Tabelle nach 24 Stunden Absetzen der Suspension):

- K Abzug aus der Umrechnungstabelle: Dichte $1,0089 \text{ g}/\text{cm}^3$ entspricht 10,5 g (K) Ton in 1 Liter Suspension.
- L Temperaturkorrektur: $0,36 \times (20 - 19,5) = 0,18$ (L)
- M Gewicht des Tons: $10,5 \times 0,18 = 10,32 \text{ g}/\text{l}$ (M)
- N Gewicht des Tons in 500 ml Volumen: $10,32 \times 0,5 = 5,2 \text{ g}$ (N)
- O Prozentualer Tonanteil: $5,2/25 \times 100 = 20,8 \%$ (O)

Berechnung des prozentualen Anteils von Staub in der Probe:

- P Gewicht des Staubs: $25 - (16,6 + 5,2) = 3,2 \text{ g}$ (P)
- Q Prozentualer Staubanteil: $3,2/25 \times 100 = 12,8 \%$ (Q)

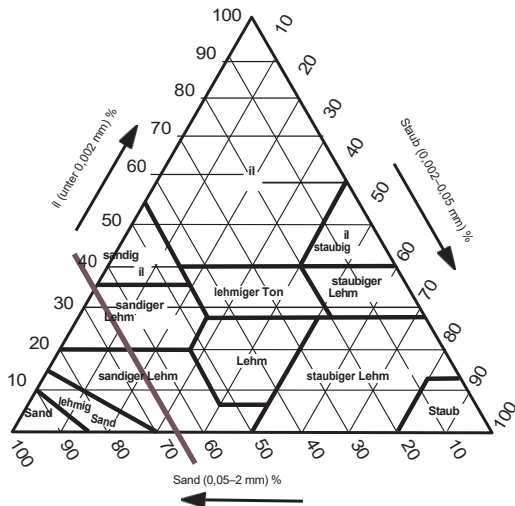
Ergebnis:

Sand	Leh	Staub
66,4 %	20,8	12,8

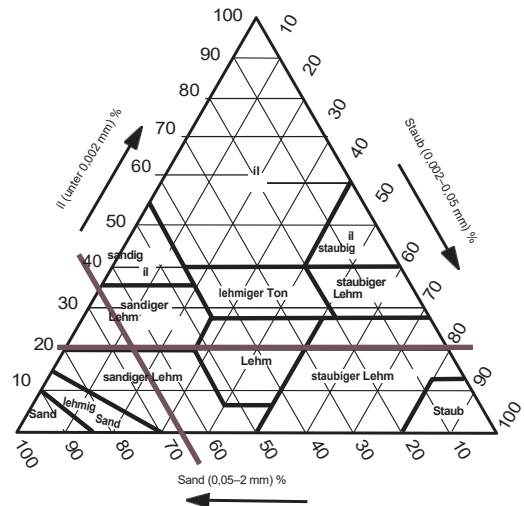


Als Nächstes arbeiten Sie mit einem Dreiecksdiagramm. Zeichnen Sie nacheinander die Geraden ein, die dem prozentualen Anteil der einzelnen Bestandteile entsprechen. An ihrem Schnittpunkt finden Sie den entsprechenden Bodentyp.

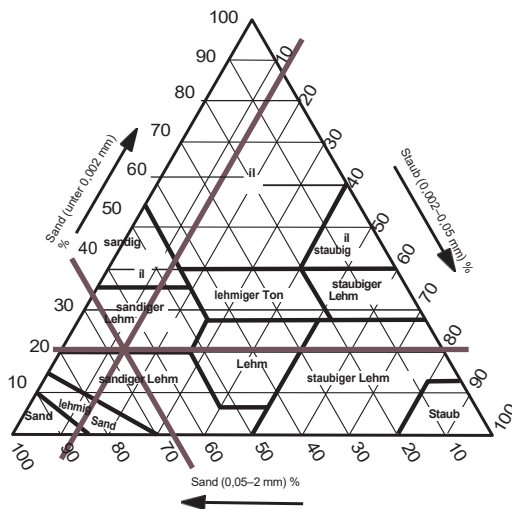
- Zeichnen Sie eine Gerade in das Diagramm ein, die 66,4 % des Sandgehalts entspricht:



- Zeichnen Sie eine Gerade in das Diagramm ein, die 20,8 % des Tonanteils entspricht:

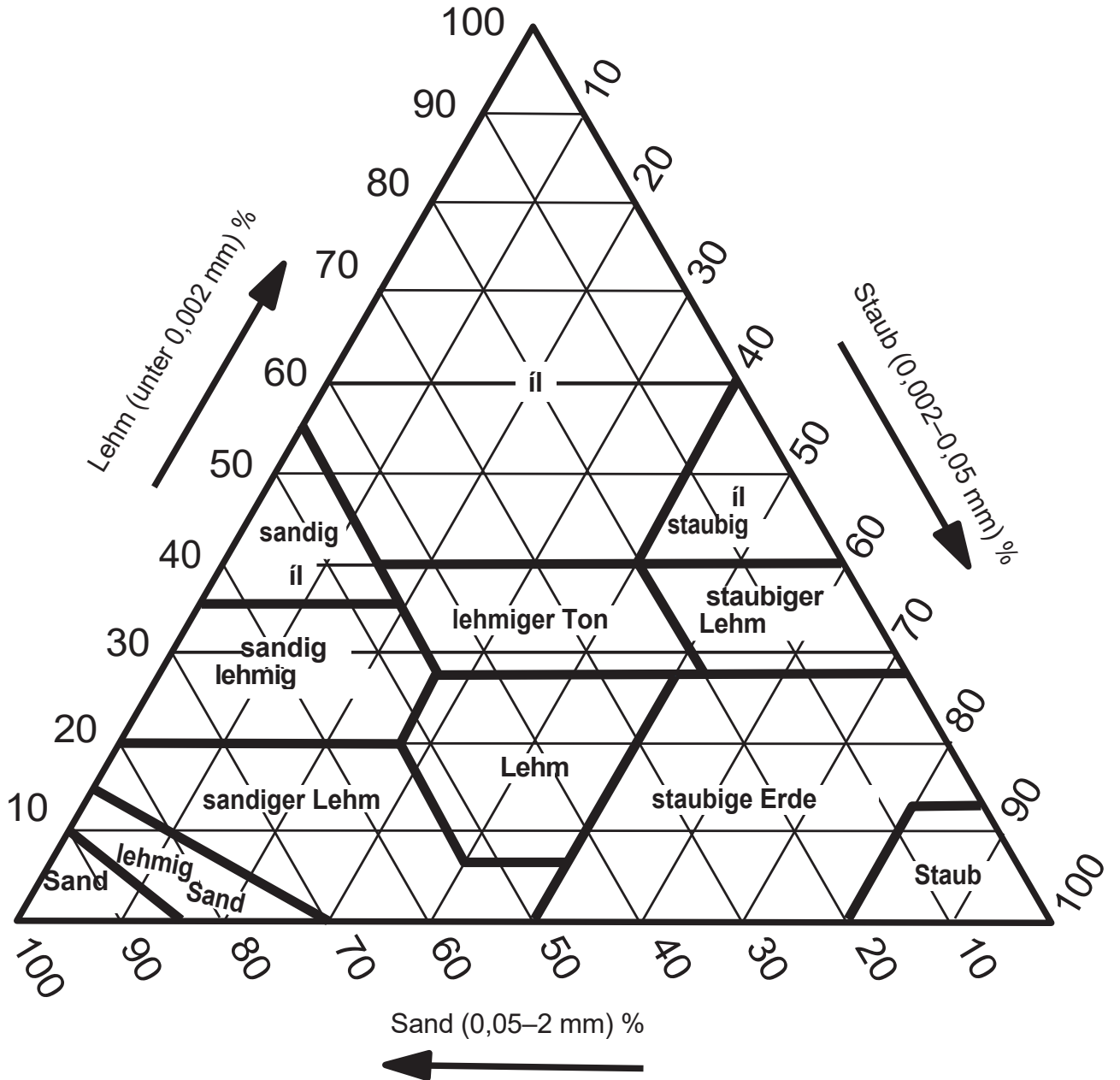


- Zeichnen Sie eine Gerade in das Diagramm ein, die 12,8 % Staubgehalt entspricht:



- Der Schnittpunkt der Geraden gibt den resultierenden Bodentyp an: **sandig-lehmiger Ton**.





UMRECHNUNGSTABELLE

Dichte [g/ml]	Bodenanteil in Suspension [g/l]	Dichte [g/ml]	Bodenanteil in Suspension [g/l]	Dichte [g/ml]	Bodenanteil in Suspension [g/l]
1,0024	0,0	1,0139	18,5	1,0253	37,0
1,0027	0,5	1,0142	19,0	1,0257	37,5
1,0030	1,0	1,0145	19,5	1,0260	38,0
1,0033	1,5	1,0148	20,0	1,0263	38,5
1,0036	2,0	1,0151	20,5	1,0266	39,0
1,0040	2,5	1,0154	21,0	1,0269	39,5
1,0043	3,0	1,0157	21,5	1,0272	20,0
1,0046	3,5	1,0160	22,0	1,0275	20,5
1,0049	4,0	1,0164	22,5	1,0278	21,0
1,0052	4,5	1,0167	23,0	1,0281	21,5
1,0055	5,0	1,0170	23,5	1,0284	22,0
1,0058	5,5	1,0173	24,0	1,0288	22,5
1,0061	6,0	1,0176	24,5	1,0291	23,0
1,0064	6,5	1,0179	25,0	1,0294	23,5
1,0067	7,0	1,0182	25,5	1,0297	24,0
1,0071	7,5	1,0185	26,0	1,0300	24,5
1,0074	8,0	1,0188	26,5	1,0303	25,0
1,0077	8,5	1,0191	27,0	1,0306	25,5
1,0080	9,0	1,0195	27,5	1,0309	26,0
1,0083	9,5	1,0198	28,0	1,0312	26,5
1,0086	10,0	1,0201	28,5	1,0315	27,0
1,0089	10,5	1,0204	29,0	1,0319	27,5
1,0092	11,0	1,0207	29,5	1,0322	28,0
1,0095	11,5	1,0210	30,0	1,0325	28,5
1,0098	12,0	1,0213	30,5	1,0328	29,0
1,0102	12,5	1,0216	31,0	1,0331	29,5
1,0105	13,0	1,0219	31,5	1,0334	30,0
1,0108	13,5	1,0222	32,0	1,0337	30,5
1,0111	14,0	1,0226	32,5	1,0340	31,0
1,0114	14,5	1,0229	33,0	1,0343	31,5
1,0117	15,0	1,0232	33,5	1,0346	32,0
1,0120	15,5	1,0235	34,0	1,0350	32,5
1,0123	16,0	1,0238	34,5	1,0353	33,0
1,0126	16,5	1,0241	35,0	1,0356	33,5
1,0129	17,0	1,0244	35,5	1,0359	34,0
1,0133	17,5	1,0247	36,0	1,0362	34,5
1,0136	18,0	1,0250	36,5	1,0365	35,0





Wie schnell setzen sich einzelne Partikel ab?

Unter natürlichen Bedingungen werden Bodenpartikel durch das Wasser, das durch den Boden fließt, transportiert. Die Geschwindigkeit der Partikelbewegung hängt von mehreren Faktoren ab. Mit den Schülern können Sie im Labor die Ablagerung von Partikeln verschiedener Böden in Glaszylindern beobachten.

Mit Hilfe des Stokes-Gesetzes* können Sie die Sedimentationsgeschwindigkeit verschiedener Partikel berechnen.

$$v = k \cdot d^2$$

v – Sedimentationsgeschwindigkeit cm/s

k – Konstante, abhängig vom Lösungsmittel, in dem sich die Partikel absetzen, der Dichte der Partikel und der Temperatur. Für eine Suspension aus Wasser und Erde mit einer Temperatur von 20 °C beträgt sie $8\,900 \text{ cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ d — Partikelgröße in Zentimetern

Sand: 0,2 cm — 0,005 cm

Staub: 0,005 cm — 0,0002 cm

Ton: < 0,0002 cm

Beispiel:

Berechnen Sie die Sedimentationsgeschwindigkeit von Sandpartikeln mit einer Größe von 0,1 mm in einem Zylinder mit einem Volumen von 500 ml. Die Höhe der Wassersäule im Messzylinder beträgt 27 cm.

