

# Feldbuch (Sek II)

## Boden

© GLOBE Schweiz 2020  
Foto: Daria Lehmann





## Feldbuch zum Angebot „Boden“

### Allgemeine Hinweise

Bevor du mit den Messungen beginnst, sollte die Wahl des Standorts und der Art der Bodenbeprobung geklärt sein – das übernimmt meistens deine Lehrperson (Hilfestellungen: Dokumente „[Auswahl des Standorts](#)“ und „[Möglichkeiten zur Bodenbeprobung](#)“). Auf der Website von GLOBE gibt es zum Thema Boden „Wissen zum Thema“-Dokumente (unter „[für den Unterricht](#)“) – diese Dokumente bieten dir wichtige Hintergrundinformationen zu deinen Messungen. Lies jeweils das entsprechende „Wissen zum Thema“-Dokument durch, bevor du mit der Messung des Parameters beginnst.

Die Bodenmessungen sind in verschiedene Sets unterteilt:

- Das erste Set (Datenblätter 1 – 2) bildet die Grundlage für alle weiteren Messungen. Diese Datenblätter werden immer ausgefüllt, egal welche Messungen danach durchgeführt werden. Die Daten werden pro Standort 1x erhoben.
- Das zweite Set (Datenblätter 3 – 7) enthält verschiedene Protokolle zur Bodencharakterisierung im Feld. Es können auch nur einzelne dieser Datenblätter ausgefüllt werden. Die Daten werden pro Standort 1x erhoben.
- Das dritte Set (Datenblätter 8 – 9) enthält die Protokolle zur Messung der Bodentemperatur und -feuchtigkeit. Diese Messungen führst du wiederholt durch, da sich die Parameter innerhalb weniger Minuten oder Stunden verändern können. Du kannst deine Resultate direkt mit den Messungen der Lufttemperatur und Niederschläge (siehe Angebot „[Wetter und Klima](#)“) vergleichen.
- Das vierte Set (Datenblätter 10 – 14) enthält die Protokolle für die Bodencharakterisierung im Feld und im Labor. Diese Messungen sind anspruchsvoll. Es können auch nur einzelne Protokolle ausgewählt werden. Die Daten werden pro Standort 1x erhoben.

Mithilfe der Protokolle in diesem Feldbuch führst du die Messungen durch und trägst sie direkt in dieses Feldbuch ein. Auf jedem Datenblatt wird das benötigte Material für die Messung aufgelistet; weitere Informationen zum Material sind im Dokument „[Bezugsquellen Messmaterial](#)“ aufgeführt.

Deine Ergebnisse kannst du in der internationalen Datenbank von GLOBE (siehe „[internationale Daten erfassen](#)“ unter „[GLOBE international](#)“) eingeben und visualisieren. Du kannst deine Ergebnisse auch mit den Messungen anderer Schulklassen vergleichen.



Abbildung 1: Verschiedene Spatenproben können einen spannenden Vergleich von Böden ermöglichen. © Daria Lehmann / GLOBE Schweiz

## Die Datenblätter im Überblick

### Set 1: Grundlagen

Datenblatt 1: Standortbeschreibung (im Feld).....	5
Datenblatt 2: Bestimmung der Horizonte (im Feld).....	6

### Set 2: Bodenansprache im Feld

Datenblatt 3: Bodenbestandteile (im Feld).....	8
Datenblatt 4: Bodenstruktur und -konsistenz (im Feld).....	9
Datenblatt 5: Korngrößenverteilung / Textur (im Feld).....	11
Datenblatt 6: Bodenfarbe (im Feld).....	12
Datenblatt 7: Freie Karbonate (im Feld).....	13
Zusammenfassung: Bodenansprache im Feld (Sets 1 und 2).....	14

### Set 3: Wiederholte Messungen

Datenblatt 8: Bodentemperatur (im Feld).....	16
Datenblatt 9: Bodenfeuchtigkeit (im Feld und im Labor).....	18

### Set 4: Anspruchsvolle Messungen im Labor

Datenblatt 10: Bodendichte (im Feld und im Labor).....	22
Datenblatt 11: Partikeldichte (im Feld und im Labor).....	25
Datenblatt 12: Korngrößenverteilung (im Feld und im Labor).....	29
Datenblatt 13: pH-Wert des Bodens (im Feld und im Labor).....	35
Datenblatt 14: Nährstoffe im Boden (im Feld und im Labor).....	38
Zusammenfassung: Bodenmessungen im Labor (Sets 1 und 4).....	42





# Bodenmessungen Set 1

## Grundlagen





## Datenblatt 1: Standortbeschreibung (im Feld)

### Benötigtes Material für die Standortbeschreibung

- Datenblatt Standortbeschreibung
- Schreibmaterial
- GPS-fähiges Gerät, bspw. Smartphone
- App zur Messung der Hangneigung



\* Datum: \_\_\_\_\_

\* Name des Standorts<sup>1</sup>: \_\_\_\_\_

\* Koordinaten: \_\_\_\_\_

\* Höhe (m ü. M.): \_\_\_\_\_

\* Hangneigung und Exposition<sup>2</sup>: \_\_\_\_\_

Schule: \_\_\_\_\_

Gruppe: \_\_\_\_\_

\* zwingende Angaben

<sup>1</sup> Hier kannst du deinem Standort einen Namen geben. Falls ihr nach einer gewissen Zeit wieder an den gleichen Standort zurückkehrt, ist es wichtig, wieder denselben Namen zu verwenden.

<sup>2</sup> Die Hangneigung kannst du mit einer Hangneigungs-App messen. Die Exposition beschreibt, in welche Himmelsrichtung der Hang „zeigt“. Ein Südhang ist von Norden nach Süden nach unten geneigt und hat damit auf der Nordhalbkugel der Erde oft mehr Sonneneinstrahlung als ein Nordhang.

### Methode

- Spatenprobe                       Bodenbohrer                       Bodengrube

### Der Standort liegt...

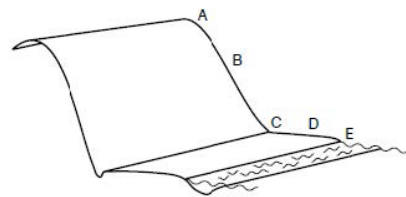
- auf dem Schulgelände                       nicht auf dem Schulgelände

### Andere GLOBE Standorte in der Nähe

- Wetterstation                       keine  
 Bodenfeuchtigkeitsstandort                       andere: \_\_\_\_\_

**Position in der Landschaft** (wähle eine Position auf dem Bild aus):

- A) Kante  
 B) Hang  
 C) Senke  
 D) Ebene  
 E) Flussufer



### Landbedeckung

- Nackter Boden                       Büsche                       Gras  
 Felsen, Steine                       Bäume                       andere: \_\_\_\_\_

**Ausgangsmaterial** (falls bekannt)

- Muttergestein                       Seeablagerung                       Windablagerung  
 organisches Material                       Gletscherablagerung                       andere: \_\_\_\_\_  
 Baumaterial                       Flussablagerung

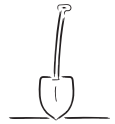
### Landnutzung

- urban (städtisch)                       Wildnis / Natur                       andere: \_\_\_\_\_  
 landwirtschaftlich                       Erholung (z.B. Park)

Distanz des Standorts zu grösseren Objekten (bspw. Häuser, Strassen...): \_\_\_\_\_

Andere spezielle Merkmale des Standorts: \_\_\_\_\_

## Datenblatt 2: Bestimmung der Horizonte (im Feld)



### Benötigtes Material zur Bestimmung der Horizonte

- Datenblatt Bestimmung der Horizonte
- Schreibmaterial
- Messband
- Taschenmesser
- mit Wasser gefüllte Sprühflasche
- ev. Nägel oder Stifte zur Markierung der Horizonte
- Handy oder Kamera, um den Boden zu fotografieren

Datum: \_\_\_\_\_

Name des Messstandortes: \_\_\_\_\_

### Bestimmung der Horizonte

Es ist am einfachsten, die Horizonte zu bestimmen, wenn dein Bodenprofil oder deine Spatenprobe von der Sonne beschienen wird. Kratze mit einem Taschenmesser vorsichtig die Oberfläche des Profils oder der Spatenprobe ab, um sicherzustellen, dass die Horizontabfolge derjenigen im Boden entspricht (kein unerwünschtes Material sollte deine Horizontabfolge überlagern). Falls der Boden trocken ist, besprühe ihn mit der Sprühflasche.

Untersuche den Boden von oben nach unten auf unterscheidbare Merkmale (z.B. Farbe, Festigkeit (dazu das Taschenmesser in den Boden stecken und den Widerstand prüfen), Wurzeln, Textur, Steine, Regenwurmgänge usw.). Markiere den Übergang zwischen zwei Horizonten und besprich die Markierung mit anderen Schüler\*innen und mit deiner Lehrperson. Wenn ihr euch einig seid, messe die Tiefe der Horizonte von oben her (bspw. erster Horizont: 0 – 5 cm, 2. Horizont: 5 – 20 cm usw.) und trage die Resultate in dieses Datenblatt ein. Beachte, dass nicht jeder Boden gleich viele Horizonte aufweist.

Horizont	obere Abgrenzung	untere Abgrenzung
1	0 cm	
2		
3		
4		
5		

### Fotografieren des Bodens und des Standorts

Falls möglich, solltest du den Boden fotografieren, wenn er von der Sonne beschienen wird. Achte darauf, dass auf deinem Foto das Messband sichtbar ist, so dass klar ersichtlich ist, wie mächtig die einzelnen Horizonte sind bzw. die ganze Bodenprobe ist.

Fotografiere zudem die Landschaft, in welcher das Bodenprofil liegt.





**Bodenmessungen Set 2**  
Bodenansprache im Feld



### Datenblatt 3: Bodenbestandteile (im Feld)

#### Benötigtes Material zur Bestimmung der Bodenbestandteile

- Datenblatt Bodenbestandteile
- Schreibmaterial



Datum: \_\_\_\_\_

Name des Messstandortes: \_\_\_\_\_

#### Bestimmung der Wurzeln und Steine

Bestimme für jeden Bodenhorizont (vgl. Datenblatt 2) den Anteil an Wurzeln und Steinen. Dabei kannst du jeweils zwischen den Kategorien „viele“, „wenige“ oder „keine“ auswählen. Die Bilder unten helfen dir beim Entscheiden.

#### Beispiele



keine Wurzeln  
keine Steine



keine Wurzeln  
viele Steine



wenige Wurzeln  
keine Steine



viele Wurzeln  
wenige Steine

Fülle deine Resultate in diese Tabelle ein:

Horizont	Steine	Wurzeln
1		
2		
3		
4		
5		



## Datenblatt 4: Bodenstruktur und -konsistenz (im Feld)

### Benötigtes Material zur Bestimmung der Bodenstruktur und -konsistenz

- Datenblatt Bodenstruktur
- Schreibmaterial



Datum: \_\_\_\_\_

Name des Messstandortes: \_\_\_\_\_

### Bestimmung der Bodenstruktur

Bestimme für jeden Bodenhorizont (vgl. Datenblatt 2) die Bodenstruktur. Dazu nimmst du mit einer Gartenschaufel eine Probe aus dem Horizont und nimmst die Erde dann in die Hand. Betrachte mit anderen Schüler\*innen die Struktur des Bodens. Ihr könnt auch eine Probe auf den Boden fallen lassen, um zu beobachten, welche Formen sich bilden. Einigt euch gemeinsam mit der Lehrperson auf eine der folgenden Strukturen (für jeden Horizont) und tragt die Resultate in die Tabelle am Ende dieses Datenblatts ein:

<p><b>krümelig (körnig)</b> Gleicht Krümeln von Keksen; meist mit einem Durchmesser von weniger als 5 mm. Ist häufig in Horizonten nahe der Oberfläche zu finden, in welchen auch viele Wurzeln vorhanden sind.</p>		
<p><b>blockig (klumpig)</b> Unregelmässige Blöcke, die meist einen Durchmesser von 15 – 50 mm haben.</p>		
<p><b>prismatisch</b> Vertikale Bodensäulen mit eckigen Kanten (im Horizont gut zu sehen), die einige Zentimeter lang sein können. Kommt meist in tieferen Horizonten vor und ist oft ein Zeichen für verdichteten Boden.</p>		
<p><b>säulenförmig</b> Vertikale Bodensäulen mit abgerundeten „Kappen“ am oberen Ende. Ist in Böden in trockenen Klimaten zu finden.</p>		
<p><b>plattig</b> Dünne, flache Bodenplatten, die horizontal im Boden liegen. In verdichteten Böden zu finden.</p>		
<p><b>einzelkörnig</b> Der Boden hat keine der oben genannten Strukturen. Er zerfällt sehr schnell in kleine Partikel, die nicht aneinander haften. Die Probe hat eine lose Konsistenz. Wird üblicherweise in sandigen Böden gefunden.</p>		
<p><b>massiv (kompakt)</b> Der Boden hat keine der oben genannten Strukturen. Er ist kaum aufzubrechen und zeigt sich in grossen Brocken.</p>		



**Bestimmung der Bodenkonsistenz:**

1. Nimm einen Bodenkrümel aus dem zu untersuchenden Horizont (vgl. Datenblatt 2) aus dem Boden.  
Wenn der Boden sehr trocken ist, befeuchte ihn mit dem Wasser aus der Spritzflasche.
2. Halte den Krümel zwischen Daumen und Zeigefinger und drücke ihn, bis er auseinanderfällt.
3. Erfasse eine der folgenden Kategorien für die Konsistenz des Bodenkrümel in der Tabelle unten:
  - **lose:** du hast Mühe, den Krümel herauszunehmen und die Struktur fällt auseinander, bevor du zu hantieren beginnst. Hinweis: einzelkörnige Böden haben immer eine lose Konsistenz.
  - **bröckelig:** der Bodenkrümel zerfällt schon bei wenig Druck.
  - **fest:** der Bodenkrümel verfällt erst mit Druck, so dass der Krümel in deinen Fingern einen Abdruck hinterlässt.
  - **sehr fest:** der Krümel kann mit den Fingern nicht zerdrückt werden.
4. Wiederhole die Schritte 1 – 3 für alle weiteren Horizonte.

Fülle deine Resultate für die Bodenstruktur und -konsistenz in diese Tabelle ein:

Horizont	Bodenstruktur	Bodenkonsistenz
1		
2		
3		
4		
5		



## Datenblatt 5: Korngrößenverteilung / Textur (im Feld)

### Benötigtes Material zur Bestimmung der Korngrößenverteilung

- Datenblatt Korngrößenverteilung (im Feld)
- Schreibmaterial
- Spritzflasche mit Wasser
- evtl. Wasser, um nach der Messung die Hände zu waschen



Datum: \_\_\_\_\_

Name des Messstandortes: \_\_\_\_\_

### Bestimmung der Korngrößenverteilung im Feld

Um eine erste Idee über die Korngrößenverteilung im Feld zu erhalten, kannst du folgende Schritte umsetzen. Um die Korngrößenverteilung genauer zu bestimmen, ist eine aufwändigere Messung im Labor nötig (siehe Datenblatt 10).

Führe folgende Schritte jeweils 1x pro Horizont (vgl. Datenblatt 2) durch:

1. Nimm eine kleine Hand voll Boden eines Horizonts in deine Hände und besprühe ihn mit Wasser, um ihn zu befeuchten. Knete den Boden, bis er feucht ist (nicht nass!). Versuche, eine Kugel zu formen. Wenn du eine Kugel formen kannst, mache bei Schritt 2 weiter. Wenn das nicht möglich ist, ist der Boden stark sandig und die Korngrößenverteilung ist damit fertig abgeschätzt.
2. Nimm die Kugel zwischen Daumen und Zeigefinger und forme sie behutsam zu einem Band. Wenn du ein Band, das länger als 2.5 cm ist, formen kannst, gehe weiter zu Schritt 3. Fällt das Band auseinander, bevor es 2.5 cm lang ist, ist die Abschätzung der Korngrößenverteilung „lehmiger Sand“ – trage dieses Resultat in die Tabelle am Ende dieses Datenblatts ein.
3. Wenn der Boden sehr klebrig ist, schwer zu drücken ist, deine Hände stark färbt, einen Glanz hat und zu einem Band von > 5 cm geformt werden kann, notiere dir das Wort „Ton“ in der Resultatetabelle und gehe dann weiter zu Schritt 4.  
Ist der Boden nur wenig klebrig, nur ein wenig schwer zu drücken und zu einem Band von 2.5 – 5 cm geformt werden kann, notiere dir die Wörter „toniger Lehm“ in der Resultatetabelle und gehe dann weiter zu Schritt 4.  
Ist der Boden fein, leicht zu drücken und höchstens leicht klebrig ist, notiere dir das Wort „Lehm“ in der Resultatetabelle und gehe dann weiter zu Schritt 4.
4. Feuchte einen kleinen Teil der Probe in deiner Hand erneut an und zerreiße sie. Fühlt sich der Boden körnig (sandig) an, notiere dir das Wort „sandig“ an erster Stelle in der Resultatetabelle. Dein Boden ist damit entweder „sandiger Ton“, „sandig toniger Lehm“ oder „sandiger Lehm“.  
Fühlt sich der Boden sehr fein an, ohne körnig zu sein, notiere dir das Wort „schluffig“ an erster Stelle in der Resultatetabelle. Dein Boden ist damit entweder „schluffiger Ton“, „schluffig toniger Lehm“ oder „schluffiger Lehm“.  
Fühlt sich der Boden nur wenig körnig (sandig) an, ist die abgeschätzte Korngrößenverteilung entweder „Ton“, „toniger Lehm“ oder „Lehm“ – je nach dem, was in deiner Resultatetabelle steht.
5. Wiederhole das Vorgehen von oben für jeden weiteren Horizont.

Fülle deine Resultate zur geschätzten Korngrößenverteilungs-Klasse in diese Tabelle ein:

Horizont	geschätzte Korngrößenverteilungs-Klasse
1	
2	
3	
4	
5	



## Datenblatt 6: Bodenfarbe (im Feld)

### Benötigtes Material zur Bestimmung der Bodenfarbe

- Datenblatt Bodenfarbe
- Schreibmaterial
- Buch mit Bodenfarben (bei [GLOBE](#) ausleihen)
- Spritzflasche mit Wasser
- evtl. Taschenmesser



Datum: \_\_\_\_\_

Name des Messstandortes: \_\_\_\_\_

### Bestimmung der Bodenfarbe (Haupt- und Sekundärfarbe)

Führe für jeden Bodenhorizont (vgl. Datenblatt 2) die folgenden Schritte aus:

1. Nimm mit der Hand oder mit einem Taschenmesser einen Bodenkrümel aus dem zu untersuchenden Horizont.
2. Ist der Krümel trocken, befeuchte ihn mithilfe der Spritzflasche leicht.
3. Breche den Krümel auf und halte ihn neben die Bodenfarbenskala. Stehe so, dass dir die Sonne über die Schulter auf den Krümel und die Farbskala scheint. Bestimme dann die Farbe, die der dominanten Farbe (=der Farbe, die im Krümel am häufigsten ist) am besten entspricht. Besprich deine Wahl mit anderen Schüler\*innen. Einigt euch gemeinsam auf die am besten passende Farbe.
4. Notiere den Farbcode der ausgewählten Farbe in der Spalte „Hauptfarbe“ in der Tabelle auf diesem Datenblatt.
5. Wenn dein Krümel nur eine Farbe aufweist, kannst du den Schritt 6 überspringen.
6. Falls im Krümel noch weitere Farben vorkommen, bestimmst du anschliessend die Farbe, die im Krümel am zweithäufigsten vorkommt. Gehe dabei identisch vor wie oben beschrieben und notiere den Farbcode in der Spalte „Sekundärfarbe“ in der Tabelle unten.
7. Bestimme anschliessend die Farbe(n) im nächsten Horizont (Schritte 1 – 6).

Fülle deine Resultate in diese Tabelle ein:

Horizont	Hauptfarbe	Sekundärfarbe
1		
2		
3		
4		
5		



Der Farbkreis gibt den Farbton an.


### Erklärung zu den Farbcodes

Bei GLOBE wird das weltweit gültige Munsell-Farbsystem verwendet, um die Bodenfarben zu bestimmen. Das System besteht aus Symbolen, die den Farbton, die Intensität (= Sättigung) und die Dunkelstufe der Bodenfarbe beschreiben.

- Der Farbton ist durch die ersten Zeichen im Munsell-Farbcode beschrieben. Der Farbton beschreibt die Position der Farbe auf dem Farbkreis (Y = yellow, R = red, G = green, B = blue, YR = yellow red usw.).
- Die Dunkelstufe ist die Zahl vor dem Schrägstrich im Munsell-Farbsystem. Sie gibt einen Wert von 0 für reines Schwarz bis 10 für reines Weiss.
- Die Intensität (= Sättigung) ist die Zahl nach dem Schrägstrich im Munsell-Farbsystem. Farben mit hoher Intensität sind kräftig, während Farben mit tiefer Intensität schwach sind.



Oben ist die Dunkelstufe, unten die Sättigung einer Farbe dargestellt.

 Beispiel: die Farbe 7,5 YR 8/3 ist ein Gelb-Rot, welches zu Gelb tendiert, eine hohe Helligkeit hat und mittel gesättigt erscheint

## Datenblatt 7: Freie Karbonate (im Feld)

### Benötigtes Material zur Bestimmung der freien Karbonate

- Datenblatt freie Karbonate
- Schreibmaterial
- Gartenschaufel
- Säure (z.B. Essig oder verdünnte Salzsäure) in einer Spritzflasche



Datum: \_\_\_\_\_

Name des Messstandortes: \_\_\_\_\_

### Bestimmung der freien Karbonate im Boden

Führe für jeden Bodenhorizont (vgl. Datenblatt 2) die folgenden Schritte aus:

1. Nimm mit einer Gartenschaufel eine Probe aus dem Horizont. Berühre die Probe nicht mit deinen Händen, da dies das Resultat verfälscht.
2. Lege die Bodenprobe auf den Boden neben der Stelle der Probenahme und gebe mit der Spritzflasche etwas Säure darauf. Sei vorsichtig, dass dir keine Säure in die Augen gelangt.
3. Beobachte, ob sich nach Hinzufügen der Säure Schaum bildet oder nicht. Halte das Resultat (kein Schaum, wenig Schaum, viel Schaum) in der Resultatetabelle fest. Bildet sich kein Schaum, bedeutet das, dass dein Horizont keine freien Karbonate enthält; bildet sich wenig oder viel Schaum, bedeutet das, dass dein Horizont wenige oder viele freie Karbonate enthält.
4. Führe die Schritte 1–3 für jeden weiteren Horizont durch.

Fülle deine Resultate in diese Tabelle ein:

Horizont	Schaumbildung bei Säurezugabe
1	
2	
3	
4	
5	



## Zusammenfassung: Bodenansprache im Feld (Sets 1 und 2)

Datum der Messungen: \_\_\_\_\_

Name des Messstandortes: \_\_\_\_\_

Trage deine Resultate aus den Datenblättern 1 – 7 in diese Übersichtstabelle ein:

<b>Horizont Nummer</b>	<b>Horizont Abgrenzung</b> [von, bis in cm]	<b>Steine</b> [keine/wenige/viele]	<b>Wurzeln</b> [keine/wenige/viele]	<b>Struktur</b>	<b>Konsistenz</b>	<b>Farbe(n)</b> [Haupt- und Sekundärfarbe]	<b>Textur</b>	<b>Freie Karbonate</b> [keine/wenige/viele]
1								
2								
3								
4								
5								

Diese Ergebnisse kannst du nun in die internationale Datenbank von GLOBE eingeben. Wenn du nicht alle Spalten ausgefüllt hast, kannst du die entsprechenden Felder in der Datenbank ebenfalls leer lassen.

Lade auch deine Fotos zum Standort in der internationalen Datenbank von GLOBE hoch.