- ▶ Rechnen Sie die Partikelgröße in Zentimeter um: 0,1 mm = 0,01 cm
- ▶ Berechnen Sie die Sedimentationsgeschwindigkeit, indem Sie die Werte in die Formel einsetzen: $v = 8900 \times (0,01)^2 = 0,89 \text{ cm/s}$
- ▶ Teilen Sie die Höhe der Wassersäule durch die berechnete Geschwindigkeit: $27/0,89 = 30,33 \text{ s}$

Ergebnis: In einem Zylinder mit einem Volumen von 500 ml und einer Wassersäulenhöhe von 27 cm setzen sich Sandpartikel mit einer Größe von 0,01 cm in einer Suspension aus Wasser und Erde innerhalb von 30 s ab.

* Das Stokes-Gesetz beschreibt die Beziehung zwischen der Sedimentationsgeschwindigkeit einer kugelförmigen Partikel und dem Gravitationsfeld.



Infiltration / Wasserinfiltrationsprotokoll

Warum messen wir die Infiltration?

Wasser bewegt sich ständig im Boden, sowohl innerhalb der Bodenporen als auch bei der Evapotranspiration vom Boden in die Atmosphäre. Die Fließgeschwindigkeit hängt von der Fähigkeit des Bodens ab, Wasser durchzulassen oder zurückzuhalten, und ist daher mit der Größe der Poren, d. h. der Struktur und Textur des Bodens, verbunden.

Die Infiltrationsgeschwindigkeit ändert sich in Abhängigkeit von der Füllung der Bodenporen mit Wasser. Praktisch nimmt sie mit steigender Wassersättigung des Bodens ab. Bei lang anhaltenden Regenfällen oder mehreren Regenfällen in kurzer Folge kann es zu einer vollständigen Sättigung des Bodens kommen, wodurch die Infiltrationsrate auf Null sinkt. Die Folge ist ein sofortiger Abfluss aller Niederschläge, der nicht nur zu einer starken Erosion der Oberfläche, sondern auch zu Überschwemmungen führt. Dies gilt für Böden mit undurchlässigem Untergrund. Ist der Untergrund durchlässig, kann das Wasser in tiefere Bodenschichten abfließen, wodurch sich die hydraulische Leitfähigkeit noch erhöht und schneller ist, als wenn nicht alle Poren mit Wasser gefüllt sind.

Bei lang anhaltender Trockenheit, wenn der Boden sehr ausgetrocknet ist, steigt der Luftdruck in den Poren und der Boden wird hydrophob. In diesem Fall kann das Wasser bei starken Regenfällen nicht mehr versickern und fließt an der Oberfläche ab (Sturzfluten).

Der tatsächliche Infiltrationsgrad (Versickern in den Boden) wird durch die Infiltrationsintensität angegeben. Er wird anhand des Absinkens des Wasserspiegels um eine bestimmte Höhe während eines genau gemessenen Zeitraums ermittelt.

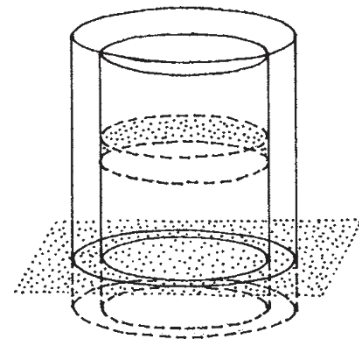
Herstellung von Hilfsmitteln

INFILTROMETER

HILFSMITTEL: Dose mit einem Durchmesser von 10–20 cm, Dose mit einem Durchmesser von 15–25 cm, Dosenöffner oder Blehschere, Permanentmarker oder wasserfeste Farbe.

VORGEHENSWEISE:

- Schneiden Sie den Boden und den oberen Teil der Dosen ab.
- Zeichnen Sie auf der Innenseite der kleineren Dose einen Kreis mit einem Durchmesser von 9 cm vom Boden entfernt.
- Zeichnen Sie eine zweite Markierung 2–4 cm über der ersten Markierung ein.



Messung der Infiltration

ZEITAUFWAND: 45 Min.

GEEIGNET FÜR: 6. bis 9. Klasse

HILFSMITTEL: Doppelzylinder-Infiltrometer, Wasseranschluss, ggf. mit Wasser gefüllte Plastikflaschen (mind. 8 l), 2 Trichter (oder Plastikflaschen mit abgeschnittenem Boden), Lineal, Holzbrett, Stock, Messer, Gartenschere, Dosen zur Entnahme von Bodenproben, Deckel, Permanentmarker, Schaufel

ZIEL: Die Schüler messen den tatsächlichen Grad der Wasserinfiltration in den Boden. Die Versickerung wird bei GLOBE dreibis viermal pro Jahr an der Stelle gemessen, an der die Bodenfeuchtigkeit gemessen wird. Entnehmen Sie Bodenproben zur Bestimmung der Bodenfeuchtigkeit und führen Sie anschließend in einem Abstand von 2 bis 5 m eine Versickerungsmessung durch. Die Versickerungsmessung ist keine obligatorische Messung, es handelt sich jedoch um eine einfache Messung, die wir empfehlen. Die Vorgehensweise finden Sie im Arbeitsblatt



- Adhäsion** – Haftfähigkeit, Fähigkeit von Materialien (insbesondere von zwei unterschiedlichen Materialien), miteinander zu haften
- Aggregat** – Einheit der Bodenstruktur, die durch die Agglomeration elementarer Körner entsteht. Sie entsteht durch chemische, physikalische und biotische Einflüsse. Der häufigste Grund für ihre Entstehung ist die Kolloidierung, für die die Anwesenheit einer bestimmten Menge an Karbonaten erforderlich ist. Bodenaggregate können auch durch menschliche Aktivitäten entstehen, z. B. beim Pflügen oder Schieben.
- Cicvár** – unregelmäßiger Klumpen aus Kalziumkarbonat, charakteristisch vor allem für Löss (durch Windablagerungen entstandene Gesteinsbrocken)
- Edafon** – Sammelbezeichnung für alle im Boden lebenden Organismen
- Phytoedaphon** — Organismen, die ursprünglich zum Pflanzenreich gezählt wurden und im Boden leben. Dabei handelt es sich überwiegend um Bakterien.
- Zoedaphon** — tierischer Bestandteil des Bodens
- Evapotranspiration** – Gesamtverdunstung, bestehend aus Evaporation (physikalische Verdunstung von der Bodenoberfläche) und Transpiration (physiologischer Wasserverlust/Verdunstung durch Vegetation)
- Feinkorn** – ist eine Bodenfraktion mit einer Partikelgröße von < 2 mm. Diese Fraktion wird am häufigsten in pedologischen Labors zur Bestimmung der chemisch-physikalischen Eigenschaften von Böden verwendet.
- Krotoviny** – entstehen durch sekundäre Auffüllung von Gängen von Bodentieren und Hohlräumen nach abgestorbenen Pflanzenwurzeln mit Bodenmaterial, meist Humusboden
- Pedogenese** – Prozess der Bodenbildung
- Porosität** — physikalische Eigenschaft des Bodens, die das Volumen aller Zwischenräume zwischen den Bodenpartikeln angibt
- Bodenhorizont** – Bodenschicht, die eine bestimmte horizontale Lage und bestimmte physikalische und chemische Eigenschaften aufweist und zwischen zwei übereinander liegenden „Schichten“ eine genetische Verbindung besteht. Er wird durch eine Reihe visueller analytischer Merkmale mit messbaren Grenzwerten definiert. Die Gesamtheit aller Bodenhorizonte bildet das Bodenprofil.
- Bodenprofil** – vertikaler Querschnitt durch den Boden, der sich von der Oberfläche bis zum Muttergestein erstreckt
- Bodenbildender Substrat (Muttergestein)** — ist das Ausgangsmaterial, aus dem der Boden entsteht. Die petrologische (mineralogische) Zusammensetzung des Substrats beeinflusst die Geschwindigkeit der Bodenbildung (Verwitterung fester Gesteine), die damit verbundene Bodentiefe und seine Körnigkeit (Textur), von denen die physikalischen, physikalisch-chemischen, biologischen und anderen Eigenschaften des Bodens abhängen.
- Puffer** – Eine Pufferlösung oder ein Puffer ist eine wässrige Lösung, die aus einer Mischung einer schwachen Säure und ihrer konjugierten Base oder einer schwachen Base und ihrer konjugierten Säure besteht.
- Humifizierung** – Bodenbildungsprozess, bei dem organische Rückstände in Torf umgewandelt werden

Literatur und empfohlene Quellen

Literatur

BEDRNA, Z. und JENČO, M.: *Pedogeografia: Gesetzmäßigkeiten der räumlichen Differenzierung der Pedosphäre* [CD]. Bratislava: Komenský-Universität, Naturwissenschaftliche Fakultät, 2016. 125 S. ISBN 978-80-223-4323-2.

Cílek, V., Ložek, V., Lisá, L., & Bajer, A. (2020). Geodiversität und Hydrodiversität: Grundlagen der natürlichen und kulturellen Werte unserer Landschaft, ihre gegenwärtige Veränderung und mögliche zukünftige Entwicklung im Anthropozän. Dokořán.

Čurlík, J., Jurkovič, Ľ. (2012). *Pedogeochemie*, Komenský-Universität, Bratislava, ISBN 978-80-223-3210-1

Weltweite Referenzdatenbank für Bodenressourcen 2006: Rahmen für internationale Klassifizierung, Korrelation und Kommunikation: Erste überarbeitete Ausgabe 2007: Slowakische Übersetzung.
Bratislava: Forschungsinstitut für Bodenkunde und Bodenschutz, 2012. 98 S. ISBN 978-80-89128-94-5

Webseiten

http://www.podnemapy.sk/portal/reg_pod_infoservis/pt/pt.aspx – Bodenkarten

<https://app.geology.sk/pgm/> – Übersichtliche geologische Karten <https://app.geology.sk/gm50/> –

geologische Karten 1:50 000 <https://app.geology.sk/atlashorniny/> – geochemischer Atlas der Gesteine der

Slowakischen Republik <https://app.geology.sk/atlaspody/> – geochemischer Bodenatlas





PEDOLOGIE

Untersuchung von Bodenarten und ihren Eigenschaften

GLOBE-Programm

Inhalt



	<i>Methodik</i>	
Entstehung und Zusammensetzung des Bodens	3	8
Beschreibung des Standorts / Defining a Soil Characterization Site	5	11
Bodenprofil / The Soil Profile	7	15
Entnahme von Bodenproben	9	18
Bodenstruktur / Soil Structure	10	19
Konsistenz / Soil Consistence	12	21
Bodenfarbe / Soil Color	13	22
Bodenbeschaffenheit / Soil Texture	15	24
Vorhandensein von Geröll / Measuring Rocks	16	24
Feuchtigkeitsverhältnisse / Soil Moisture	17	25
Vorhandensein von Wurzeln / Messung der Wurzeln	18	25
Vorhandensein von Karbonaten / Mesuring Free Carbonates	19	26
Pflanzen als Indikatoren für Bodeneigenschaften	21	27
Bodentemperatur / Soil Temperature Protocol	23	27
Boden-pH-Wert / Soil pH Protocol	25	29
Bodenfeuchte / Gravimetrisches Bodenfeuchteprotokoll	29	34
Dichte / Protokoll zur Dichte von Bodenpartikeln	31	38
Korngrößenanalyse / Particle Size Distribution Protocol	33	39
Bestimmung der Bodenart durch Berechnung	35	40
Infiltration/ Wasserinfiltrationsprotokoll	37	46
Bodenerosion	39	

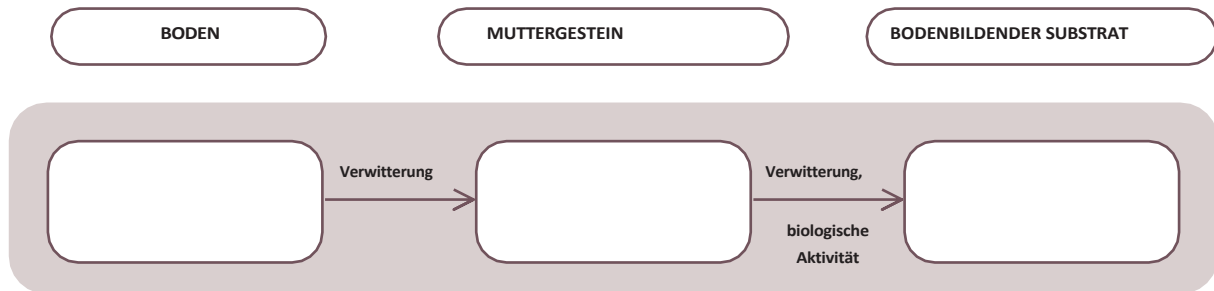


Entstehung und Zusammensetzung des Bodens



Der Boden ist nicht auf einmal auf der Erde entstanden. Er entsteht durch die allmähliche Verwitterung des Gesteinsuntergrunds, der als Muttergestein bezeichnet wird. Durch verschiedene Einflüsse zerfällt das ursprünglich intakte Muttergestein in kleinere Teile, wodurch ein bodenbildender Substrat entsteht. Durch weitere Verwitterung verwandelt sich dieser Substrat in Erde.

Fülle die leeren Felder mit den Begriffen in der richtigen Reihenfolge aus:



An der Bodenbildung sind mehrere physikalische, chemische und biologische Faktoren beteiligt. In den meisten Fällen kommt es zu einer Kombination aller drei Gruppen.

Ergänze die Tabelle um Beispiele für bodenbildende Faktoren der Verwitterung:

Physikalische Verwitterung	Chemische Verwitterung	Biologische Verwitterung

Sie haben nun den Begriff Verwitterung und den Prozess der Bodenbildung verstanden. Aber was enthält der Boden? Worin unterscheiden sich die einzelnen Böden? Ist der Boden nur „braune Erde“? Kann der Boden lebendig sein?

HILFSMITTEL: Bodenprobe aus der Umgebung Ihres Wohnortes oder Ihrer Schule, Zeitung

VORGEHENSWEISE:

- ▶ Schütten Sie die Bodenprobe auf eine Zeitung.
- ▶ Untersuchen Sie den Boden sorgfältig.
- ▶ Achten Sie auf die Farbe der Erde, die Form der Partikel und das Vorhandensein von Lebewesen.
- ▶ Nehmen Sie die Bodenprobe in die Hand. Fühlen Sie, wie sich der Boden anfühlt.
- ▶ Tragen Sie Ihre Beobachtungen in die Tabelle ein.

ARBEITSLISTE

MEIN BODEN

Ort, aus dem meine Bodenprobe stammt:

Wie ich den Boden wahrnehme

mit den Augen

mit dem Tastsinn

mit dem Geruchssinn



Welche Bodenbestandteile haben Sie entdeckt?

Sehen Sie sich die Beispiele Ihrer Mitschüler an. Nennen Sie konkrete Eigenschaften oder Elemente, durch die sich die einzelnen Böden unterscheiden.

.....

.....

.....

Finden Sie unter den anderen Proben diejenige, die Ihrer Probe am ähnlichsten ist. Versuchen Sie zu erklären, was die Ursache für die Ähnlichkeit der Bodenproben sein könnte.

.....

.....



Beschreibung des Standorts / Defining a Soil Characterization Site



PEDOLOGIE

Weitere Informationen über den ausgewählten Standort sind nicht nur für Sie wichtig, sondern auch für Wissenschaftler, die mit Ihren Daten arbeiten.



HILFSMITTEL: GPS, Neigungsmesser, Messgerät, geologische Karte, Kompass, Fotoapparat

VORGEHENSWEISE:

- Bestimmen Sie mit Hilfe des GPS die genaue Lage des Standorts.
- Verwenden Sie einen Neigungsmesser, um die Neigung zu messen.
- Bestimmen Sie mit einem Kompass die Ausrichtung des Hangs zu den Himmelsrichtungen.
- Notieren Sie die Entfernung zu wichtigen Punkten wie Gebäuden, Strommasten oder Straßen.

- Bestimmen Sie die Vegetationsdecke in der Umgebung des Profils und die Nutzung der umliegenden Grundstücke.
- Notieren Sie das Muttergestein, aus dem der Boden in Ihrer Region entstanden ist. Verwenden Sie zur korrekten Identifizierung die geologische Karte der Slowakischen Republik (<https://app.geology.sk/gm50/>).
- Fotografieren Sie das Bodenprofil. Befestigen Sie ein Maßband oder ein Band daran, sodass der Nullwert der Bodenoberfläche entspricht. Bei Waldböden wird der Humus nicht mitgerechnet. Wenn Sie das Bodenprofil durch Bohren gewonnen haben, fotografieren Sie es auf einer Plastikfolie mit einer befestigten Skala. Der Nullwert sollte der Höhe der Bodenoberfläche entsprechen, d. h. der obersten Schicht des Bodenprofils.

- Verwenden Sie zur Ermittlung einiger Daten eine geologische Karte.
- Tragen Sie die Daten in das Datenblatt ein.

STUDY SITE NAME / Name des Standorts:

Name der Schule:

Klasse oder Gruppe:

Arbeitsblatt ausgefüllt von:

LOCATION / Lage:

Breitengrad N / S oder S / J Längengrad E / V oder W / Z

Höhe über dem Meeresspiegel: Meter / m ü. M.

Slope / Hangneigung: ° Aspect / Hangausrichtung:

Quelle der Standortdaten: GPS Sonstige

METHODE / Entnahmemethode:

Auger / Bohrsonde Near surface / (unter)Oberflächenentnahme

IN SOIL / Im Boden:

Auf dem Schulgelände Off school ground / außerhalb des Schulgeländes



SITE LOCATION / Merkmale des Entnahmeortes:

- In der Nähe des Standorts für die Bodenfeuchtemessung
- In der Nähe der Bodenfeuchte- und Atmosphärenmessstationen
- In der Nähe der atmosphärischen Messstation / in der Nähe der meteorologischen Messstation
- In der biologischen Messstation / in der biologischen Beobachtungsstation
- Sonstiges:

LANDSCAPE POSITION / Lage im Gelände:

- Summit / auf einem Gipfel oder Hügel
- Slope / am Hang
- Depression / im Tal, in einer Senke
- Large flat area / auf einer Ebene
- Streambank / am Ufer eines Flusses

COVER TYPE / Art der Abdeckung:

- Bare soil / nackter Boden
- Rocks / Felsen, Gestein
- Grass / Grasbewuchs
- Shrubs / Sträucher
- Trees / Bäume
- Sonstiges:

PARENT MATERIAL / Ausgangsmaterial:

- Bedrock / Grundgestein
- Organisches Material
- Construction material / Baumaterial, Beton
- Marine Ablagerungen / Meeresablagerungen
- Lake deposits / Seesedimente
- Stream deposits, alluvium / Flussablagerungen, Schwemmböden
- Windablagerungen / Löss
- Glacial till / Gletschermoränen
- Vulkanische Ablagerungen
- Loose materials on slope / Lose Materialien am Hang

LAND USE / Landnutzung:

- Urban / Stadtgebiet, Gemeinde
- Agricultural / Landwirtschaftliches Gebiet
- Recreation / Erholungsgebiet
- Wilderness / unberührte Natur
- Sonstiges:

DISTANCE FROM MAJOR FEATURES / Entfernung zu wichtigen Punkten (z. B. Gebäuden):

.....

.....

.....

OTHER DISTINGUISHING CHARACTERISTICS OF THIS SITE / Weitere charakteristische Merkmale dieses Standorts:

.....

.....

.....

.....



Bodenprofil / The Soil Profile



Im Laufe seiner Entwicklung hat sich der Boden in mehrere Schichten, sogenannte **Bodenhorizonte**, unterteilt. Mehrere übereinander liegende Bodenhorizonte bilden das sogenannte **Bodenprofil**. Wie jeder Mensch hat auch jeder Boden eine andere Aussehen und andere Eigenschaften. Dies hängt stark von den Bedingungen ab, unter denen sich der Boden entwickelt hat. Ihre Aufgabe ist es, nach und nach die Eigenschaften der einzelnen Bodenhorizonte zu untersuchen und sie mit Böden aus anderen Gebieten zu vergleichen.

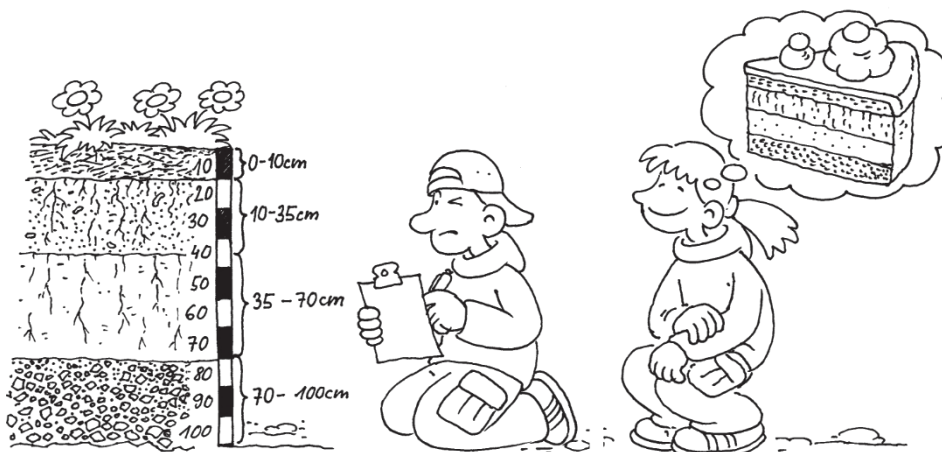


Beschreibung des Bodenprofils / Identifizierung und Vermessung von Horizonten

HILFSMITTEL: Meter oder Maßband, Markierungen zur Kennzeichnung der Horizontengrenzen (Stifte, Nägel usw.)

VORGEHENSWEISE:

- ▶ Sehen Sie sich das Bodenprofil von der Oberfläche bis in die Tiefe genau an.
- ▶ Legen Sie ein Maßband oder einen Maßstab entlang des gesamten Bodenprofils an.
- ▶ Messen Sie von der Oberfläche bis in die Tiefe die Tiefe des oberen und unteren Teils jedes Bodenhorizonts.
- ▶ Beachten Sie alle charakteristischen Merkmale wie unterschiedliche Färbung, Vorhandensein von Pflanzenwurzeln, Anzahl und Größe der Steine (Skelett) usw.
- ▶ Wenn ein Horizont schmaler als 3 cm ist, beschreiben Sie ihn nicht separat, sondern fügen Sie ihn dem darüber oder darunter liegenden Horizont hinzu.





Aufzeichnungstabelle: Beschreibung des Bodenprofils

Bezeichnung des Horizonts	Obere Grenze des Horizonts [cm]	Untergrenze des Horizonts [cm]



Entnahme von Bodenproben



Pedologische Beobachtungen führen Sie nicht nur im Gelände, sondern auch im Labor durch. Gerade bei diesen Experimenten arbeiten Sie mit Bodenproben, die korrekt entnommen werden müssen, damit Ihre Messungen vergleichbar sind.

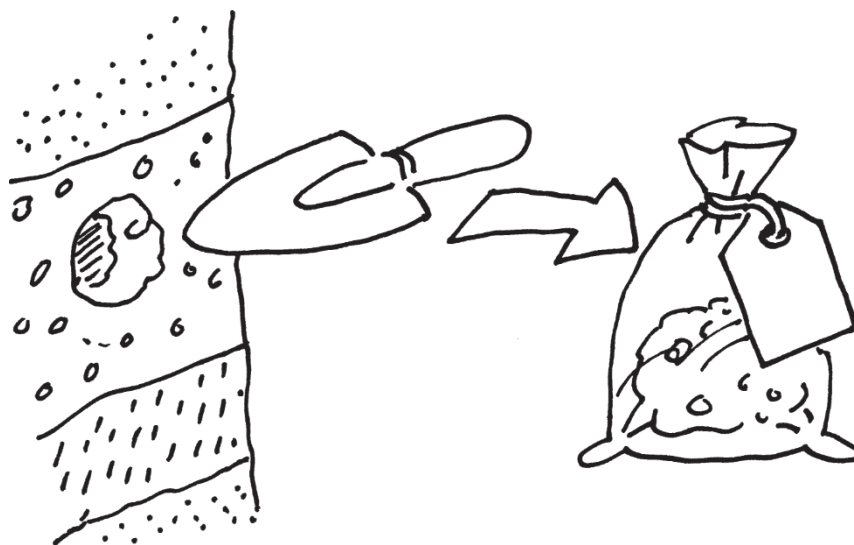


Entnahme von gestörten Bodenproben

HILFSMITTEL: Schaufel, Plastiktüten, Permanentmarker, Porzellanmörser, Sieb mit einer Maschenweite von 2 mm

VORGEHENSWEISE:

- ▶ Entnehmen Sie die Bodenproben immer aus der Mitte der einzelnen Horizonte von unten nach oben (damit kein Material aus den oberen Teilen des Profils in die Proben aus den unteren Horizonten gelangt).
- ▶ Nachdem Sie das Bodenprofil beschrieben haben, entnehmen Sie Proben von der Vorderseite der Sonde.
- ▶ Geben Sie den Boden in die zuvor beschrifteten Beutel, die mit dem Ort, dem Datum der Entnahme, der Probennummer und der Tiefe, aus der die Probe entnommen wurde, gekennzeichnet sind.
- ▶ Entnehmen Sie aus jedem Horizont etwa 1 kg Probe.
- ▶ Bereiten Sie Feinboden vor, indem Sie luftgetrockneten Boden in einem Porzellanmörser zermahlen und durch ein Sieb mit einer Maschenweite von 2 mm sieben.