**Bodenmessungen Set 3**  
Wiederholte Messungen



## Datenblatt 8: Bodentemperatur (im Feld)



### Benötigtes Material zur Messung der Bodentemperatur

- Datenblatt Bodentemperatur
- Schreibmaterial und Notizblatt
- Messband oder Massstab
- Wasserfester Filzstift
- 1 langer (mind. 15 cm) Nagel
- Hammer
- Bodenthermometer (bei [GLOBE](#) ausleihen)
- Stoppuhr (oder Smartphone)
- evtl. weiteres Material zur Eichung des Bodenthermometers

Name des Messstandortes: \_\_\_\_\_

### Eichung der Bodenthermometer

Für Informationen zur Wartung und Lagerung des Messgerätes, welches du verwendest, musst du die Anleitungen des Herstellers befolgen. Nur so ist deine Messung richtig und aussagekräftig. Bodenthermometer sollten vor dem ersten Gebrauch und danach weiterhin regelmässig geeicht werden.

### Allgemeine Hinweise

Du kannst die Messzeitpunkte der Bodentemperatur gemeinsam mit deiner Lehrperson bestimmen. Spannend sind z.B. Messungen im Abstand von 2h über einen Tag verteilt, oder tägliche Messungen (zur gleichen Tageszeit) über mehrere Tage hinweg. Auch 4 Messungen übers Jahr verteilt können interessant sein.

Du misst die Bodentemperatur immer auf 5 cm und auf 10 cm Tiefe. Jede Messung wird pro Messzeitpunkt 3 x durchgeführt, um verlässliche Resultate zu erhalten. Pro Messzeitpunkt erfasst du in der internationalen Datenbank also je drei Messungen pro Tiefe (sog. „Samples“ – in der Resultatetabelle am Ende dieses Datenblatts mit Messung A, B und C bezeichnet).

### Vorbereitung im Feld

Damit du die Messung der Bodentemperatur auf 5 cm und auf 10 cm Tiefe messen kannst, ist es wichtig, die genaue Tiefe zu kennen. Da das Bodenthermometer die Temperatur meist 2 cm über der Spitze misst (beachte die Informationen des Herstellers – und passe die Zahlen eventuell an!), musst du das Thermometer für die Messung auf 5 cm Tiefe genau 7 cm tief in den Boden stecken; für die Messung auf 10 cm Tiefe sollte das Thermometer 12 cm weit im Boden stecken. Da das Thermometer beim Einführen in den Boden brechen kann, nutzt du einen Nagel, um das Loch vorzubereiten. Zeichne dazu vom unteren Ende des Nagels her jeweils bei 7 und bei 12 cm mit dem wasserfesten Filzstift einen Strich auf den Nagel. Zur besseren Kontrolle kannst du das Gleiche auch direkt auf deinem Bodenthermometer vornehmen – sprich dich dazu mit deiner Lehrperson ab.

### Art des Bodenthermometers

Zeigerthermometer       Digitalthermometer       Anderes: \_\_\_\_\_

### Messung im Feld

Führe folgende Schritte für jeden Messzeitpunkt dreimal durch. Deine Messungen sollten nicht weiter als 25 cm auseinander liegen und in möglichst unberührtem Boden durchgeführt werden (vermeide die Stellen, an denen du das Profil gegraben oder die Spatenprobe gemacht hast!).

1. Schlage den Nagel mit dem Hammer bis zur 7 cm-Markierung vorsichtig in den Boden und nimm dann den Nagel vorsichtig, mit einer drehenden Bewegung wieder heraus. Wenn der Boden aufreisst, musst du ein neues Loch machen. Merke dir die Stelle mit dem Loch.
2. Führe das Bodenthermometer in das Loch und vergewissere dich, dass sich die 7 cm-Markierung auf dem Bodenthermometer (falls vorhanden) genau auf der Höhe des Bodens befindet. Lass das Thermometer im Boden stehen. Starte die Stoppuhr und warte, bis 2 Minuten vorbei sind.
3. Nach 2 Minuten notierst du dir die Temperatur, die das Bodenthermometer anzeigt, auf ein Notizblatt. Nach einer weiteren Minute (insgesamt nach 3 Minuten) notierst du dir die Temperatur erneut. Liegen deine beiden Werte weniger als 1 °C auseinander, kannst das Resultat der zweiten Messung in der Resultatetabelle am Ende dieses Datenblatts erfassen, den 4. Schritt überspringen und bei 5. weitermachen. Ansonsten musst du Schritt 4 durchführen.

4. Wenn deine beiden Werte mehr als 1 °C auseinanderliegen, nimmst du weiterhin jede Minute den Messwert auf (notiere die Messwerte nacheinander auf deinem Notizblatt) – so lange, bis zwei aufeinanderfolgende Messungen weniger als 1 °C auseinander liegen. Ist das der Fall, trage das Resultat der letzten Messung in die Resultatetabelle am Ende dieses Datenblatts ein.
5. Ziehe das Thermometer aus dem Loch, führe den Nagel wieder in das Loch ein und schlage ihn bis zur 12 cm-Markierung in den Boden. Entferne ihn wiederum vorsichtig mit einer Drehbewegung, um den Boden um das Loch herum nicht zu stören. Führe das Thermometer in das nun tiefere Loch ein und vergewissere dich, dass sich die 12 cm-Markierung auf dem Bodenthermometer (falls vorhanden) genau auf der Höhe des Bodens befindet. Lass das Thermometer im Boden stehen und starte die Stoppuhr.
6. Wiederhole nun die Schritte 1 – 3 oder 1 – 4 für die zweite Bodentiefe. Notiere dir die Resultate in der Resultatetabelle am Ende dieses Datenblatts.
7. Wiederhole die Schritte 1 – 6 an zwei weiteren Stellen in der Nähe der ersten Messung.

Trage deine Resultate zur Bodentemperatur in dieser Tabelle ein (pro Tiefe jeweils den letzten Messwert eintragen, sobald er weniger als 1 °C vom vorletzten Messwert entfernt liegt):

Mess-Zeitpunkt	Datum / Uhrzeit	Messung A		Messung B		Messung C	
		Temperatur auf 5 cm Tiefe [° C]	Temperatur auf 10 cm Tiefe [° C]	Temperatur auf 5 cm Tiefe [° C]	Temperatur auf 10 cm Tiefe [° C]	Temperatur auf 5 cm Tiefe [° C]	Temperatur auf 10 cm Tiefe [° C]
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

Deine Ergebnisse kannst du nun in der internationalen Datenbank von GLOBE erfassen. Pro Messzeitpunkt fügst du in der Datenbank eine Temperaturmessung hinzu.



## Datenblatt 9: Bodenfeuchtigkeit (im Feld und im Labor)



### Benötigtes Material zur Messung der Bodenfeuchtigkeit

im Feld:

- Datenblatt Bodenfeuchtigkeit
- Schreibmaterial inkl. wasserfester Filzstift
- je nach Probenahme-Methode 5 – 6 gut verschliessbare Probebehälter<sup>1</sup>
- Gartenschaufel
- Massstab
- Gartenschere, um die Vegetation auf dem Boden zu entfernen
- Bodenbohrer – *nur für die Probenahme im Tiefenprofil*

im Labor:

- Waage (auf 0.1 g genau)
- Ofen zum Trocknen der Proben

<sup>1</sup> Falls die Proben in der Mikrowelle getrocknet werden sollen, müssen die Behälter mikrowellenfest sein.

Datum: \_\_\_\_\_

Name des Messstandortes: \_\_\_\_\_

### Allgemeine Hinweise

Die Bodenfeuchtigkeit wird bei GLOBE bestimmt, indem das Feuchtgewicht des Bodens mit seinem Trocken-  
gewicht verglichen wird. Es gibt zwei Möglichkeiten zur Probenahme:

- Sternförmige Probenahme (6 Probebehälter; jeweils 2 beprobte Tiefen an drei Probestellen)
- Probenahme im Tiefenprofil (5 Probebehälter; 5 beprobte Tiefen an einer Probestelle)

Besprich mit deiner Lehrperson, welche Art der Probenahme du durchführen möchtest. Die Schritte „Vor-  
bereitung“ und „Messung im Labor“ führst du bei jeder Probenahme identisch durch; von den Kapiteln  
„**Sternförmige Probenahme (im Feld)**“ und „**Probenahme im Tiefenprofil (im Feld)**“ suchst du dir das  
entsprechende aus und überspringst das jeweils andere. Ebenso wählst du am Ende dieses Datenblatts nur  
die Resultatetabelle aus, die der gewählten Probenahme-Methode entspricht.

Du kannst die Messzeitpunkte der Bodenfeuchtigkeit gemeinsam mit deiner Lehrperson bestimmen. Spann-  
end sind z.B. Messungen im Abstand von einem Tag, einer Woche oder einem Monat. Pro Messzeitpunkt  
füllst du jeweils eine der Resultatetabellen (entsprechend der gewählten Methode) aus.

### Vorbereitung

Bestimme das Gewicht deiner Probebehälter ohne Deckel und notiere es mit dem wasserfesten Filzstift  
direkt auf die jeweiligen Behälter.

### Sternförmige Probenahme (im Feld)

Bei der sternförmigen Probenahme gräbst du insgesamt 3 Löcher, die ca. 25 cm voneinander entfernt lie-  
gen. Wähle zuerst den Standort für das erste Loch aus und entferne dich danach in zwei Richtungen vom  
ersten Loch. Führe folgende Schritte für jedes Loch aus:

1. Entferne auf einer Fläche mit ca. 10 – 15 cm Durchmesser die Vegetation mit der Gartenschere.
2. Grabe mit der Gartenschaufel ein Loch von 5 cm Tiefe und lasse das Bodenmaterial lose im Loch liegen.  
Kontrolliere mit dem Massstab, ob du wirklich 5 cm weit gegraben hast.
3. Entferne aus dem losen Material alle Steine, die grösser als 5 mm sind, alle Wurzeln und alle Bodentiere  
(soweit sichtbar). Fülle dann mit der Gartenschaufel mindestens 100 g losen Boden in einen Probebe-  
hälter und verschliesse ihn sofort, damit kein Wasser verdunstet. Beschrifte den Probebehälter mit der  
Lochnummer (I–III) und der Tiefe, auf welcher du das Bodenmaterial entnommen hast.
4. Entferne mit der Gartenschaufel das Bodenmaterial bis auf eine Tiefe von 8 cm (lege das Material  
neben das Loch). Grabe dann mit der Gartenschaufel bis auf eine Tiefe von 12 cm (kontrolliere die  
Tiefen mit dem Massstab) und lasse das Material aus 8 – 12 cm Tiefe lose im Loch liegen.

- Entferne auch aus diesem losen Bodenmaterial die Steine, Wurzeln und Bodentiere und fülle danach wiederum mind. 100 g Boden in einen Probebehälter. Verschliesse den Behälter sofort, damit kein Wasser verdunstet. Beschrifte den Probebehälter mit der Lochnummer (I–III) und der Tiefe, auf welcher du das Bodenmaterial entnommen hast.
- Fülle das Material, welches neben dem Loch liegt, wieder in das Loch und trete den Boden mit den Schuhen fest.
- Führe die Schritte 1 – 6 für zwei weitere Löcher durch.

### Probenahme im Tiefenprofil (im Feld)

Bei der Probenahme im Tiefenprofil nimmst du verschiedene Proben in unterschiedlichen Tiefen an einer Probestelle. Dazu brauchst du 5 Behälter, die du mit den römischen Zahlen I – V durchnummerierst.

- Entferne auf einer Fläche mit ca. 10 – 15 cm Durchmesser die Vegetation mit der Gartenschere.
- Grabe mit der Gartenschaufel ein Loch von 5 cm Tiefe und lasse das Bodenmaterial lose im Loch liegen. Kontrolliere mit dem Massstab, ob du wirklich 5 cm weit gegraben hast.
- Entferne aus dem losen Material alle Steine, die grösser als 5 mm sind, alle Wurzeln und alle Bodentiere (soweit sichtbar). Fülle dann mit der Gartenschaufel mindestens 100 g losen Boden in den Probebehälter der Nummer I und verschliesse ihn sofort, damit kein Wasser verdunstet. Lagere den Behälter an einem schattigen, kühlen Ort.
- Entferne mit der Gartenschaufel das Bodenmaterial bis auf eine Tiefe von 8 cm (lege das Material neben das Loch). Grabe dann mit der Gartenschaufel bis auf eine Tiefe von 12 cm (kontrolliere die Tiefen mit dem Massstab) und lasse das Material aus 8 – 12 cm Tiefe lose im Loch liegen.
- Entferne auch aus diesem losen Bodenmaterial die Steine, Wurzeln und Bodentiere und fülle danach wiederum mind. 100 g Boden in den Probebehälter der Nummer II. Verschliesse den Behälter sofort, damit kein Wasser verdunstet.
- Nimm nun den Bodenbohrer zur Hilfe, um Proben aus den Tiefen 30 cm, 60 cm und 90 cm zu erhalten. Entferne auch aus diesen Proben jeweils die Steine, Wurzeln und Bodentiere, bevor du die Proben nach Tiefe getrennt in die Behälter III – V füllst (auch hier gilt: mindestens 100 g Boden pro Behälter; dazu musst du mit dem Bodenbohrer mehrmals bohren).
- Fülle das Material, welches neben dem Loch liegt, wieder in das Loch und trete den Boden mit den Schuhen fest.