Bodenstruktur / Soil Structure



Die Bodenstruktur ist eine der grundlegenden Bodeneigenschaften, die im Gelände an einem freigelegten Bodenprofil untersucht werden. Bestimmen Sie für jeden Horizont nacheinander alle grundlegenden Bodeneigenschaften. Tragen Sie die Ergebnisse Ihrer Beobachtungen in das Protokollblatt ein.

HILFSMITTEL: Schaufel



Nennen Sie konkrete Beispiele für Faktoren, die die Bodenstruktur beeinflussen.

physikalisch:

chemisch: biologisch:

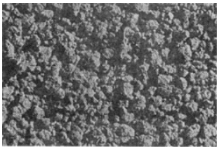
.....

Ihre Hypothese:

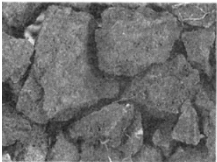
.....

VORGEHENSWEISE:

- Entnehmen Sie mit einer Schaufel eine Bodenprobe.
- Lassen Sie die Probe auf der Schaufel und bestimmen Sie ihre Struktur.
- Tragen Sie eine der Kategorien der Bodenstruktur in das Protokollblatt ein:



- **körnig (granular)** — gleichmäßig entwickelte Strukturelemente, Größe bis zu 1 cm, Vorkommen in Oberflächenhorizonten, die von Pflanzenwurzeln beeinflusst sind;

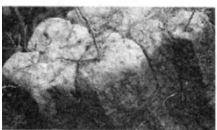


- **klumpig (Block)** – gleichmäßig entwickelte Strukturelemente, Größe größer als 1 cm, Vorkommen in den oberen Horizonten;

- **feinkörnig** – gleichmäßig entwickelte Strukturelemente, Größe kleiner als 2 mm;



- **prismatisch (prismatic)** — vertikal gestreckte Strukturelemente, oberer Teil gerade, ohne Abrundung, Vorkommen in unteren Horizonten;



- **säulenförmig (columnar)** – vertikal gestreckte Strukturelemente, oberer Teil abgerundet, Vorkommen in den unteren Horizonten versalzener Böden;



- **blattförmig (Platten)** — horizontal gestreckte Strukturelemente, die sich in Blättern oder Platten ablösen, kommt in schweren, lockeren Böden vor.



Manchmal kann man auf strukturlosen Boden stoßen, bei dem die einzelnen Partikel keine Verbindungen untereinander haben. Es gibt zwei Zustände des Bodens:



- **Elementarer Zustand (elementary)** – typisch für extrem leichte (sandige) Böden, einzelne Bodenpartikel haften nicht aneinander, bilden keine Aggregate;



- **massiver Zustand (massive)** – typisch für extrem schwere (lehmige) Böden, einzelne Teile bilden eine zusammenhängende Masse und lassen sich nicht voneinander trennen.



Konsistenz / Soil Consistence



Die Konsistenz zeigt, inwieweit die einzelnen Bodenpartikel miteinander verbunden sind und wie fest die Aggregate sind.

UTEL: Schaufel, Sprühflasche

VORGEHENSWEISE:

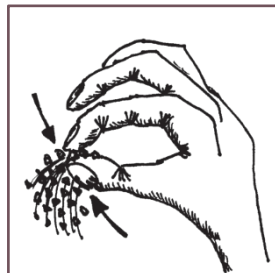
- ▶ Nehmen Sie eine Bodenprobe auf die Schaufel und befeuchten Sie sie mit Wasser aus dem Sprühgerät.
- ▶ Nehmen Sie ein Bodenaggregat zwischen Daumen und Zeigefinger und drücken Sie es zusammen, bis es zerfällt.
- ▶ Tragen Sie eine der folgenden Kategorien in das Protokollblatt ein:

• locker (loose)



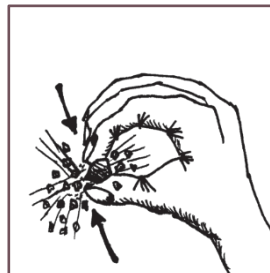
- Die einzelnen Aggregate sind nicht zusammenhängend und zerfallen, sobald man sie in die Hand nimmt.

• bröckelig () krümelig (friable)



- Aggregate brechen bei geringem Druck

• fest (firm)



- Die Aggregate brechen bei Ausübung von größerem Druck

• sehr fest

(extremely firm)



- Die Aggregate können nicht mit den Fingern zerbrochen werden, es muss ein Hammer verwendet werden



Farbe des Bodens / Soil Color



Die Färbung der Bodenhorizonte weist auf Vorgänge hin, die im Bodenprofil stattfinden.

Die Farbe des Bodens hängt vom Gehalt an organischen Stoffen, dem Vorhandensein einzelner Mineralien, insbesondere Eisen, und dem Wassergehalt ab.

HILFSMITTEL: Schaufel, Sprühflasche, Farbskala, Papier



Was verursacht die Farbveränderung der Bodenhorizonte? Schreiben Sie Ihre Hypothese auf.

rot.....
.....

schwarz.....
.....

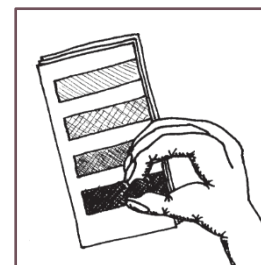
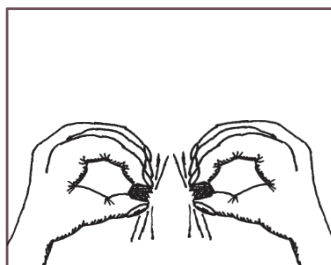
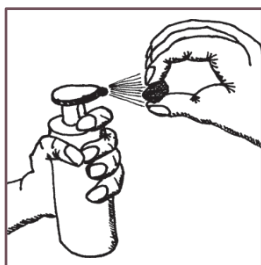
braun.....
.....

grau.....
.....

weiß.....
.....

VORGEHENSWEISE:

- Nehmen Sie eine Bodenprobe in die Hand und befeuchten Sie sie mit Wasser aus einer Sprühflasche.
- Formen Sie aus der Erde eine Kugel und teilen Sie diese in zwei Teile.
- Legen Sie einen Teil der Kugel an die Farbskala.
- Suchen Sie die Farbe, die der Farbe der Probe am ehesten entspricht.
- Tragen Sie den Farbcode in das Protokollblatt ein.



Was bedeutet der Farbcode?

Beispiel für einen Standardwert 7,5R 7/2. Der Farbcode beschreibt drei grundlegende Parameter.

- Der Farbton (Hue) der Grundfarbe wird durch die erste Zahl und den ersten Buchstaben angegeben (7,5 R). R – Rot, Y – Gelb, G – Grün, B – Braun, P – Violett.
- Die Helligkeit (value) der Farbe wird durch die Zahl vor dem Schrägstrich angegeben (7) und drückt die Dunkelheit der Farbe auf einer Skala von Schwarz bis Weiß aus (Schwarz = 0, Weiß = 10).
- Die Sättigung (Chroma) wird durch die Zahl hinter dem Schrägstrich (2) angegeben und drückt die Intensität der Farbe aus.



Die Farbe des Bodens lässt sich auch auf andere, sehr einfache Weise bestimmen:

- Nehmen Sie eine Bodenprobe in die Hand.
- Befeuchten Sie sie mit Wasser aus einer Sprühflasche.
- Verteilen Sie sie zwischen Ihren Fingern und drücken Sie sie auf Papier.
- Drücken Sie die einzelnen Horizonte in derselben Reihenfolge ab, in der sie im Bodenprofil angeordnet sind.
- Bestimmen Sie die Farben der Horizonte anhand der Tabellen.

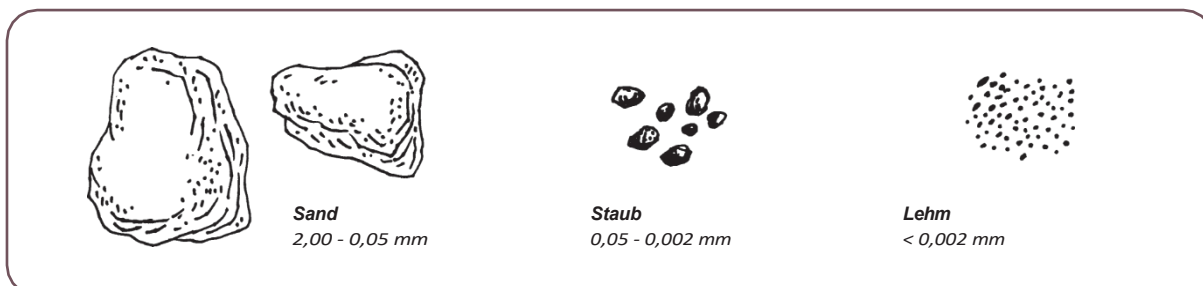


Bodenbeschaffenheit / Soil Texture



Die Korngrößenverteilung des Bodens wird durch den Anteil unterschiedlich großer Partikel im Boden bestimmt.

Im Gelände wird die Körnigkeit durch Reiben von angefeuchteter Erde zwischen Daumen und Zeigefinger mittels eines Tasttests beurteilt. Sandige Partikel knirschen zwischen den Fingern, staubige (lehmige) Partikel sind fein und lehmige Partikel sind fettig. In jeder Bodenprobe ist in der Regel eine Kombination aller drei Arten vorhanden.



HILFSMITTEL: Schaufel, Sprühflasche

VORGEHENSWEISE:

- Nehmen Sie eine Bodenprobe in die Hand.
- Befeuchten Sie sie mit etwas Wasser aus einer Sprühflasche.
- Bearbeiten Sie die Probe so, dass sie überall die gleiche Feuchtigkeit aufweist.
- Versuchen Sie, aus der Erde eine Schlange zu formen und diese zu einem Kreis zu rollen.
- Schreiben Sie eine der Kategorien auf das Protokollblatt:
 - **Sand (sand)** — es überwiegen scharfe Sandkörner, der Boden klebt nicht zwischen den Fingern, es lässt sich kein Ball formen
 - **Lehmiger Sand (loamy sand)** — Viele Sandkörner und wenige feine Partikel, es lässt sich ein Ball formen, aber kein Schlangenförmiges Gebilde
 - **Lehm (loam)** — leicht klebrig, wenige Sandkörner und mehr feine Partikel, es lässt sich eine Schlange von weniger als 2 cm Länge formen, der Ring zerfällt
 - **Lehmiger Ton (Clay Loam)** — geschmeidig und gut formbar, lässt sich zu einer etwa 2–5 cm langen Schlange formen, die sich zu einem Kreis rollen lässt
 - **Lehm (clay)** — extrem schmierig und klebt an den Fingern, man kann eine Schlange von mehr als 5 cm Länge formen, mit der man wie mit Plastilin arbeiten kann



Vorhandensein von Skelett / Measuring Rocks



Das Gerüst enthält Partikel, die größer als 2 mm sind. Es besteht in der Regel aus grobem Sand, Kies und Steinen.

Die Bewertung der Skeletthäufigkeit ist subjektiv. Mehr Skelett findet sich in tieferen Horizonten, an Stellen mit verwittertem bodenbildendem Substrat. Die Skeletthäufigkeit nimmt zur Bodenoberfläche hin ab.

Größe des Skeletts:

- **Kies** 2–50 mm
- **Steine** 50–250 mm
- **Felsbrocken** > 250 mm



Was kann ein unterschiedlicher Skelettanteil beeinflussen?

.....

.....

.....

.....

HILFSMITTEL: Durchsichtige Tafeln VORGEHENSWEISE:

- Beobachten Sie verschiedene Bodenhorizonte.
- Notieren Sie die Menge des beobachteten Skeletts in Ihrem Notizblatt.



- Viel Skelett (many)



- wenig Skelett (few)



- kein Skelett (none)



Feuchtigkeitsverhältnisse / Soil Moisture



Die Bodenfeuchtigkeit ist der aktuelle Wassergehalt im Boden. Im Gelände macht sich die Feuchtigkeit durch das Gefühl bemerkbar, das der Boden beim Berühren hervorruft.



Welche Faktoren beeinflussen die Bodenfeuchtigkeit:

.....

.....

.....

.....