### Vorbereitung im Labor

Schalte die Waage ein und vergewissere dich, dass sie ein Gewicht von 0.0 g anzeigt. Wäge danach das Gewicht jedes Probebehälters mit der Bodenprobe (ohne Deckel) und trage es in die Resultatetabelle deiner gewählten Probenahme-Methode ein (bei „Feuchtwicht Probe + Behälter“).

### Probenaufbereitung im Labor

Trockne anschliessend die Probe in einem Ofen. Dazu stehen dir folgende Methoden zur Verfügung – kreuze an, welche du angewendet hast. Gib zudem an, wie lange du die Proben getrocknet hast (in einem Ofen geschieht das üblicherweise über Nacht).

#### Methode Trocknung

- 95 – 105 °C im Ofen                     
  75 – 95 °C im Ofen                     
  Mikrowellenofen

Dauer der Trocknung: \_\_\_\_\_

### Messung im Labor

Führe nun die folgenden Schritte jeweils für jede Bodenprobe einzeln aus:

- Wäge das Trockengewicht der Probe (mit Behälter, ohne Deckel) und trage es in die Resultatetabelle deiner ausgewählten Probenahme-Methode bei „Trockengewicht Probe + Behälter“ ein.
- Übertrage das Leergewicht der Behälter mit den entsprechenden Bezeichnungen (bspw. Lochnummer oder Bodentiefe) in die deiner ausgewählten Probenahme-Methode – das Leergewicht hast du am Anfang bestimmt und es sollte mit wasserfestem Filzstift auf jedem Behälter stehen.
- Berechne den Bodenwassergehalt mit dieser Formel und notiere das Resultat in der Resultatetabelle:

$$\text{Bodenwassergehalt} = \frac{(\text{Feuchtwicht} - \text{Trockengewicht})}{(\text{Trockengewicht} - \text{Behältergewicht})}$$



### Resultatetabelle für die sternförmige Probenahme

Falls du die sternförmige Probenahme-Methode ausgewählt hast, kannst du deine Resultate in dieser Tabelle festhalten und die Resultate danach in der GLOBE-Datenbank eingeben:

Loch Nummer	Bodentiefe	Leergewicht Behälter <sup>1</sup> [g]	Feuchtgewicht Probe + Behälter <sup>1</sup> [g]	Trockengewicht Probe + Behälter <sup>1</sup> [g]	Bodenwassergehalt [g/g]
I	0 – 5 cm				
	8 – 12 cm				
II	0 – 5 cm				
	8 – 12 cm				
III	0 – 5 cm				
	8 – 12 cm				

<sup>1</sup> ohne Deckel

### Resultatetabelle für die Probenahme im Tiefenprofil

Falls du die Probenahme-Methode „Tiefenprofil“ ausgewählt hast, kannst du deine Resultate in dieser Tabelle festhalten und die Resultate danach in der GLOBE-Datenbank eingeben:

Bodentiefe	Leergewicht Behälter <sup>1</sup> [g]	Feuchtgewicht Probe + Behälter <sup>1</sup> [g]	Trockengewicht Probe + Behälter <sup>1</sup> [g]	Bodenwassergehalt [g/g]
0 – 5 cm				
8 – 12 cm				
30 cm				
60 cm				
90 cm				

<sup>1</sup> ohne Deckel



## **Bodenmessungen Set 4**

Anspruchsvolle Messungen im Labor



## Datenblatt 10: Bodendichte (im Feld und im Labor)

### Benötigtes Material zur Messung der Bodendichte

im Feld:

- Datenblatt Bodendichte
- Schreibmaterial inkl. wasserfester Filzstift
- ca. 15 dünnwandige, stabile Behälter mit bekanntem Volumen (verschlussbar und luftdurchlässig<sup>1</sup>)
- Holzbrett (ca. 20 cm x 20 cm x 3 cm)
- Hammer
- Gartenschaufel
- Wasser in einer Spritzflasche

im Labor:

- Waage (auf 0.1 g genau)
- Ofen zum Trocknen der Proben
- Sieb mit 2 mm Maschenweite
- Latexhandschuhe

<sup>1</sup> Falls der Behälter nicht luftdurchlässig ist, stanze mit einer spitzen Schere, mit einer Aale oder mit einem Nagel mehrere kleine Löcher in den Boden.

Datum: \_\_\_\_\_

Name des Messstandortes: \_\_\_\_\_

### Vorbereitung

Bestimme das Gewicht deiner Behälter ohne Deckel, sowie ihr Volumen. Falls sich das Gewicht und das Volumen für die verschiedenen Behälter unterscheiden, schreibst du die Angaben am besten direkt auf die jeweiligen Gefäße (Leergewicht ohne Deckel; Volumen).

### Probenahme im Feld

Die Bodendichte wird pro Horizont bestimmt. Um möglichst genaue Ergebnisse zu erhalten, werden pro Horizont drei Proben genommen.

Kontrolliere vor der Probenahme, dass der Boden feucht ist. Falls er trocken ist, benetze ihn mit der Spritzflasche. Drücke danach für die Probenahme den Behälter (mit dem Boden oben) in den zu untersuchenden Bodenhorizont. Der Behälter sollte vollständig in den Boden gedrückt sein (ganzer Behälter mit Erde gefüllt). Das erkennst du daran, dass der Boden durch die Löcher durch sichtbar ist. Wenn du es nicht von Hand schaffst, den Behälter ganz einzudrücken, lege das Holzbrett über den Behälter und schlage mit dem Hammer auf den Behälter, um ihn ganz einzudrücken. So wird der Schlag des Hammers auf den Probenbehälter verteilt und du verringerst die Gefahr, dass der Behälter kaputt geht.



Grabe als nächstes mit einer Gartenschaufel den Boden rund um den Behälter weg, bis du den Behälter ganz einfach (mit der Erde) herauslösen kannst. Schabe den Boden bis auf die Ränder des Behälters ab, so dass das Bodenvolumen dem Volumen des Behälters entspricht. Verschliesse den Behälter mit einem Deckel. Beschrifte ihn mit der Horizontnummer und dem Buchstaben A.

Gehe identisch vor, um von jedem Horizont drei Proben zu nehmen. Die zweite Probe eines Horizonts wird mit dem Buchstaben B, die dritte mit dem Buchstaben C beschriftet.

### Vorbereitungen im Labor

Deine Resultate der Messungen im Labor kannst du direkt in die Resultatetabelle auf der nächsten Seite eintragen. Falls deine Behälter alle ein anderes Leergewicht ohne Deckel bzw. Volumen hatten, übertrage diese Werte ebenfalls in die Tabelle. Ansonsten kannst du in der Tabelle jeweils für alle Behälter die gleichen Werte bei „Leergewicht ohne Deckel“ bzw. „Volumen“ angeben.

Schalte die Waage ein und vergewissere dich, dass sie ein Gewicht von 0.0 g anzeigt. Wäge danach das Gewicht jedes Probenbehälters mit der Bodenprobe (ohne Deckel) und trage es in die Resultatetabelle ein.



## Probenaufbereitung im Labor

Trockne anschliessend die Probe in einem Ofen. Dazu stehen dir folgende Methoden zur Verfügung – kreuze an, welche du angewendet hast. Gib zudem an, wie lange du die Proben getrocknet hast (in einem Ofen geschieht das üblicherweise über Nacht).

### Methode Trocknung

95 – 105 °C im Ofen                       75 – 95 °C im Ofen                       Mikrowellenofen

Dauer der Trocknung: \_\_\_\_\_

### Messung im Labor

Führe nun die folgenden Schritte jeweils für jede Bodenprobe einzeln aus:

1. Miss das Trockengewicht der Probe (mit Behälter, ohne Deckel) und trage es in die Resultatetabelle bei „Trockengewicht Probe + Behälter“ ein.
2. Stelle das Sieb auf ein Blatt Papier und gebe die Bodenprobe in das Sieb. Ziehe dir Latex-Handschuhe an, um die Probe nicht mit den Säuren an deiner Hand zu verunreinigen. Drücke dann das Material sorgfältig durch das Sieb auf das Papier.
3. Fülle die gesiebte Probe eventuell für spätere Analysen in Plastikbeutel, welche du wieder mit der Horizontnummer und dem Buchstaben A, B, oder C beschriftest, welcher auf dem Behälter stand. Falls du mehrere Standorte beprobt hast, notiere dir ebenfalls den Standortnamen auf dem Plastikbeutel und bewahre ihn bis zur weiteren Analyse an einem sicheren und trockenen Ort auf.
4. Wenn Steine im Sieb sind, musst du folgende Schritte umsetzen, um die Berechnung der Bodendichte zu korrigieren: Miss das Gewicht der Steine und notiere diesen Wert in der Resultatetabelle. Fülle danach 30 ml Wasser in einen 1l-Messbecher. Fülle nun die Steine in den Messbecher und lese den Wasserstand auf der Skala ab. Subtrahiere von diesem Wert 30 ml (das Volumen des Wassers) und notiere das Resultat bei „Volumen der Steine“ in der Resultatetabelle.
5. Leere das Sieb und fahre mit der nächsten Probe fort (Schritt 1).



### Berechnung der Bodendichte

In der Resultatetabelle solltest du nun alle Angaben ausser die letzten zwei Spalten ausgefüllt haben. Berechne nun das Trockengewicht des Bodens für jede Probe, indem du vom *Trockengewicht Probe + Behälter* das *Leergewicht des Behälters* abziehst. Die Bodendichte kannst du anschliessend mit folgender Formel berechnen:

$$\text{Bodendichte} = \frac{\text{Trockengewicht des Bodens} - \text{Gewicht der Steine}}{\text{Volumen des Bodens} - \text{Volumen der Steine}}$$

Addiere anschliessend die Bodendichte der drei Proben (A, B, C) pro Horizont und teile sie durch drei, um den Durchschnitt der Bodendichte pro Horizont zu bestimmen. Damit sind deine Resultate verlässlich und kleine Ungenauigkeiten können „korrigiert“ werden.



Trage deine Resultate zur Bodendichte in diese Tabelle ein:

Horizont	Probe	Leerge- wicht Behälter <sup>1</sup> [g]	Volumen Behälter [ml] bzw. [cm <sup>3</sup> ]	Feuchtge- wicht Probe + Behälter <sup>1</sup> [g]	Trockenge- wicht Probe + Behälter <sup>1</sup> [g]	Gewicht der Steine [g]	Volumen der Steine [ml] bzw. [cm <sup>3</sup> ]	Trocken- gewicht Boden [g]	Boden- dichte [g/ml] bzw. [g/cm <sup>3</sup> ]
1	A								
	B								
	C								
	Durchschnitt								
2	A								
	B								
	C								
	Durchschnitt								
3	A								
	B								
	C								
	Durchschnitt								
4	A								
	B								
	C								
	Durchschnitt								
5	A								
	B								
	C								
	Durchschnitt								

<sup>1</sup> ohne Deckel

## Datenblatt 11: Partikeldichte (im Feld und im Labor)

### Benötigtes Material zur Messung der Partikeldichte

im Feld (falls die getrockneten und gesiebten Proben noch nicht vorhanden sind)

- Datenblatt Partikeldichte
- Schreibmaterial inkl. wasserfester Filzstift
- ca. 15 dünnwandige, stabile Behälter mit bekanntem Volumen (verschliessbar und luftdurchlässig<sup>1</sup>)
- Holzbrett (ca. 20 cm x 20 cm x 3 cm)
- Hammer
- Gartenschaufel
- Wasser in einer Spritzflasche

im Labor:

- Waage (auf 0.1 g genau)
- Ofen zum Trocknen der Proben (falls die Proben noch nicht vorhanden sind)
- Sieb mit 2 mm Maschenweite (falls die Proben noch nicht vorhanden sind)
- Latexhandschuhe (falls die Proben noch nicht vorhanden sind)
- ca. 100 ml destilliertes Wasser pro Probe in einer Spritzflasche
- Heizplatte oder Bunsenbrenner (oder andere Hitzequelle)
- Topflappen oder hitzebeständige Handschuhe
- pro Horizont drei 100 ml Erlenmeyerkolben (oder volumetrische Gefässe) mit Deckel oder Stopfen
- kleiner Trichter



<sup>1</sup> Falls der Behälter nicht luftdurchlässig ist, stanze mit einer spitzen Schere, mit einer Aale oder mit einem Nagel mehrere kleine Löcher in den Boden.