VORGEHENSWEISE:

- Nehmen Sie eine Bodenprobe in die Hand.
- Bestimmen Sie deren Feuchtigkeit.
- Tragen Sie eine der folgenden Kategorien in das Protokollblatt ein:
 - trocken (dry) — der Boden weist keine Anzeichen von Feuchtigkeit auf und ist nicht kalt, einzelne Aggregate lassen sich in leichteren Böden leicht zerstreuen, in schwereren Böden lassen sie sich nur schwer zerstreuen
 - feucht (moist) — der Boden fühlt sich kühl an und befeuchtet die Handfläche, in leichteren Böden verbinden sich die einzelnen Partikel zu nachgiebigen Klumpen, in schwereren Böden ist die Feuchtigkeit auf den ersten Blick erkennbar, der Boden klebt an den Fingern
 - nass (wet) — sowohl in leichteren als auch in schwereren Böden beginnt beim Zusammendrücken Wasser zu tropfen, der Boden wird breig und verdünnt sich



Vorhandensein von Wurzeln / Measuring Roots



Die Menge der Wurzeln im Boden hängt vor allem von der Struktur, Temperatur und Feuchtigkeit des Bodens ab. Das Vorhandensein von Wurzeln wird anhand ihrer Anzahl und der Tiefe, bis zu der sie wachsen, beurteilt.



Nennen Sie Beispiele für Pflanzen, die Folgendes haben:

System aus faserigen Wurzeln

Hauptwurzelsystem

VORGEHENSWEISE:

- Sehen Sie sich die einzelnen Bodenhorizonte an.
- Notieren Sie im Protokollblatt, ob dort Wurzeln vorhanden sind:

• veĹa (viele)



• wenige (few)



• keine (none)



Vorhandensein von Karbonaten / Messung freier Karbonate



PEDOLOGIE



Das Vorhandensein von Karbonaten im Bodenprofil wird mit 8 %igem Essig festgestellt. Sind Karbonate im Bodenprofil vorhanden, kommt es zu einer chemischen Reaktion zwischen dem sauren Essig und den basischen Karbonaten, die entsteht Kohlendioxid. Kohlendioxid sprudelt – je mehr Reaktionen Sie beobachten können, desto mehr Karbonate sind im Bodenprofil vorhanden.

HILFSMITTEL: Sprühflasche mit Essig

VORGEHENSWEISE:

- Sprühen Sie den Essig aus der Sprühflasche vom unteren Teil des Bodenprofils nach oben.
- Beobachten Sie, ob das Profil rauscht.
- Notieren Sie anhand der Intensität des Sprudelns den Karbonatgehalt im Protokollblatt:
 - **stark (strong)** – wenn Sie eine starke und anhaltende Reaktion beobachten – viele große Blasen an mehreren Stellen deuten auf einen hohen Karbonatgehalt im Profil hin;
 - **gering (slight)** – wenn Sie ein sehr schwaches und kurzzeitiges Sprudeln beobachten;
 - **keine (none)** – wenn Sie keine Reaktion beobachten, sind keine Karbonate im Boden vorhanden.



Erklären Sie, warum der mit Essig angesäuerte Boden nicht sprudelt.

.....

.....

Können Sie die chemische Reaktion von Kalziumkarbonat mit Essigsäure zur Bildung von Kalziumhydrogenkarbonat, Wasser und Kohlendioxid aufschreiben?

.....

.....



Pflanzen als Indikatoren für Bodeneigenschaften



PEDOLOGIE

Welche Pflanzen finden Sie in unmittelbarer Nähe des Ortes, an dem Sie pedologische Untersuchungen durchführen? Wie viele Pflanzen wachsen in einem bestimmten Gebiet? Woran kann ich die Pflanzen erkennen? Warum wachsen gerade diese Pflanzen hier? Lassen sich anhand der vorhandenen Pflanzenarten und ihres Zustands die Eigenschaften des Bodens bestimmen? Was sagen uns diese Pflanzen über den pH-Wert und den Nährstoffgehalt des Bodens?

Fallen Ihnen noch weitere Fragen ein? Schreiben Sie sie auf:

-
-
-

Wählen Sie eine Forschungsfrage aus, die Sie überprüfen möchten:

.....

Erstellen Sie aus der Forschungsfrage Ihre Hypothese:

.....

Messung des Nährstoffgehalts im Boden



Grundlegende Nährstoffe im Boden

HILFSMITTEL: feine Erde, tieferer Behälter, Gerät zur Messung von NPK

VORGEHENSWEISE:

- Geben Sie die vorbereitete feine Erde in eine tiefere Schale, die Probe sollte feucht sein
- Stecken Sie das Gerät in die Probe und lassen Sie ihm Zeit für die Messung
- Notieren Sie die Werte für N, P und K (das Gerät kann gleichzeitig die Bodentemperatur messen, die Sie am Rand notieren können)
- Wiederholen Sie die Messung mindestens dreimal und notieren Sie jedes Mal die Werte.
- Berechnen Sie den durchschnittlichen Nährstoffgehalt der Probe (mg/kg).



Humuspartikelgehalt

HILFSMITTEL: Messzylinder, luftgetrocknete Feinerde, Rührgerät

VORGEHENSWEISE:

- Geben Sie die vorbereitete Bodenprobe in den Messzylinder
- Der Boden nimmt etwa 25 % des messbaren Volumens des Zylinders ein
- Gießen Sie Wasser bis zur letzten Markierung auf dem Zylinder hinzu
- Rühren Sie um, bis sich alle zusammenhängenden Partikel aufgelöst haben
- Lassen Sie die Probe stehen



- ▶ Nach dem Absetzen bilden sich im Zylinder Schichten aus Gerüst und grobem Sand, feinem Sand, Staubpartikeln und Humus
- ▶ Humuspartikel sind leicht und bleiben an der Oberfläche schwimmen
- ▶ Ziehen Sie das Volumen der Humuspartikel ab

Der Humusgehalt beeinflusst die Fruchtbarkeit und den pH-Wert des Bodens. Gleichzeitig wirkt er sich auch auf die Wasserhaltekapazität des Bodens aus, d. h. darauf, wie viel Wasser der Boden beispielsweise bei starken Regenfällen speichern kann.



Bodentemperatur / Boden-Temperaturprotokoll



PEDOLOGIE

Die Bodentemperatur beeinflusst die Bildung und Entwicklung des Bodens, das Pflanzenwachstum, die Aktivität der Bodenlebewesen und das Klima der Umgebung. Die Bodentemperatur wird regelmäßig zur gleichen Zeit in einer Tiefe von 5 und 10 cm gemessen.



Versuchen Sie vor der eigentlichen Messung, die ungefähre Bodentemperatur im Verhältnis zur Lufttemperatur zu schätzen.

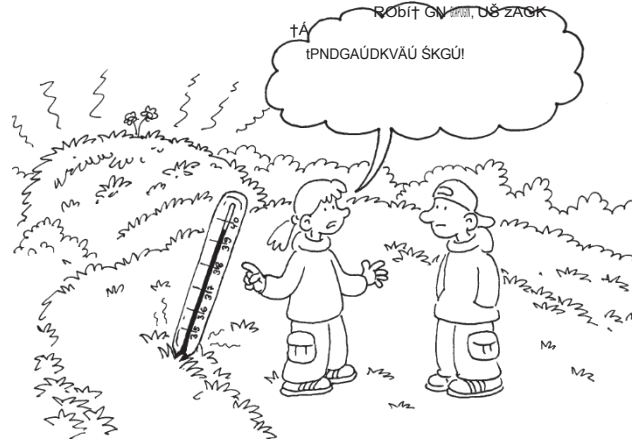
Gemessene Lufttemperatur°C

Geschätzte Bodentemperatur in einer Tiefe von:

5 cm°C 10 cm°C

Schreiben Sie Ihre Hypothese zur Bodentemperatur in verschiedenen Tiefen auf, die Sie mit einem Experiment überprüfen möchten:

.....
.....



Bodentemperatur

HILFSMITTEL: Boden-Thermometer, 10 cm langer Nagel, Permanentmarker

VORGEHENSWEISE:

- ▶ Markieren Sie den Nagel mit einem Filzstift in einem Abstand von 5 cm von der Spitze.
- ▶ Drücken Sie den Nagel 5 cm tief in den Boden und ziehen Sie ihn wieder heraus, ohne den Boden zu beschädigen.
- ▶ Stecken Sie den Sensor des Thermometers in das Loch, das der Nagel hinterlassen hat.
- ▶ Lesen Sie die Temperatur nach 2—3 Minuten ab.
- ▶ Drücken Sie den Nagel bis zum Kopf in den Boden und ziehen Sie ihn wieder heraus.
- ▶ Stecken Sie das Thermometer in die Öffnung und lesen Sie die Temperatur in einer Tiefe von 10 cm ab.
- ▶ Notieren Sie beide Messwerte.



Aufzeichnungstabelle:

Tägliche oder wöchentliche Messungen / Daily or Weekly Measurements

Datum (Date)	Uhrzeit (Time) [h:min]	Temperatur (Temperature)	
		in 5 cm Tiefe [°C]	in einer Tiefe von 10 cm [°C]

ARBEITSPLATZ



pH-Wert des Bodens / Soil pH Protocol



Die Bodenreaktion oder der pH-Wert des Bodens ist eine der wichtigsten chemischen Eigenschaften des Bodens, da sie die Bewegung und das Verhalten einzelner chemischer Elemente im Boden, die Geschwindigkeit der Zersetzung organischer Stoffe, die Aktivität der Bodenmikroorganismen, die Artenzusammensetzung der Pflanzen und die Löslichkeit schädlicher Stoffe beeinflusst.



Schreiben Sie Fragen auf, die Ihnen zum Thema Bodenreaktion einfallen:



ARBEITSLISTE

Wählen Sie eine Frage für Ihre Gruppe aus, die Sie testen möchten, und schreiben Sie sie auf:

.....
.....

Schreiben Sie die Forschungsfrage auf, auf die Sie sich mit Ihrer Klasse geeinigt haben:

.....
.....

Schreiben Sie die Forschungsfrage auf, auf die Sie sich mit Ihrer Klasse geeinigt haben:

.....
.....





pH-Wert des Bodens

HILFSMITTEL: feine Erde, destilliertes Wasser, pH-Meter, Becherglas, Messzylinder, Teelöffel, Waage **VORGEHENSWEISE:**

- ▶ Messen Sie 80 ml destilliertes Wasser ab und gießen Sie es in den Messbecher.
- ▶ Messen Sie den pH-Wert des destillierten Wassers.
- ▶ Geben Sie 40 g feine Erde in den Becher.
- ▶ Rühren Sie die entstandene Suspension 10 Minuten lang um und lassen Sie sie dann einige Minuten lang ziehen.
- ▶ Wenn sich die Bodenpartikel abgesetzt haben, legen Sie die Elektrode in die Lösung und messen Sie den pH-Wert. Wiederholen Sie die Messung dreimal für jeden Bodenhorizont.



Aufzeichnungstabelle: pH-Wert des Bodens

HORIZONT	MESSUNG	BODEN-pH-WERT
	1	
	2	
	3	
	1	
	2	
	3	
	1	
	2	
	3	
	1	
	2	
	3	

pH-Wert	Reaktion
< 4,5	stark sauer
4,5 - 5,5	sauer
5,5 - 6,5	schwach sauer
6,5 - 7,2	neutral
> 7,2	basisch

AUSWERTUNG DER ERGEBNISSE:

Kehren Sie zu Ihrer Hypothese zurück und schreiben Sie, ob Sie sie bestätigt oder widerlegt haben.

.....

ARBEITSLISTE





Pufferkapazität des Bodens

Puffer ist eine Pufferlösung, die in der Lage ist, den pH-Wert auch nach Zugabe einer starken Säure oder Base in einem bestimmten Bereich stabil zu halten. Der Boden ist ebenfalls in der Lage, Schwankungen der Bodenreaktion zu widerstehen. Wenn jedoch die Pufferkapazität des Bodens erschöpft ist, beginnt der pH-Wert zu sinken und es kommt zu großen Veränderungen — zum Absterben von Pflanzen und anderen im Boden lebenden Organismen.

Im folgenden Experiment testen Sie die Pufferkapazität des Bodens.

HILFSMITTEL: feine Erde, 8 %iger Essig, destilliertes Wasser, Natriumacetat, Bechergläser, Messzylinder, pH-Meter, Waage, Pipette

VORGEHENSWEISE:

► Vorbereitung des Puffers:

- Messen Sie 14,5 ml Essig ab und gießen Sie ihn in ein Becherglas.
- Fügen Sie 85,5 ml destilliertes Wasser hinzu.
- Wiegen Sie 1,6 g Natriumacetat ab.
- Lösen Sie das Acetat in 100 ml destilliertem Wasser auf.