Datum: \_\_\_\_\_

Name des Messstandortes: \_\_\_\_\_

### Allgemeine Hinweise

Falls du schon über gesiebte und getrocknete Bodenproben verfügst, kannst du die Schritte „Probenahme im Feld“, „Probenaufbereitung im Labor“ und „Methode Trocknung“ in diesem Datenblatt überspringen. Wenn du noch keine getrockneten und gesiebten Bodenproben hast, führst du alle Schritte in diesem Protokoll aus.

### Probenahme im Feld

Die Partikeldichte wird pro Horizont bestimmt. Um möglichst genaue Ergebnisse zu erhalten, werden pro Horizont drei Proben genommen.

Führe nun die folgenden Schritte jeweils für jeden Bodenhorizont dreimal aus:

1. Kontrolliere vor der Probenahme, dass der Boden feucht ist. Falls er trocken ist, benetze ihn mit der Spritzflasche.
2. Drücke den Behälter (mit dem Boden oben) in den zu untersuchenden Bodenhorizont. Der Behälter sollte vollständig in den Boden gedrückt sein (ganzer Behälter mit Erde gefüllt). Das erkennst du daran, dass der Boden durch die Löcher durch sichtbar ist. Wenn du es nicht von Hand schaffst, den Behälter ganz einzudrücken, lege das Holzbrett über den Behälter und schlage mit dem Hammer auf den Behälter, um ihn ganz einzudrücken. So wird der Schlag des Hammers auf den Probenbehälter verteilt und du verringerst die Gefahr, dass der Behälter kaputt geht.
3. Grabe mit einer Gartenschaufel den Boden rund um den Behälter weg, bis du den Behälter ganz einfach (mit der Erde) herauslösen kannst.
4. Schabe den Boden bis auf die Ränder des Behälters ab, so dass das Bodenvolumen dem Volumen des Behälters entspricht. Verschliesse den Behälter mit einem Deckel. Beschrifte ihn mit der Horizontnummer und dem Buchstaben A für die erste Probe des Horizonts, B für die zweite Probe des Horizonts oder C für die dritte Probe des Horizonts.
5. Wiederhole die Schritte 1 – 4, bis du von jedem Horizont drei Proben hast.



### Probenaufbereitung im Labor

Trockne die Proben einzeln in einem Ofen. Dazu stehen dir folgende Methoden zur Verfügung – kreuze an, welche du angewendet hast. Gib zudem an, wie lange du die Proben getrocknet hast (in einem Ofen geschieht das üblicherweise über Nacht).



### Methode Trocknung

95 – 105 °C im Ofen

75 – 95 °C im Ofen

Mikrowellenofen

Dauer der Trocknung: \_\_\_\_\_

### Messung im Labor

Führe nun die folgenden Schritte jeweils für jede Bodenprobe einzeln aus:

1. Stelle das Sieb auf ein Blatt Papier und gebe die Bodenprobe in das Sieb. Ziehe dir Latex-Handschuhe an, um die Probe nicht mit den Säuren an deiner Hand zu verunreinigen. Drücke dann das Material sorgfältig durch das Sieb auf das Papier.
2. Fülle die gesiebte Probe für spätere Analysen in Plastikbeutel, welche du wieder mit der Horizontnummer und dem Buchstaben A, B, oder C beschriftest, welcher auf dem Behälter stand. Falls du mehrere Standorte beprobt hast, notiere dir ebenfalls den Standortnamen auf dem Plastikbeutel.
3. Leere das Sieb und fahre mit der nächsten Probe fort (Schritt 1).



Die Probenahme und -aufbereitung ist nun abgeschlossen. Du kannst die Bestimmung der Partikeldichte direkt anschliessend oder auch zu einem späteren Zeitpunkt durchführen. Wenn du die Partikeldichte später bestimmen möchtest, lagere die Plastikbeutel an einem sicheren und trocknen Ort.

### Bestimmung der Partikeldichte

Trage hier ein, wie lange deine Probe zwischen der Probenahme und heute gelagert wurde:

Dauer der Lagerung der Proben: \_\_\_\_\_ Tage

Führe nun die folgenden Schritte jeweils für jede Bodenprobe einzeln aus:

1. Fülle destilliertes Wasser in die Spritzflasche.
2. Beschrifte einen leeren Erlenmeyerkolben mit dem Horizont und der Nummer der Bodenprobe.
3. Wäge das Gewicht des leeren Erlenmeyerkolbens ohne Stopfen (Deckel) und trage dieses Gewicht in die Resultatetabelle am Ende dieses Datenblatts ein.
4. Lasse den leeren Erlenmeyerkolben auf der Waage stehen. Tariere die Waage (= stelle sie auf 0.0 g). Stelle den Trichter in den Erlenmeyerkolben. Fülle vorsichtig 25 g einer getrockneten und gesiebten Bodenprobe in den Erlenmeyerkolben. Wenn die Waage ohne Trichter 25.0 g anzeigt, kannst du den Kolben von der Waage nehmen.
5. Spritze den Hals des Kolbens mit destilliertem Wasser ab, damit alles Bodenmaterial (und etwas destilliertes Wasser) auf dem Boden des Kolbens landen. Gib ca. 50 ml destilliertes Wasser zu dem Bodenmaterial dazu.
6. Koche das Boden-Wasser-Gesmisch auf der Hitzequelle für ca. 10 Minuten, so dass alle Luft entweicht. Schwenke den Kolben leicht hin und her, damit das Gemisch nicht überschäumt (fasse ihn mit einem Topflappen an, um dich nicht zu verbrennen!). Nimm danach den Kolben vom Feuer und lasse ihn abkühlen.
7. Ist das Gemisch abgekühlt, kannst du den Kolben mit einem Stopfen verschliessen. So wird der Kolben nun für 24h ruhen gelassen. Stelle den Kolben an einen sicheren Ort, so dass er nicht von anderen Laborbenutzer\*innen umplatziert oder geschwenkt wird.
8. Wiederhole nun die Schritte 1 – 7 für jede Probe.

Nach 24h:

1. Nach 24h Ruhezeit entfernst du den Stopfen vom Kolben und füllst ihn mit destilliertem Wasser auf exakt 100 ml auf. Wäge nun den Kolben mit Inhalt (ohne Deckel) und notiere das Gewicht in der Resultatetabelle am Ende dieses Datenblatts.
2. Stelle danach den Thermometer für 2 – 3 Minuten in das Boden-Wasser-Gemisch. Sobald die Temperatur stabil ist, kannst du sie auf der Resultatetabelle notieren.
3. Wiederhole die Schritte 1 – 2 für jede Probe.

## Berechnung der Partikeldichte

Du solltest nun die ersten drei Spalten der Resultatetabelle für jede Probe ausgefüllt haben.

Berechne nun für jede Probe...

- das Gewicht des Wassers, indem du vom *Gewicht 100 ml-Boden-Wasser-Gemisch im Kolben* 25.0 g (Gewicht des eingewogenen Bodens) und das *Leergewicht Kolben* abziehst.
- das Volumen des Wassers, indem du das Gewicht durch die Dichte des Wassers (1 g/ml) teilst.
- das Volumen des Bodens, indem du von 100 ml (Gesamtvolumen Wasser und Boden im Kolben) das Volumen des Wassers abziehst.
- die Partikeldichte, indem du das Gewicht des Bodens (25.0 g) durch das Volumen des Bodens teilst.

Addiere anschliessend die Partikeldichte der drei Proben (A, B, C) pro Horizont und teile sie durch drei, um den Durchschnitt der Partikeldichte pro Horizont zu bestimmen. Damit werden deine Resultate verlässlich.

Trage deine Resultate zur Partikeldichte in diese Tabelle ein:

Horizont	Probe	Leergewicht Kolben <sup>1</sup> [g]	Gewicht 100 ml-Boden-Wasser-Gemisch im Kolben <sup>1</sup> [g]	Temperatur des 100 ml-Boden-Wasser-Gemischs [g]	Gewicht Wasser [g]	Volumen Wasser [ml] bzw. [cm <sup>3</sup> ]	Volumen Boden [g]	Partikeldichte [g/ml] bzw. [g/cm <sup>3</sup> ]
1	A							
	B							
	C							
	Durchschnitt							
2	A							
	B							
	C							
	Durchschnitt							
3	A							
	B							
	C							
	Durchschnitt							
4	A							
	B							
	C							
	Durchschnitt							
5	A							
	B							
	C							
	Durchschnitt							

<sup>1</sup> ohne Deckel

### Berechnung der Porosität

Zur Berechnung der Porosität wird die Bodendichte ebenfalls benötigt (vgl. Datenblatt 5). Die Formel lautet:

$$\text{Porosität} = 1 - (\text{Bodendichte} \div \text{Partikeldichte}) \cdot 100\%$$

Die Porosität wird ebenfalls für jeden Bodenhorizont bestimmt. Verwende dazu jeweils die berechneten Durchschnittswerte pro Horizont der Boden- und Partikeldichte.

Trage deine Resultate zur Boden- und Partikeldichte und zur Porosität in diese Tabelle ein:

<b>Horizont</b>	<b>durchschnittliche Bodendichte</b> [g/ml] bzw. [g/cm <sup>3</sup> ]	<b>durchschnittliche Partikeldichte</b> [g/ml] bzw. [g/cm <sup>3</sup> ]	<b>Porosität [%]</b>
<b>1</b>			
<b>2</b>			
<b>3</b>			
<b>4</b>			
<b>5</b>			



## Datenblatt 12: Korngrößenverteilung (im Feld und im Labor)

### Benötigtes Material zur Messung der Korngrößenverteilung

im Feld (falls die getrockneten und gesiebten Proben noch nicht vorhanden sind)

- Datenblatt Korngrößenverteilung
- Schreibmaterial inkl. wasserfester Filzstift
- ca. 15 dünnwandige, stabile Behälter mit bekanntem Volumen (verschliessbar und luftdurchlässig<sup>1</sup>)
- Holzbrett (ca. 20 cm x 20 cm x 3 cm)
- Hammer
- Gartenschaufel
- Wasser in einer Spritzflasche

im Labor:

- Waage (auf 0.1 g genau)
- Ofen zum Trocknen der Proben (falls die Proben noch nicht vorhanden sind)
- Sieb mit 2 mm Maschenweite (falls die Proben noch nicht vorhanden sind)
- Latexhandschuhe (falls die Proben noch nicht vorhanden sind)
- Bodenlösendes Lösungsmittel<sup>2</sup>
- 2 l destilliertes Wasser pro Probe in einer Spritzflasche
- pro Horizont drei 250 ml Bechergläser
- leere PET-Flasche (1.5 l)
- Hydrometer
- Thermometer
- Plastikfolie, um den Messzylinder abzudecken
- Spritzflasche mit destilliertem Wasser
- 100 ml Messzylinder
- pro Horizont drei 500 ml Messzylinder
- Löffel oder Glasstab
- Stoppuhr mit Zwischenzeitnahme (geht auch auf dem Smartphone)



<sup>1</sup> Falls der Behälter nicht luftdurchlässig ist, stanze mit einer spitzen Schere, mit einer Aale oder mit einem Nagel mehrere kleine Löcher in den Boden.