- Messen Sie den pH-Wert des Essigs.
- Messen Sie 20 ml Puffer in einen sauberen Becher ab.
- Fügen Sie nach und nach mit einer Pipette 1 ml Essig hinzu und messen Sie den pH-Wert.
- Notieren Sie, wie viel ml Essig zu Beginn der pH-Änderung hinzugefügt wurden und wie viel ml Essig verwendet wurden, um den pH-Wert um einen Grad zu ändern.
- Führen Sie die gleiche Beobachtung durch, verwenden Sie jedoch anstelle des Puffers Wasser.
- Führen Sie dann das gleiche Verfahren an den Bodenproben durch.

	Ursprünglicher pH-Wert	Für die erste pH-Änderung erforderliche Menge [ml]	Für eine pH-Änderung um 1 Grad erforderliche Menge [ml]
Puffer			
Wasser			
Muster 1			
Probe 2			
Probe 3			
Probe 4			



Erklären Sie den Unterschied zwischen dem Verhalten von Puffer und Wasser

Welches Muster widerstand der Oxidation am längsten?

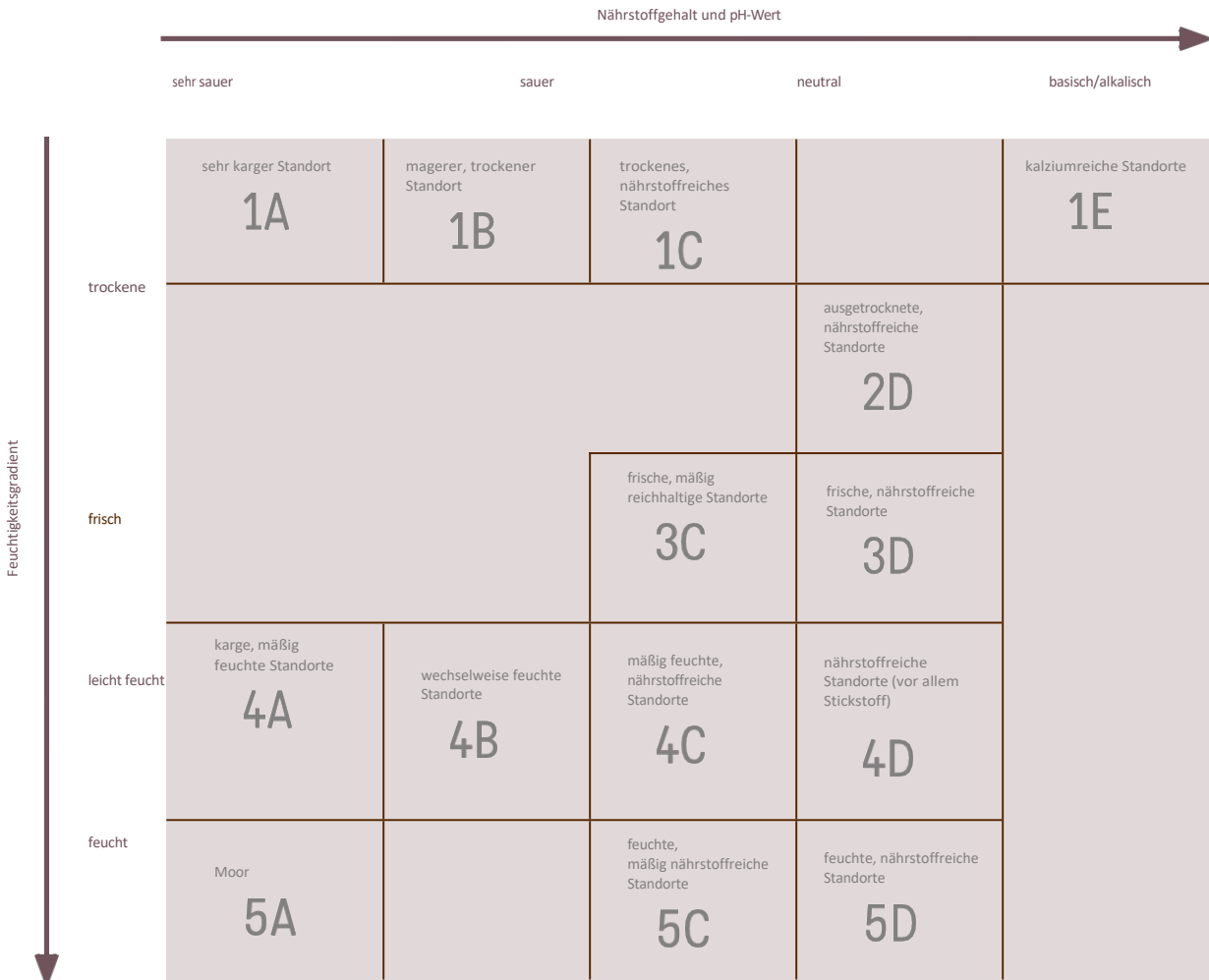
Verhält sich der Boden wie Wasser oder wie ein Puffer?

Erklären Sie, warum dieses Verhalten wichtig ist.



Sie können die Aufgaben zur Messung des Nährstoffgehalts und des pH-Werts für die Schüler mit Proben von Gartenbauböden (Torf, Substrat für Aussaat und Vermehrung usw.) interessanter gestalten. Tragen Sie die Werte für pH, N, P und K in ein Diagramm ein und diskutieren Sie mit den Schülern über die Eignung verschiedener Boden- und Substratarten für verschiedene Pflanzenarten.

Tabelle 1: Einteilung der Pflanzenstandorte in Gruppen nach Anforderungen an Feuchtigkeit, Nährstoffgehalt und pH-Wert des Bodens



Ergebnis der Beobachtung:

Geschätzter Biotoptyp:

Geschätztes pH-Wert des Lebensraums

Dominante Pflanzenarten:

.....

.....

Markieren Sie auf der Skala mit einem Punkt, welche Eigenschaften Ihr Standort hat:

trocken _____ feucht

karg _____ reichhaltig

pH 3 _____ 10

Versuchen Sie, zu Ihrer Hypothese zurückzukehren. Konnten Sie sie bestätigen oder hat Ihre Forschung sie widerlegt?

.....

.....



Bodenfeuchte /

Gravimetrisches Bodenfeuchteprotokoll



Der Boden ist ein riesiger Wasserspeicher der Erde. Der Wassergehalt im Boden hängt vor allem von der Menge Niederschläge und der Höhe des Grundwasserspiegels ab. Wasser wird im Boden an der Oberfläche der Bodenpartikel und in den Poren des Bodens zurückgehalten. Der Wassergehalt im Boden wird als Verhältnis des Gewichts des Wassers zum Gewicht des trockenen Bodens berechnet.



Wird sich die Luftfeuchtigkeit von Horizont zu Horizont ändern?

Verändert sich die Bodenfeuchtigkeit in den Wintermonaten?

Können Sie einschätzen, welcher Bodentyp mehr Wasser speichert?

Fallen Ihnen weitere Forschungsfragen ein? Schreiben Sie sie auf:

.....

.....

.....

Wählen Sie aus den oben genannten Fragen eine Forschungsfrage aus, die Sie überprüfen möchten:

.....

.....

Erstellen Sie auf Grundlage der Forschungsfrage eine Hypothese:

.....

.....

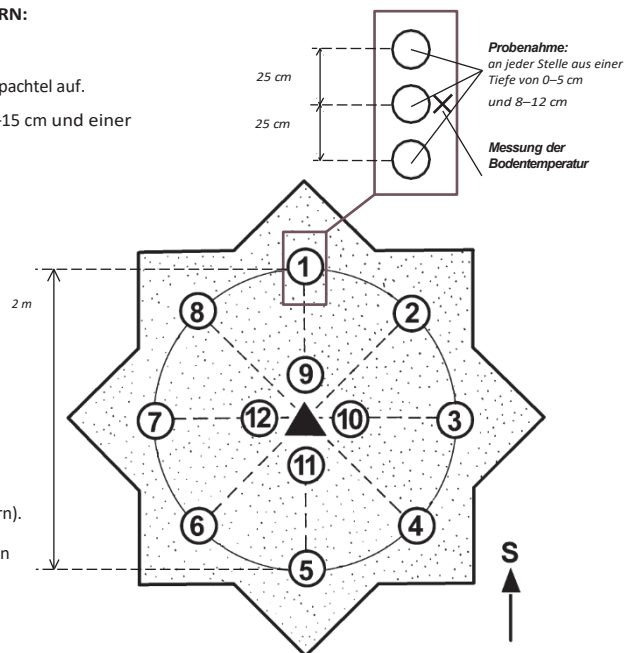


Bodenfeuchte

HILFSMITTEL: Meter, Dosen oder Plastiktüten zur Entnahme von Bodenproben, Permanentmarker, Schaufel, Waage mit einer Genauigkeit von 0,1 g, Trockner oder Mikrowelle, Bodenbohrer

VORGEHENSWEISE IM GELÄNDE – PROBENENTNAHME MIT DEM STERN:

- ▶ Markieren Sie den Stern für die Probenahme gemäß der Abbildung.
- ▶ Lockern Sie die Oberfläche an der Probenentnahmestelle mit einem Spachtel auf.
- ▶ Graben Sie mit der Schaufel ein Loch mit einem Durchmesser von 10–15 cm und einer Tiefe von 5 cm.
- ▶ Entfernen Sie alle Skelettteile mit einem Durchmesser von mehr als 5 mm, Wurzeln und kleine Tiere aus der Probe.
- ▶ Füllen Sie eine Dose oder einen Plastikbeutel mit ca. 100 g Erde.
- ▶ Verschließen Sie den Behälter mit p sofort, um jegliche Veränderung der Bodenfeuchtigkeit zu vermeiden.
- ▶ Kennzeichnen Sie die Probe gut.
- ▶ Vertiefen Sie die Grube auf eine Tiefe von 8 cm.
- ▶ Entnehmen Sie die Probe aus einer Tiefe von 8 bis 12 cm.
- ▶ Entnehmen Sie die anderen vier Proben mit einer ähnlichen in einem Abstand von 25 cm zur ersten Probe (siehe Abbildung Stern).
- ▶ Tragen Sie die Entnahmetiefe und die Nummer der Bodenprobe neben der Nummer der Dose in das Arbeitsblatt ein.





Messen Sie zusammen mit der Entnahme von Bodenproben die Bodentemperatur in einem Abstand von 25 cm vom Entnahmeort.

VORGEHENSWEISE IM LABOR:

- ▶ Wiegen Sie den Behälter, in dem Sie die Probe trocknen werden. Runden Sie den Wert auf eine Dezimalstelle und tragen Sie ihn in die Tabelle ein.
- ▶ Geben Sie die Bodenprobe in den Behälter und wiegen Sie ihn sofort. Tragen Sie den Wert als Nassgewicht in die Tabelle ein.
- ▶ Trocknen Sie die Bodenproben auf ein konstantes Gewicht — das Gewicht der Probe darf sich gegenüber der vorherigen Wägung um nicht mehr als 0,25 g ändern.
- ▶ Verwenden Sie zum Trocknen einen Trockner – trocknen Sie bei einer Temperatur von 105 °C etwa 6 Stunden lang oder verwenden Sie eine Mikrowelle – trocknen Sie in einem geeigneten Behälter bei 700 W etwa 10 Minuten lang (die Trocknungszeit hängt immer vom Wassergehalt des Bodens ab).
- ▶ Nehmen Sie die getrocknete Bodenprobe aus dem Trockner, wiegen Sie sie und den Behälter und tragen Sie das Trockengewicht in die Arbeitsblätter ein.
- ▶ Berechnen Sie den Wassergehalt im Boden (siehe Methodik).