<sup>2</sup> Am besten eignet sich dazu Natriumhexametaphosphat, welches z.B. bei der Firma HALAG in 8355 Aadorf bestellt werden kann. Alternativ kann auch ein nicht-schäumendes, Natrium- und Phosphat-haltiges Geschirrspülmittel verwendet werden.

Datum: \_\_\_\_\_

Name des Messstandortes: \_\_\_\_\_

### Allgemeine Hinweise

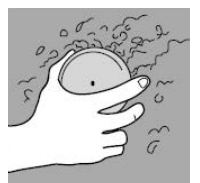
Falls du schon über gesiebte und getrocknete Bodenproben verfügst, kannst du die Schritte „Probenahme im Feld“, „Probenaufbereitung im Labor“ und „Methode Trocknung“ in diesem Datenblatt überspringen. Wenn du noch keine getrockneten und gesiebten Bodenproben hast, führst du alle Schritte in diesem Protokoll aus.

### Probenahme im Feld

Die Korngrößenverteilung wird pro Horizont bestimmt. Um möglichst genaue Ergebnisse zu erhalten, werden pro Horizont drei Proben genommen.

Führe nun die folgenden Schritte jeweils für jeden Bodenhorizont dreimal aus:

1. Kontrolliere vor der Probenahme, dass der Boden feucht ist. Falls er trocken ist, benetze ihn mit der Spritzflasche.
2. Drücke den Behälter (mit dem Boden oben) in den zu untersuchenden Bodenhorizont. Der Behälter sollte vollständig in den Boden gedrückt sein (ganzer Behälter mit Erde gefüllt). Das erkennst du daran, dass der Boden durch die Löcher durch sichtbar ist. Wenn du es nicht von Hand schaffst, den Behälter ganz einzudrücken, lege das Holzbrett über den Behälter und schlage mit dem Hammer auf den Behälter, um ihn ganz einzudrücken. So wird der Schlag des Hammers auf den Probenbehälter verteilt und du verringerst die Gefahr, dass der Behälter kaputt geht.



3. Grabe mit einer Gartenschaufel den Boden rund um den Behälter weg, bis du den Behälter ganz einfach (mit der Erde) herauslösen kannst.
4. Schabe den Boden bis auf die Ränder des Behälters ab, so dass das Bodenvolumen dem Volumen des Behälters entspricht. Verschliesse den Behälter mit einem Deckel. Beschrifte ihn mit der Horizontnummer und dem Buchstaben A für die erste Probe des Horizont, B für die zweite Probe des Horizonts oder C für die dritte Probe des Horizonts.
5. Wiederhole die Schritte 1 – 4, bis du von jedem Horizont drei Proben hast.

### Probenaufbereitung im Labor

Trockne die Proben einzeln in einem Ofen. Dazu stehen dir folgende Methoden zur Verfügung – kreuze an, welche du angewendet hast. Gib zudem an, wie lange du die Proben getrocknet hast (in einem Ofen geschieht das üblicherweise über Nacht).

#### Methode Trocknung

95 – 105 °C im Ofen                       75 – 95 °C im Ofen                       Mikrowellenofen

Dauer der Trocknung: \_\_\_\_\_

Führe nun die folgenden Schritte jeweils für jede Bodenprobe einzeln aus:

1. Stelle das Sieb auf ein Blatt Papier und gebe die Bodenprobe in das Sieb. Ziehe dir Latex-Handschuhe an, um die Probe nicht mit den Säuren an deiner Hand zu verunreinigen. Drücke dann das Material sorgfältig durch das Sieb auf das Papier.
2. Fülle die gesiebte Probe für spätere Analysen in Plastikbeutel, welche du wieder mit der Horizontnummer und dem Buchstaben A, B, oder C beschriftest, welcher auf dem Behälter stand. Falls du mehrere Standorte beprobt hast, notiere dir ebenfalls den Standortnamen auf dem Plastikbeutel.
3. Leere das Sieb und fahre mit der nächsten Probe fort (Schritt 1).



Nun ist die Probenahme und -aufbereitung abgeschlossen. Du kannst die Messung im Labor direkt danach oder zu einem späteren Zeitpunkt durchführen.

### Messung im Labor

1. Berechne die bodenlösende Lösung vor, indem du 50 g Natriumhexametaphosphat (oder ein nicht-schäumendes Geschirrspülmittel) in 1l destilliertem Wasser auflöst. Rühre solange, bis das Lösungsmittel ganz in Lösung gegangen ist.
2. Lies die Temperatur ab, bei welcher der Hydrometer geeicht wurde – das steht direkt auf dem Hydrometer (z.B. 20 °C). Notiere dir den Wert hier: \_\_\_\_\_

Führe nun die folgenden Schritte jeweils für jede Bodenprobe einzeln aus:

1. Stelle ein 250 ml Becherglas auf die Waage und tariere sie (= stelle sie auf 0.0 g). Gib genau 25.0 g Boden in das Becherglas. Nimm das Becherglas von der Waage und beschrifte das Becherglas mit dem Bodenhorizont und der Probennummer (z.B. 3A).
2. Füge 100 ml des vorbereiteten Lösungsmittels und 50 ml destilliertes Wasser in das Becherglas hinzu. Rühre während mindestens einer Minute kräftig mit einem Löffel oder Glasstab, bis der ganze Boden in die Lösung eingemischt ist (und nicht mehr am Boden des Becherglases klebt). Achte darauf, dass beim Rühren nichts herausspritzt. Spritze den Löffel oder Glasstab danach über dem Becherglas mit etwas destilliertem Wasser ab, damit sich alle Bodenresten in dem Becherglas befinden.
3. Lasse die Lösung mit dem Boden für 24h stehen – stelle das Becherglas dazu an einen sicheren Ort.
4. Führe die Schritte 1 – 3 für jede Probe durch.

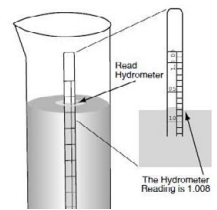


Nach 24h:

1. Rühre die Lösung im Becherglas auf und fülle sie in den 500 ml Messzylinder. Wasche mithilfe der Spritzflasche das Bodenmaterial restlos in den Messzylinder hinein. Beschrifte den Messzylinder mit dem Bodenhorizont und der Probennummer des Becherglases, das du soeben in den Zylinder gefüllt hast. Das Becherglas brauchst du nun nicht mehr.
2. Fülle den Messzylinder mit destilliertem Wasser bis auf 500 ml auf. Decke den Messzylinder mit Plastikfolie dicht ab. Halte eine Hand darüber und greife mit der anderen Hand das untere Ende des Messzylinders. Drehe den Zylinder mindestens 10 x über Kopf, um den Inhalt zu mischen. Beachte, dass aller Boden in Lösung ist und dass keine Flüssigkeit aus dem Messzylinder herauströpft.



3. Setze den Zylinder ab und starte sofort die Stoppuhr. Nach 1.5 Minuten führst du den Hydrometer vorsichtig in die Lösung (nicht fallen lassen!) und lässt ihn in der Lösung schwimmen. Stoppe vorsichtig die Auf- und Abwärtsbewegung des Hydrometers, bis er still schwimmt.
4. Wenn die Stoppuhr genau 2 Minuten anzeigt, lies den Wert des Hydrometers ab (Wert, der am nächsten an der Oberflächenlinie der Lösung ist, gibt die zweite und dritte Nachkommastelle nach 1.0xx, siehe auch Abbildung als Beispiel) und notiere ihn in der **Resultatetabelle I**.
5. Nimm den Hydrometer aus der Lösung heraus, trockne ihn ab und lege ihn an einen sicheren Ort.
6. Stelle den Thermometer für eine Minute in die Lösung, lese dann den Temperaturwert ab und notiere ihn in der **Resultatetabelle I**.
7. Platziere den Messzylinder an einem sicheren Ort, wo er für 24h ungestört stehen kann, und wiederhole dann die Schritte 1 – 6 für die weiteren Proben.



der abgelesene Wert ist 0.8, was bedeutet, dass das Resultat 1.008 ist

Nochmals nach 24h:

1. Nachdem der Messzylinder 24h lang still stand, mache eine weitere Messung mit dem Hydrometer, ohne den Zylinder vorher zu bewegen. Trage das Messresultat in der **Resultatetabelle II** ein.
2. Führe eine zweite Temperaturmessung durch und notiere das Ergebnis in der **Resultatetabelle II**.
3. Die Messung ist nun abgeschlossen. Entsorge die Bodenlösung in einen speziellen Behälter für Lösungsmittel, der an deiner Schule vorhanden sein sollte.
4. Wiederhole die Schritte 1 – 3 für die weiteren Proben.

### Berechnung der Prozent Sand, Schluff und Ton

Die Resultatetabellen helfen dir, den relativen Gehalt (%) von Sand, Schluff und Ton in deinen Proben zu bestimmen. Die ersten zwei Spalten der **Resultatetabelle I** und der **Resultatetabelle II** solltest du bereits ausgefüllt haben.

Führe nun pro Probe folgende Schritte aus, um die **Resultatetabelle I** fertig auszufüllen:

- Temperaturkorrektur =  $0.36 \times (\text{Temperatur der Probe nach } 2' - \text{Kalibrierungstemperatur des Hydrometers})$
- Dichte des Bodens  $\rightarrow$  Hydrometermesswert nach 2' (= „spezifisches Gewicht“) in der Umrechnungstabelle auf S. 33 nachschlagen; entsprechenden Wert der Bodendichte eintragen
- Gewicht Schluff und Ton in 500 ml =  $(\text{Dichte des Bodens} + \text{Temperaturkorrektur}) \div 2$   
*Hinweis: Die Division durch zwei ermöglicht es, von einem Liter auf 500 ml zu kommen.*
- Gewicht Sand in 500 ml =  $25 \text{ g} - \text{Gewicht Schluff und Ton in } 500 \text{ ml}$   
*Hinweis: Die 25 g entsprechen dem ursprünglichen Bodengewicht.*
- Sandanteil =  $\text{Gewicht Sand in } 500 \text{ ml} \div 25 \text{ g} \cdot 100$

Berechne anschliessend den durchschnittlichen Sandanteil pro Horizont, indem du die Resultate des Sandanteils für die Proben A, B und C addierst und das Ergebnis durch drei teilst. Damit werden deine Resultate verlässlich. Ergänze die Ergebnisse in der **Resultatetabelle I**.

Für das Berechnen der *Temperaturkorrektur* und der *Dichte des Bodens* in der **Resultatetabelle II** gehst du identisch vor wie beim Ausfüllen der Resultatetabelle I, nur dass du hier jeweils die Messwerte nach 24h verwendest. Führe anschliessend folgende Schritte für jede Probe aus, um die **Resultatetabelle II** fertig auszufüllen:

- Gewicht Ton in 500 ml =  $(\text{Dichte des Bodens} + \text{Temperaturkorrektur}) \div 2$
- Gewicht Schluff in 500 ml =  $25 \text{ g} - \text{Gewicht Sand (aus Resultatetabelle I)} - \text{Gewicht Ton}$   
*Hinweis: Die 25 g entsprechen dem ursprünglichen Bodengewicht.*
- Tonanteil =  $\text{Gewicht Ton in } 500 \text{ ml} \div 25 \text{ g} \cdot 100$
- Schluffanteil =  $\text{Gewicht Schluff in } 500 \text{ ml} \div 25 \text{ g} \cdot 100$

Berechne nun den durchschnittlichen Sandanteil pro Horizont, indem du die Resultate des Sandanteils für die Proben A, B und C addierst und das Ergebnis durch drei teilst. Damit werden deine Resultate verlässlich. Ergänze die Ergebnisse in der **Resultatetabelle II**.



**Resultatetabelle I**

Horizont	Probe	Messwert Hydrometer nach 2'	Temperatur der Probe nach 2' [° C]	Temperaturkorrektur [° C]	Dichte des Bodens [g/l]	Gewicht Schluff und Ton in 500 ml [g]	Gewicht Sand in 500 ml [g]	Sandanteil [%]
1	A							
	B							
	C							
	Durchschnitt							
2	A							
	B							
	C							
	Durchschnitt							
3	A							
	B							
	C							
	Durchschnitt							
4	A							
	B							
	C							
	Durchschnitt							
5	A							
	B							
	C							
	Durchschnitt							

**Resultatetabelle II**

Horizont	Probe	Messwert Hydrometer nach 24h	Temperatur der Probe nach 24h [° C]	Temperaturkorrektur [° C]	Dichte des Bodens [g/l]	Gewicht Ton in 500 ml [g]	Gewicht Schluff [g]	Tonanteil [%]	Schluffanteil [%]
1	A								
	B								
	C								
	Durchschnitt								
2	A								
	B								
	C								
	Durchschnitt								
3	A								
	B								
	C								
	Durchschnitt								
4	A								
	B								
	C								
	Durchschnitt								
5	A								
	B								
	C								
	Durchschnitt								

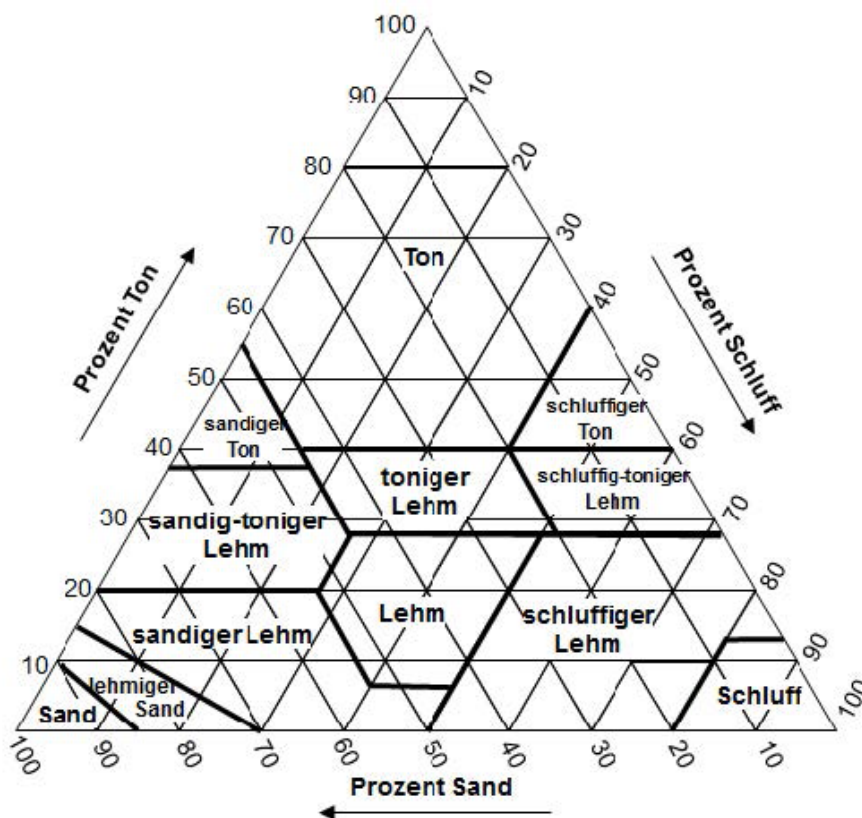
## Umrechnungstabelle

Spezifisches Gewicht	Gramm Boden/l	Spezifisches Gewicht	Gramm Boden/l	Spezifisches Gewicht	Gramm Boden/l
1.0024	0.0	1.0136	18.0	1.0247	36.0
1.0027	0.5	1.0139	18.5	1.0250	36.5
1.0030	1.0	1.0142	19.0	1.0253	37.0
1.0033	1.5	1.0145	19.5	1.0257	37.5
1.0036	2.0	1.0148	20.0	1.0260	38.0
1.0040	2.5	1.0151	20.5	1.0263	38.5
1.0043	3.0	1.0154	21.0	1.0266	39.0
1.0046	3.5	1.0157	21.5	1.0269	39.5
1.0049	4.0	1.0160	22.0	1.0272	40.0
1.0052	4.5	1.0164	22.5	1.0275	40.5
1.0055	5.0	1.0167	23.0	1.0278	41.0
1.0058	5.5	1.0170	23.5	1.0281	41.5
1.0061	6.0	1.0173	24.0	1.0284	42.0
1.0064	6.5	1.0176	24.5	1.0288	42.5
1.0067	7.0	1.0179	25.0	1.0291	43.0
1.0071	7.5	1.0182	25.5	1.0294	43.5
1.0074	8.0	1.0185	26.0	1.0297	44.0
1.0077	8.5	1.0188	26.5	1.0300	44.5
1.0080	9.0	1.0191	27.0	1.0303	45.0
1.0083	9.5	1.0195	27.5	1.0306	45.5
1.0086	10.0	1.0198	28.0	1.0309	46.0
1.0089	10.5	1.0201	28.5	1.0312	46.5
1.0092	11.0	1.0204	29.0	1.0315	47.0
1.0095	11.5	1.0207	29.5	1.0319	47.5
1.0098	12.0	1.0210	30.0	1.0322	48.0
1.0102	12.5	1.0213	30.5	1.0325	48.5
1.0105	13.0	1.0216	31.0	1.0328	49.0
1.0108	13.5	1.0219	31.5	1.0331	49.5
1.0111	14.0	1.0222	32.0	1.0334	50.0
1.0114	14.5	1.0226	32.5	1.0337	50.5
1.0117	15.0	1.0229	33.0	1.0340	51.0
1.0120	15.5	1.0232	33.5	1.0343	51.5
1.0123	16.0	1.0235	34.0	1.0346	52.0
1.0126	16.5	1.0238	34.5	1.0350	52.5
1.0129	17.0	1.0241	35.0	1.0353	53.0
1.0133	17.5	1.0244	35.5	1.0356	53.5
				1.0359	54.0
				1.0362	54.5
				1.0365	55.0

### Bestimmung der Bodentexturklasse

Nachdem du nun den Anteil der Korngrößen Sand, Schluff und Ton pro Horizont bestimmt hast, kannst du pro Horizont die Bodentexturklasse bestimmen. Nimm pro Horizont eine andere Farbe, um die folgenden Schritte durchzuführen (du benötigst einen Massstab oder ein Geodreieck, um eine gerade Linie zu ziehen):

1. Lege die Kante des Massstabs an den Punkt der unteren Achse, der mit dem Prozentsatz Sand in deiner Bodenprobe übereinstimmt. Positioniere den Massstab auf der Linie so, wie die Zahlen auf dieser Achse orientiert sind, und zeichne eine Linie entlang des Massstabs über das ganze Texturdreieck.
2. Lege die Kante des Massstabs an den Punkt der rechten Achse, der mit dem Prozentsatz Schluff in deiner Bodenprobe übereinstimmt. Positioniere den Massstab auf der Linie so, wie die Zahlen auf dieser Achse orientiert sind, und zeichne eine Linie entlang des Massstabs über das ganze Texturdreieck.
3. Markiere den Punkt, an welchem sich die Linien kreuzen. Verschiebe nun den Massstab entlang der horizontalen Linien soweit, bis du auf den Punkt triffst. Der Wert, den du auf dieser Linie auf der linken Achse ablesen kannst, müsste der Prozentsatz Ton sein – denn die Anteile von Ton, Schluff und Sand sollten zusammen immer 100% ergeben. Ist das nicht der Fall, ist bei deinen Messungen oder bei der Bestimmung der Bodentexturklasse etwas schief gelaufen. Lass dir von deiner Lehrperson helfen.
4. Der Namen der Bodentexturklasse ist derjenige, der in dem Bereich steht, auf welchem du deinen Kreuzungspunkt gemacht hast. Wenn sich die Linien der Namen genau auf deinem Kreuzungspunkt treffen, schreibe beide Texturklassen auf (in der Tabelle unten).



Trage deine Resultate zu den Texturklassen in diese Tabelle ein:

Horizont	Texturklasse(n)
1	
2	
3	
4	
5	



## Datenblatt 13: pH-Wert des Bodens (im Feld und im Labor)



### Benötigtes Material zur Bestimmung des pH-Werts

im Feld (falls die getrockneten und gesiebten Proben noch nicht vorhanden sind)

- Datenblatt pH-Wert des Bodens
- Schreibmaterial inkl. wasserfester Filzstift
- ca. 15 dünnwandige, stabile Behälter mit bekanntem Volumen (verschlussbar und luftdurchlässig<sup>1</sup>)
- Holzbrett (ca. 20 cm x 20 cm x 3 cm)
- Hammer
- Gartenschaufel
- Wasser in einer Spritzflasche

im Labor:

- Destilliertes Wasser in einer Spritzflasche
- Löffel
- 100 ml Becherglas
- pH-Meter, pH-Stift oder pH-Papier
- Waage (auf 0.1 g genau)

<sup>1</sup> Falls der Behälter nicht luftdurchlässig ist, stanze mit einer spitzen Schere, mit einer Aale oder mit einem Nagel mehrere kleine Löcher in den Boden.

Datum: \_\_\_\_\_

Name des Messstandortes: \_\_\_\_\_

### Allgemeine Hinweise

Falls du schon über gesiebte und getrocknete Bodenproben verfügst, kannst du die Schritte „Probenahme im Feld“, „Probenaufbereitung im Labor“ und „Methode Trocknung“ in diesem Datenblatt überspringen. Wenn du noch keine getrockneten und gesiebten Bodenproben hast, führst du alle Schritte in diesem Protokoll aus.

### Probenahme im Feld

Der pH-Wert wird pro Horizont bestimmt. Um möglichst genaue Ergebnisse zu erhalten, werden pro Horizont drei Proben genommen.

Führe nun die folgenden Schritte jeweils für jeden Bodenhorizont dreimal aus:

1. Kontrolliere vor der Probenahme, dass der Boden feucht ist. Falls er trocken ist, benetze ihn mit der Spritzflasche.
2. Drücke den Behälter (mit dem Boden oben) in den zu untersuchenden Bodenhorizont. Der Behälter sollte vollständig in den Boden gedrückt sein (ganzer Behälter mit Erde gefüllt). Das erkennst du daran, dass der Boden durch die Löcher durch sichtbar ist. Wenn du es nicht von Hand schaffst, den Behälter ganz einzudrücken, lege das Holzbrett über den Behälter und schlage mit dem Hammer auf den Behälter, um ihn ganz einzudrücken. So wird der Schlag des Hammers auf den Probenbehälter verteilt und du verringerst die Gefahr, dass der Behälter kaputt geht.
3. Grabe mit einer Gartenschaufel den Boden rund um den Behälter weg, bis du den Behälter ganz einfach (mit der Erde) herauslösen kannst.
4. Schabe den Boden bis auf die Ränder des Behälters ab, so dass das Bodenvolumen dem Volumen des Behälters entspricht. Verschliesse den Behälter mit einem Deckel. Beschrifte ihn mit der Horizontnummer und dem Buchstaben A für die erste Probe des Horizonts, B für die zweite Probe des Horizonts oder C für die dritte Probe des Horizonts.
5. Wiederhole die Schritte 1 – 4, bis du von jedem Horizont drei Proben hast.

### Probenaufbereitung im Labor

Trockne die Proben einzeln in einem Ofen. Dazu stehen dir folgende Methoden zur Verfügung – kreuze an, welche du angewendet hast. Gib zudem an, wie lange du die Proben getrocknet hast (in einem Ofen geschieht das üblicherweise über Nacht).

### Methode Trocknung

95 – 105 °C im Ofen

75 – 95 °C im Ofen

Mikrowellenofen

Dauer der Trocknung: \_\_\_\_\_

Führe nun die folgenden Schritte jeweils für jede Bodenprobe einzeln aus:

1. Stelle das Sieb auf ein Blatt Papier und gebe die Bodenprobe in das Sieb. Ziehe dir Latex-Handschuhe an, um die Probe nicht mit den Säuren an deiner Hand zu verunreinigen. Drücke dann das Material sorgfältig durch das Sieb auf das Papier.
2. Fülle die gesiebte Probe für spätere Analysen in Plastikbeutel, welche du wieder mit der Horizontnummer und dem Buchstaben A, B, oder C beschriftest, welcher auf dem Behälter stand. Falls du mehrere Standorte beprobt hast, notiere dir ebenfalls den Standortnamen auf dem Plastikbeutel.
3. Leere das Sieb und fahre mit der nächsten Probe fort (Schritt 1).