Aufzeichnungstabelle: Bodenfeuchte

Tiefe Entnahme (Sample Depth)	Nummer der Probe (Anzahl der Proben)	A Nass Gewicht (Gewicht des Nasse Erde und	B Trocken Gewicht (Gewicht des Trockener Boden und	C Gewicht Wasser (Wasser des leeren Behälters) A – B	D Gewicht Behälter (Gewicht Behälter Container)	E Trockenmasse (Dry Soil Weight) B – D	F Wassergehalt im Boden (Soil Water Content) C/E
[cm]		[g]	[g]	[g]	[g]	[g]	



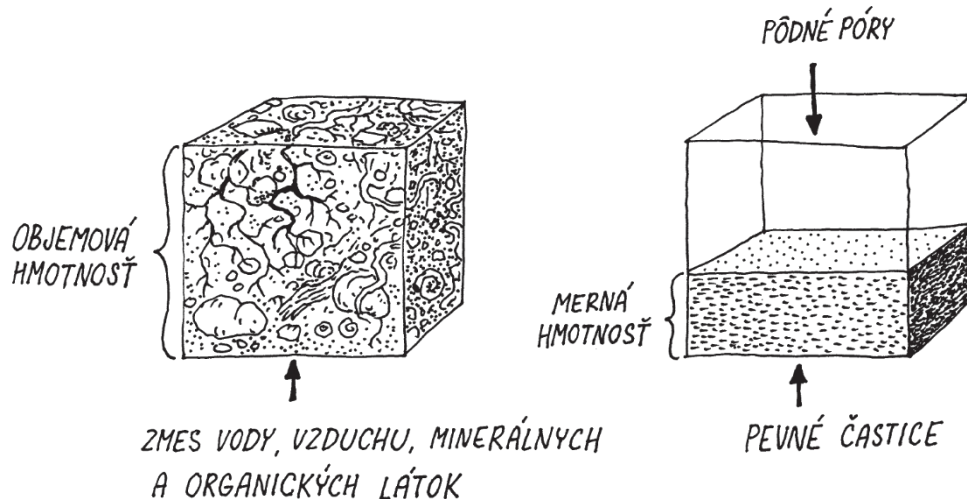


Die spezifische Dichte (Dichte) des Bodens ist ebenfalls das Gewicht des Bodenvolumens, wird jedoch im Gegensatz zur Volumendichte nicht durch die Porosität beeinflusst und umfasst daher nur alle Bodenpartikel. Die spezifische Dichte wird als Verhältnis des Trockengewichts des Bodens zum Bodenvolumen (ohne Luft) berechnet.



Spezifisches Gewicht

HILFSMITTEL: Feiner Boden, Waage mit einer Genauigkeit von 0,1 g, destilliertes Wasser, Trichter, Pipette, Zange, drei 100-ml-Erlenmeyerkolben, Thermometer, Kocher



VORGEHENSWEISE:

1. Tag

- Wiegen Sie den leeren Erlenmeyerkolben.
- Wiegen Sie 25 g Feinboden ab und geben Sie ihn in den Erlenmeyerkolben.
- Notieren Sie die Zeit und die Art und Weise, wie die Probe vom Trocknen bis zur Bestimmung des spezifischen Gewichts des Bodens gelagert wurde.
- Wiegen Sie den Erlenmeyerkolben zusammen mit der Bodenprobe.
- Fügen Sie 50 ml destilliertes Wasser hinzu und spülen Sie mit einer Spritze alle Ablagerungen im Flaschenhals aus.
- Stellen Sie den Topf auf den Herd oder erhitzen Sie ihn über einer Flamme.
- Rühren Sie sie von Zeit zu Zeit vorsichtig um und kochen Sie sie 10 Minuten lang, um die gesamte Luft zu entfernen.
- Lassen Sie das Gefäß abkühlen.
- Nach dem Abkühlen verschließen Sie den Erlenmeyerkolben und lassen ihn 24 Stunden stehen.



2. Tag

- ▶ Öffnen Sie den Verschluss des Gefäßes und füllen Sie es mit destilliertem Wasser bis zu 100 ml.
- ▶ Wiegen Sie den Kolben nach dem Befüllen erneut.
- ▶ Messen Sie die Temperatur der Suspension in der Flasche.
- ▶ Ermitteln Sie anhand mathematischer und physikalischer Tabellen die der gemessenen Temperatur entsprechende Dichte des Wassers.
- ▶ Berechnen Sie das Wasservolumen anhand der Formel für die Dichte.
- ▶ Berechnen Sie das spezifische Gewicht.
- ▶ Berechnen Sie das spezifische Gewicht.



Aufzeichnungstabelle: Spezifisches Gewicht

	Probe		
	1	2	3
A Gewicht des Bodens + leere Erlenmeyerkolben (Masse des Bodens + leere Flasche) [g]			
B Gewicht des leeren Erlenmeyerkolbens (Mass of empty flask) [g]			
C Gewicht des Bodens (Masse des Bodens) A – B [g]			
D Gewicht von Wasser + Erde + Flasche (Masse von Wasser + Erde + Flasche) [g]			
E Gewicht des Wassers (Masse des Wassers) D – A [g]			
F Wassertemperatur in °C (Wassertemperatur) [°C]			
G Wasserdichte (Density of water) [g/cm ³]			
H Wasservolumen (Volume of water) E G [ml] —			
I Bodenvolumen (Volume of soil) 100 ml – H [ml]			
J Dichte (Soil particle density) C I [g/cm ³] —			

Hinweis: Beachten Sie die Umrechnungsfaktoren der Einheiten 1 ml = 1 cm³



Korngrößenanalyse / Particle Size Distribution Protocol



PEDOLOGIE

Das Ergebnis der Korngrößenanalyse ist der prozentuale Anteil der einzelnen Bodenpartikel und die Bestimmung der Bodenart.



Korngrößenanalyse

HILFSMITTEL: Feiner Boden, Messzylinder 100 und 500 ml, Deckel, Becherglas 250 ml, destilliertes Wasser, Dispersionslösung (Natriumhexametaphosphat), Stab zum Umrühren der Probe, Thermometer, Dichtemesser (ggf. Dichtemesser mit Thermometer), Lineal oder Meter



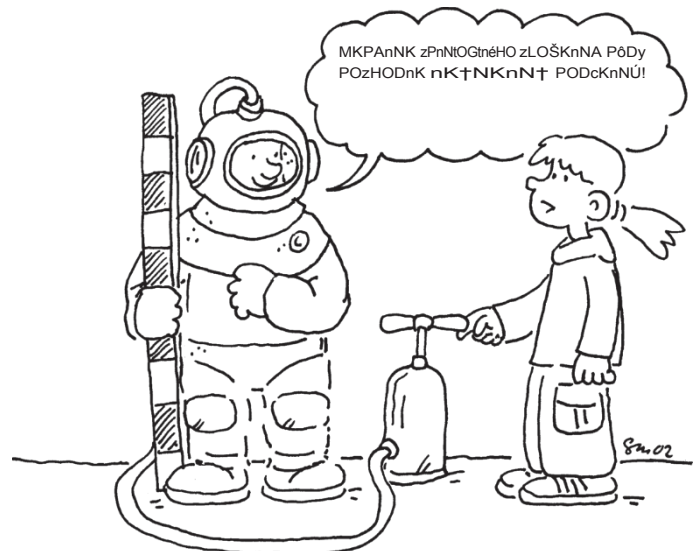
Nehmen Sie einen Behälter mit Deckel (z. B. ein Einmachglas), geben Sie die Bodenprobe hinein, gießen Sie Wasser hinzu, verschließen Sie den Behälter und mischen Sie den Inhalt gut durch. Stellen Sie den Behälter auf eine Unterlage und beobachten Sie, was passiert.

Welche Partikel setzen sich als erste ab?

.....
.....

Welche Partikel bleiben am längsten in der Suspension sichtbar?

.....
.....



ARBEITSVORGANG:

1. Tag

- Bereiten Sie eine Dispersionslösung vor, indem Sie 50 g Natriumhexametaphosphat in 1 l destilliertem Wasser auflösen.
- Wiegen Sie 25 g Feinboden in einen 250-ml-Becherglas ein.
- Fügen Sie 100 ml Dispersionslösung und 50 ml destilliertes Wasser hinzu.
- Mindestens 1 Minute lang rühren, bis das gesamte Bodenmaterial in Suspension ist.
- Lassen Sie den Becher 24 Stunden ruhen.

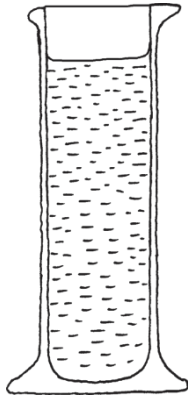
2. Tag

- Messen Sie die Höhe zwischen dem Boden des Messzylinders und der 500-ml-Markierung und notieren Sie den Wert.
- Mischen Sie die Suspension im Becherglas und gießen Sie sie in einen 500-ml-Messzylinder.
- Spülen Sie den Becher mit destilliertem Wasser aus und gießen Sie den Inhalt in den Messzylinder, sodass sich die gesamte Suspension im Zylinder befindet.
- Füllen Sie destilliertes Wasser bis zur 500-ml-Markierung nach und verschließen Sie den Zylinder mit einem Deckel oder Ihrer Hand.
- Mischen Sie die Suspension gründlich, indem Sie den Zylinder mindestens 10 Mal umdrehen.



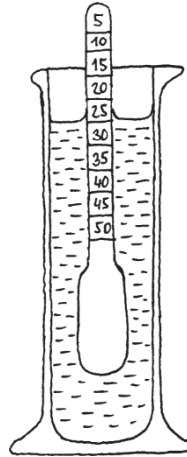
- ▶ Stellen Sie den Zylinder auf die Unterlage und starten Sie sofort die Zeitmessung.
- ▶ Nach 90 Sekunden den Dichtemesser vorsichtig in den Zylinder einführen und frei auf den Boden sinken lassen.
- ▶ Halten Sie ihn vorsichtig mit der Hand fest, damit er sich nicht mehr bewegt.
- ▶ Lesen Sie 2 Minuten nach Beginn der Sedimentation den Wert auf dem Dichtemesser ab, der dem Niveau der Suspension am nächsten liegt
- ▶ Nehmen Sie den Dichtemesser vorsichtig heraus, spülen Sie ihn mit Wasser ab und trocknen Sie ihn.
- ▶ Legen Sie das Thermometer in den Zylinder und lesen Sie nach 1 Minute die Temperatur der Suspension ab.
- ▶ Lassen Sie den Messzylinder 24 Stunden lang ruhen

00:00



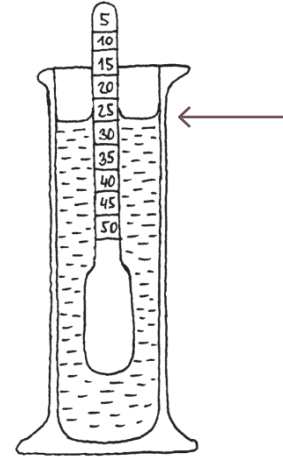
Beginn der Sedimentation

01:30



Dichtemesser einlegen

02:00



AbleSEN auf dem Dichtemesser Wert

3. Tag

- ▶ Setzen Sie den Dichtemesser in den Zylinder mit der Suspension ein und lesen Sie die Dichte ab.
- ▶ Messen Sie die Temperatur der Suspension.
- ▶ Geben Sie die Werte in die Datenbank ein. Aus diesen Werten wird der Bodentyp generiert.



Aufzeichnungstabelle Korngrößenanalyse

Probennummer (Sample number)	Zeit (Time)	Dichte der Suspension (Hydrometer reading) [g/cm ³]	Temperatur der Suspension (Temperature) [°C]
1	2 min		
	24 h		
2	2 Min		
	24 h		
3	2 Min		
	24 h		



Bestimmung der Bodenart durch Berechnung



Bestimmung des Bodentyps durch Berechnung

Die Bodenart kann durch Berechnung und anschließende Verwendung eines Dreiecksdiagramms bestimmt werden.

HILFSMITTEL: Dreiecksdiagramm, Lineal, ausgefülltes Datenblatt mit Angaben zur Dichte und Temperatur der Suspension

VORGEHENSWEISE

Berechnung des prozentualen Anteils von Sand in der Probe

- A Dichte der Suspension nach 2 Minuten:.....g/l
- B Temperatur der Suspension nach 2 Minuten:°C
- C Gewicht in Gramm Staub und Ton in einem Liter Suspension, Wert aus der Tabelle:g/l
- D Temperaturkorrektur des gemessenen Gewichts. Multiplizieren Sie die Differenz der gemessenen Temperatur von 20 °C mit dem Wert 0,36. Wenn die Temperatur der Suspension über 20 °C liegt, ist der Wert D positiv, wenn die Temperatur unter 20 °C liegt, ist der Wert negativ: $0,36 \times (B \dots - 20 \text{ °C}) = D$ g/l
- E Addieren Sie zur Wert, der das Gewicht von Staub und Schlamm in Gramm in der Suspension angibt, die Temperaturkorrektur des gemessenen Gewichts hinzu: $C \dots + D \dots = E$ g/l
- F Multiplizieren Sie den Wert E mit 0,5 (wenn Sie mit einem Messzylinder mit einem Volumen von 500 ml gearbeitet haben): $E \dots \times 0,5 = F$ g
- G Ziehen Sie vom Gesamtgewicht der Probe (25 g) das Gewicht von Staub und Lehm ab. Sie erhalten das Gewicht des Sandes: $25 - F \dots = G$ g
- H Berechnen Sie den prozentualen Anteil des Sandes in der Probe: $(G \dots / 25) \times 100 = H$ %

Berechnung des prozentualen Anteils von Lehm in der Probe

- I Dichte der Suspension nach 2 Minuten:.....g/l
- J Temperatur der Suspension nach 2 Minuten:°C
- K Gramm Ton in einem Liter Suspension, Wert aus der Tabelle:.....g/l
- L Temperaturkorrektur des gemessenen Gewichts. Multiplizieren Sie die Differenz der gemessenen Temperatur von 20 °C mit dem Wert 0,36. Wenn die Temperatur der Suspension über 20 °C liegt, ist der Wert L positiv, wenn die Temperatur unter 20 °C liegt, ist der Wert negativ: $0,36 \times (J \dots - 20 \text{ °C}) = L$ g/l
- M Addieren Sie zur Wert, der das Gewicht des Tons in Gramm in der Suspension angibt, die Temperaturkorrektur des gemessenen Gewichts hinzu: $K \dots + L \dots = M$ g/l
- N Multiplizieren Sie den Wert M mit der Zahl 0,5 (wenn Sie mit einem Messzylinder mit einem Volumen von 500 ml gearbeitet haben): $M \dots \times 0,5 = N$ g
- O Berechnen Sie den prozentualen Anteil von Ton in der Probe: $(N \dots / 25) \times 100 = O$ %



Berechnung des prozentualen Anteils von Staub in der Probe

P Berechnen Sie das Gewicht des Staubs: $(25 - (G + N)) = P$g

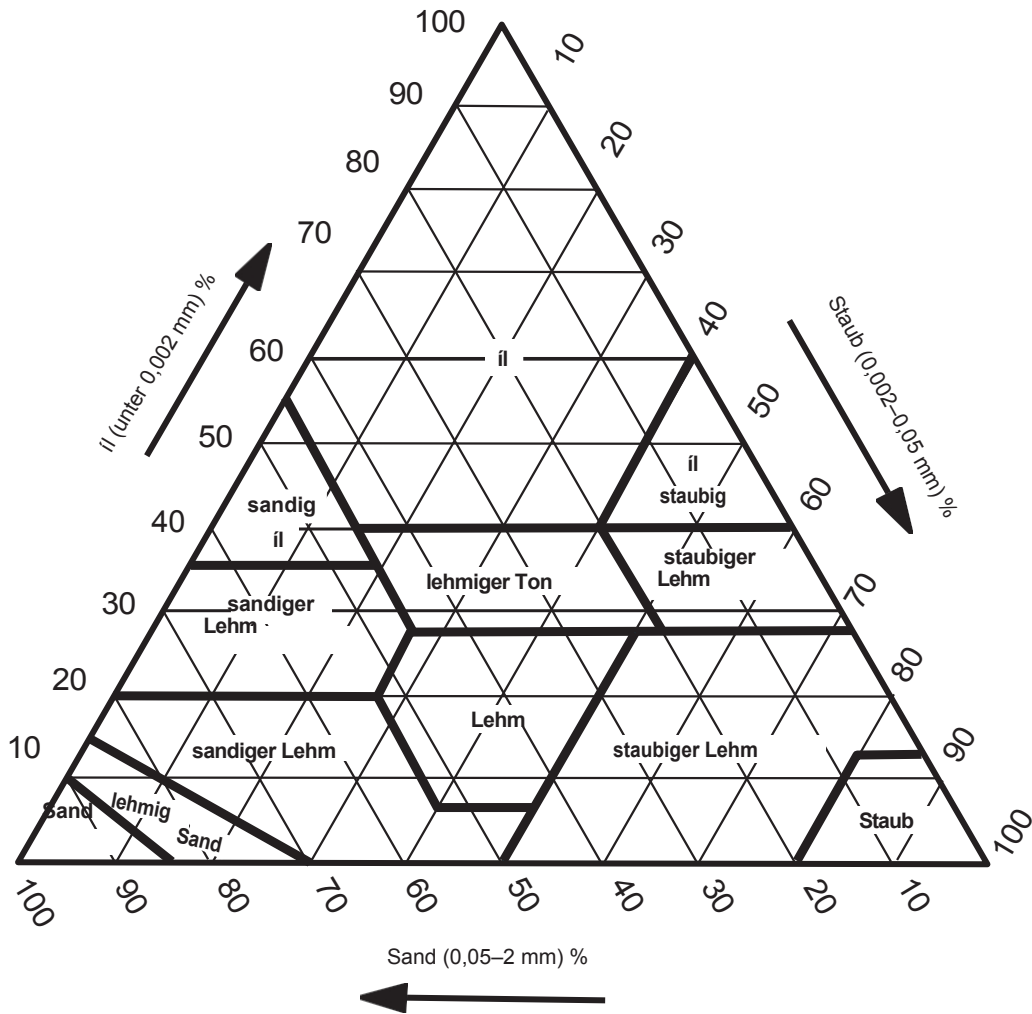
Q Berechnen Sie den prozentualen Staubanteil in der Probe: $(P / 25) \times 100 = Q$%

Ergebnis:

Sand	L	Staub

Die Summe der prozentualen Anteile aller drei Komponenten beträgt 100 %.

Zeichnen Sie in einem leeren Dreiecksdiagramm nacheinander Linien ein, die den berechneten Werten für Sand, Staub und Lehm entsprechen. Am Schnittpunkt der Linien finden Sie den Bodentyp der Probe.



Infiltration / Wasserinfiltrationsprotokoll



Die Infiltration ist Teil des Wasserkreislaufs und bezeichnet den Prozess des Versickerns von Wasser im Boden. Infiltrationsgeschwindigkeit

wird anhand des Abfalls des Wasserspiegels um einen bestimmten Wert innerhalb einer genau definierten Zeit bestimmt. Die Infiltration hängt von der Porosität des Bodens ab; ihre Geschwindigkeit ändert sich je nachdem, wie sich die Poren des Bodens mit Wasser füllen. Sie wird auf den Wert festgelegt, bei dem der Boden vollständig gesättigt ist.



Möchten Sie wissen, ob Ihre Bodenprobe einen Boden darstellt, der Wasser aus sehr starken Regenfällen aufnehmen kann und weniger anfällig für Erosion ist? Oder interessiert Sie eine andere Frage?

Notieren Sie Ihre Forschungsfrage:

.....
.....

Schreiben Sie Ihre Hypothese auf:

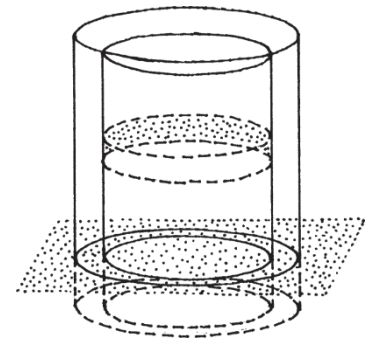
.....
.....



HILFSMITTEL: Doppelzylinder-Infiltrometer, Wasseranschluss, ggf. mit Wasser gefüllte Plastikflaschen (mindestens 8 l), 2 Trichter (oder Plastikflaschen mit abgeschnittenem Boden), Lineal, Holzbrett, Stock, Messer, Gartenschere, Dosen zur Entnahme von Bodenproben, Deckel, Permanentmarker, Schaufel

VORGEHENSWEISE:

- ▶ Reinigen und ebenen Sie die Bodenoberfläche.
- ▶ Entfernen Sie alle organischen Rückstände und mähen oder schneiden Sie bei Grasflächen das Gras mit einer Schere ab.
- ▶ Decken Sie den inneren Zylinder des Infiltrometers mit einer Holzplatte ab, sodass das gesamte Infiltrometer bedeckt ist, und schlagen Sie das Infiltrometer mit einem Holzhammer 2–5 cm tief in den Boden, indem Sie auf die Platte schlagen.
- ▶ Setzen Sie den Außenzylinder in derselben Tiefe um den Innenzylinder herum ein.
- ▶ Nachdem Sie beide Zylinder versenkt haben, drücken Sie die Erde um sie herum fest, um ein Auslaufen von Wasser zu verhindern.
- ▶ Messen Sie den Abstand zwischen der unteren und oberen Markierung des schmaleren Zylinders und dem Boden und notieren Sie den Wert.
Abstand der unteren Markierung vom Boden:(cm)
Abstand der oberen Markierung vom Boden:(cm)
- ▶ Füllen Sie Wasser in beide Zylinder, sodass der Wasserstand ungefähr gleich ist.
- ▶ Das Wasser im äußeren Zylinder sinkt schneller als das Wasser im inneren Zylinder, daher muss Wasser in den äußeren Zylinder nachgefüllt werden.
- ▶ Wenn der Wasserstand die obere Markierung erreicht hat, starten Sie die Zeitmessung. Notieren Sie die Startzeit der Messung in Sekunden in Ihrem Arbeitsblatt. Halten Sie während der Messung den Wasserstand im äußeren Zylinder auf dem gleichen Niveau wie den Wasserstand im inneren Zylinder.
- ▶ Füllen Sie das Wasser vorsichtig nach, damit der innere Zylinder nicht überläuft.



- Sobald der Wasserstand auf die untere Markierung gesunken ist, notieren Sie die Endzeit. Gießen Sie sofort Wasser in den inneren Zylinder, bis er die obere Markierung erreicht.
- Füllen Sie Wasser in den Außenzylinder, sodass beide Füllstände gleich hoch sind. Starten Sie die Zeitmessung erneut.
- Wiederholen Sie die gesamte Messung, bis zwei aufeinanderfolgende Messungen weniger als 10 Sekunden voneinander abweichen oder bis 45 Minuten vergangen sind.
- Entnehmen Sie den Infiltrometer aus dem Boden und warten Sie 5 Minuten. Entnehmen Sie dann eine Bodenprobe aus einer Tiefe von 5 cm an der Stelle der Infiltrationsmessung und bestimmen Sie die Bodenfeuchte (Anweisungen finden Sie im Arbeitsblatt „Bodenfeuchte“).
- Wiederholen Sie die Infiltrationsmessung noch zweimal an Punkten, die 5 m von der ursprünglichen Messung entfernt sind.



Aufzeichnungstabelle: Infiltration

Anzahl Messung n	A Start (Start)	B Ende (Ende)	C Intervall (Interval)	D Mitte (Midpoint)	E Rückgang Wasserstand (Wasserstand Change)	F Wasserfluss (Durchflussrate)
	[min:s]	[min:s]	$B - A$ [min]	$A + \frac{C}{2}$ [min]	[mm]	E/C [mm/min]
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

Kehren Sie zu Ihrer Hypothese zurück und schreiben Sie, ob Sie sie bestätigen oder widerlegen konnten:

.....



Bodenerosion



Der Verlust der Vegetationsdecke, die Verringerung des Gehalts an organischer Substanz im Boden und die Bodenverdichtung sind nur einige der Prozesse, die die Wasserrückhaltung im Land bzw. im Boden beeinflussen. Das gesamte Wasser, das der Boden nicht aufnehmen kann, trägt zur Erosion dieser wertvollen Schicht bei.

HILFSMITTEL: Plastikflaschen, Messer/Schere, Becher/Messzylinder, Bodenproben, Sand, Gestein, Samen (z. B. Kresse), Schnur

VORGEHENSWEISE:

- Schneiden Sie die Plastikflaschen gemäß der Abbildung unten auf
- Stellen Sie mit Hilfe der Plastikflaschen und der Schnur auch „Behälter“ zum Auffangen des abfließenden Wassers her
- Füllen Sie die großen Flaschen mit Erde, Skelett, Erde mit Laubabdeckung, ...
- Versuchen Sie auch, Erde vorzubereiten, die Sie mit einer Grasmischung, Kresse oder einer anderen schnell wachsenden Art besäen
- Geben Sie den Schülern Becher/Messzylinder mit genauem Wasservolumen.
- Simulieren Sie Starkregen mit der gesamten Wassermenge
- Beobachten Sie die Rückhaltefähigkeit der einzelnen Präparate
- Messen Sie den Wasserabfluss
- Zusätzlich können Sie auch den pH-Wert der Lösung oder das Volumen der ausgewaschenen Partikel (nach dem Trocknen) messen



Lassen Sie die Schüler ihre eigenen Präparate aus mitgebrachter Erde herstellen oder erstellen Sie ein Modell eines Bodenprofils – Ihrer Fantasie sind keine Grenzen gesetzt.

Simulieren Sie verschiedene Geländeneigungen oder Starkregenfälle über mehrere Tage hinweg.

Diskutieren Sie mit den Schülern über die Fähigkeit des Bodens, Wasser zu speichern, und wie diese Fähigkeit die Erosion (den Verlust) des Bodens beeinflusst.