Nun ist die Probenahme und -aufbereitung abgeschlossen. Du kannst die Messung im Labor direkt danach oder zu einem späteren Zeitpunkt durchführen.

### Messung im Labor

Der pH-Wert des Bodens wird gemessen, indem der pH-Wert einer Lösung aus Wasser und trockener Bodenprobe bestimmt wird. Das Wasser hat einen bekannten pH-Wert, weswegen die Änderung des pH-Werts vom reinen Wasser zur Lösung mit der Bodenprobe Aufschluss über den pH-Wert des Bodens gibt.

Der pH-Wert einer Lösung kann mit verschiedenen Methoden gemessen werden. Gib hier an, welche Methode du anwendest (für alle Proben die gleiche Methode anwenden!):

pH-Meter

pH-Papier

pH-Stift

Wenn du mit einem pH-Meter misst, musst du zusammen mit deiner Lehrperson das Messgerät vor der Verwendung eichen (dazu die Anleitung des Herstellers befolgen).

Führe nun die folgenden Schritte jeweils für jede Bodenprobe einzeln aus:

1. Beschrifte ein Becherglas mit der Horizontnummer und dem Buchstaben der Probe (A, B oder C).
2. Gib mit der Spritzflasche so lange destilliertes Wasser in das Becherglas, bis die Wasserlinie auf 40 ml steht.
3. Stelle das Becherglas mit dem Wasser auf die Waage und tariere sie (=stelle sie auf 0.0 g).
4. Gib mit einem Löffel vorsichtig Bodenprobe in das Becherglas, bis die Waage 40.0 g anzeigt. Nimm das Becherglas von der Waage.
5. Wasche den Löffel mit destilliertem Wasser und trockne ihn ab. Rühre dann das Boden-Wasser-Gemisch mit dem sauberen Löffel während 30 Sekunden gut um. Warte etwa 5 Minuten, bis das Gemisch oben klarer wird.
6. Halte den pH-Meter, das pH-Papier oder den pH-Stift in den oberen Teil der Lösung, um den pH-Wert zu messen (befolge dazu auch die Anweisungen zur Messung des Herstellers der Messgeräte).
7. Notiere dir das Resultat in der Tabelle am Ende dieses Datenblatts.
8. Entsorge die Bodenlösung und entferne die Beschriftung auf dem Becherglas.
9. Führe die Schritte 1 – 8 für alle weiteren Proben durch.

Berechne nun den durchschnittlichen pH-Wert pro Horizont, indem du die Resultate des pH-Werts für die Proben A, B und C addierst und das Ergebnis durch drei teilst. Damit werden deine Resultate verlässlich. Ergänze die Ergebnisse in der Resultatetabelle auf der nächsten Seite.

Hinweis für Mathematik-Interessierte: Eigentlich ist es mathematisch falsch, den Durchschnitt von mehreren pH-Messungen zu rechnen, da die pH-Skala logarithmisch ist. Allerdings sollten die pH-Messungen der drei Proben pro Horizont nahe beieinander liegen, so dass dieser „Fehler“ ignoriert wird.

Trage deine Resultate zum pH-Wert in diese Tabelle ein:

<b>Horizont</b>	<b>Probe</b>	<b>pH-Wert</b>
<b>1</b>	A	
	B	
	C	
	Durchschnitt	
<b>2</b>	A	
	B	
	C	
	Durchschnitt	
<b>3</b>	A	
	B	
	C	
	Durchschnitt	
<b>4</b>	A	
	B	
	C	
	Durchschnitt	
<b>5</b>	A	
	B	
	C	
	Durchschnitt	



## Datenblatt 14: Nährstoffe im Boden (im Feld und im Labor)

### Benötigtes Material zur Messung von Nährstoffen (N, P, K) im Boden

im Feld (falls die getrockneten und gesiebten Proben noch nicht vorhanden sind)

- Datenblatt Nährstoffe im Boden
- Schreibmaterial inkl. wasserfester Filzstift
- ca. 15 dünnwandige, stabile Behälter mit bekanntem Volumen (verschliessbar und luftdurchlässig<sup>1</sup>)
- Holzbrett (ca. 20 cm x 20 cm x 3 cm)
- Hammer
- Gartenschaufel
- Wasser in einer Spritzflasche

im Labor:

- Destilliertes Wasser in einer Spritzflasche
- Plastiklöffel
- GLOBE NPK-Kit oder vergleichbares Produkt (bei [GLOBE](#) ausleihen oder bestellen, siehe „[Bezugsquellen Messmaterial](#)“)
- Laborhandschuhe
- Schutzbrille
- Gesichtsmaske



<sup>1</sup> Falls der Behälter nicht luftdurchlässig ist, stanze mit einer spitzen Schere, mit einer Aale oder mit einem Nagel mehrere kleine Löcher in den Boden.

Datum: \_\_\_\_\_

Name des Messstandortes: \_\_\_\_\_

### Allgemeine Hinweise

Falls du schon über gesiebte und getrocknete Bodenproben verfügst, kannst du die Schritte „Probenahme im Feld“, „Probenaufbereitung im Labor“ und „Methode Trocknung“ in diesem Datenblatt überspringen. Wenn du noch keine getrockneten und gesiebten Bodenproben hast, führst du alle Schritte in diesem Protokoll aus.

### Probenahme im Feld

Nitrat-, Phosphor- und Kaliumgehalt werden pro Horizont bestimmt. Um möglichst genaue Ergebnisse zu erhalten, werden pro Horizont drei Proben genommen.

Führe nun die folgenden Schritte jeweils für jeden Bodenhorizont dreimal aus:

1. Kontrolliere vor der Probenahme, dass der Boden feucht ist. Falls er trocken ist, benetze ihn mit der Spritzflasche.
2. Drücke den Behälter (mit dem Boden oben) in den zu untersuchenden Bodenhorizont. Der Behälter sollte vollständig in den Boden gedrückt sein (ganzer Behälter mit Erde gefüllt). Das erkennst du daran, dass der Boden durch die Löcher durch sichtbar ist. Wenn du es nicht von Hand schaffst, den Behälter ganz einzudrücken, lege das Holzbrett über den Behälter und schlage mit dem Hammer auf den Behälter, um ihn ganz einzudrücken. So wird der Schlag des Hammers auf den Probenbehälter verteilt und du verringerst die Gefahr, dass der Behälter kaputt geht.
3. Grabe mit einer Gartenschaufel den Boden rund um den Behälter weg, bis du den Behälter ganz einfach (mit der Erde) herauslösen kannst.
4. Schabe den Boden bis auf die Ränder des Behälters ab, so dass das Bodenvolumen dem Volumen des Behälters entspricht. Verschliesse den Behälter mit einem Deckel. Beschrifte ihn mit der Horizontnummer und dem Buchstaben A für die erste Probe des Horizont, B für die zweite Probe des Horizonts oder C für die dritte Probe des Horizonts.
5. Wiederhole die Schritte 1 – 4, bis du von jedem Horizont drei Proben hast.

### Probenaufbereitung im Labor

Trockne die Proben einzeln in einem Ofen. Dazu stehen dir folgende Methoden zur Verfügung – kreuze an, welche du angewendet hast. Gib zudem an, wie lange du die Proben getrocknet hast (in einem Ofen geschieht das üblicherweise über Nacht).

## Methode Trocknung

95 – 105 °C im Ofen

75 – 95 °C im Ofen

Mikrowellenofen

Dauer der Trocknung: \_\_\_\_\_

Führe nun die folgenden Schritte jeweils für jede Bodenprobe einzeln aus:

1. Stelle das Sieb auf ein Blatt Papier und gebe die Bodenprobe in das Sieb. Ziehe dir Latex-Handschuhe an, um die Probe nicht mit den Säuren an deiner Hand zu verunreinigen. Drücke dann das Material sorgfältig durch das Sieb auf das Papier.
2. Fülle die gesiebte Probe für spätere Analysen in Plastikbeutel, welche du wieder mit der Horizontnummer und dem Buchstaben A, B, oder C beschriftest, welcher auf dem Behälter stand. Falls du mehrere Standorte beprobt hast, notiere dir ebenfalls den Standortnamen auf dem Plastikbeutel.
3. Leere das Sieb und fahre mit der nächsten Probe fort (Schritt 1).

Nun ist die Probenahme und -aufbereitung abgeschlossen. Du kannst die Messung im Labor direkt danach oder zu einem späteren Zeitpunkt durchführen.

## Messung im Labor: Nitrat

*Hinweis: Bei GLOBE wird der Stickstoff in Form von Nitrat ( $\text{NO}_3$ ) gemessen. Es kann sein, dass in der Probe nur wenig oder gar kein Nitrat enthalten ist, was nicht heißt, dass der Boden keinen Stickstoff enthält. Nitrat wird schnell ausgewaschen oder von Pflanzen aufgenommen. Auf kürzlich gedüngten Böden kann der Nitratgehalt aber hoch sein.*

Führe die folgenden Schritte jeweils für jede Bodenprobe einzeln aus:

1. Ziehe dir Laborhandschuhe, Schutzbrille und Gesichtsmaske an.
2. Fülle das Extraktionsröhrchen aus dem NPK-Kit bis zur 30 ml Linie mit destilliertem Wasser. Gib zwei Floc-Ex-Tabletten dazu. Verschliesse das Röhrchen und schüttle es, bis sich die beiden Tabletten aufgelöst haben.
3. Entferne den Deckel wieder und gib einen gehäuften Teelöffel Bodenprobe dazu. Verschliesse das Röhrchen und schüttle während einer Minute.
4. Lass das Röhrchen stehen, bis sich der Boden abgesetzt hat (mind. 5, aber nicht länger als 10 Minuten).
5. Benutze die Pipette aus dem NPK-Messkit, um die klare Lösung aus dem Extraktionsröhrchen in eines der Teströhrchen zu transportieren. Das Teströhrchen sollte bis zur Markierung gefüllt werden. Hast du zu wenig klare Lösung, wiederhole die Schritte 1 – 4 für die gleiche Bodenprobe und fülle danach das Teströhrchen auf.
6. Füge eine Tablette Nitrate WR CTA zur Lösung im Teströhrchen hinzu. Beachte, dass alle Stückchen der Tablette in das Teströhrchen gelangen. Verschliesse das Röhrchen und schüttle, bis die Tablette aufgelöst ist. Stelle das Röhrchen danach in ein Becherglas oder in einen anderen Behälter und warte ca. 5 Minuten, bis sich eine Farbe entwickelt hat.
7. Vergleiche die Farbe im Teströhrchen mit der Farbskala für Nitrat aus dem NPK-Messkit. Notiere dir das Resultat (hoch, mittel, gering, kein) auf der Resultatetabelle am Ende dieses Datenblatts.
8. Schütte danach die Lösung weg und reinige das Teströhrchen mit destilliertem Wasser. Trockne es, bevor du mit der nächsten Probe beginnst.
9. Wiederhole die Schritte 1 – 8 für jede Probe.

## Messung im Labor: Phosphat

Führe die folgenden Schritte jeweils für jede Bodenprobe einzeln aus:

1. Ziehe dir Laborhandschuhe, Schutzbrille und Gesichtsmaske an.
2. Fülle das Extraktionsröhrchen aus dem NPK-Kit bis zur 30 ml Linie mit destilliertem Wasser. Gib zwei Floc-Ex-Tabletten dazu. Verschliesse das Röhrchen und schüttle es, bis sich die beiden Tabletten aufgelöst haben.
3. Entferne den Deckel wieder und gib einen gehäuften Teelöffel Bodenprobe dazu. Verschliesse das Röhrchen und schüttle während einer Minute.
4. Lass das Röhrchen stehen, bis sich der Boden abgesetzt hat (ca. 5 Minuten).
5. Benutze die Pipette aus dem NPK-Messkit, um 25 Tropfen der klaren Lösung aus dem Extraktionsröhrchen in eines der Teströhrchen zu transportieren. Hast du zu wenig klare Lösung, wiederhole die Schritte 1 – 4 für die gleiche Bodenprobe, bis sich 25 Tropfen im Teströhrchen befinden.

6. Fülle das Teströhrchen bis zur Markierung mit destilliertem Wasser. Gib eine Phosphor-Testtablette (alle Teile der Tablette!) in das Teströhrchen und verschliese es. Schüttle das Röhrchen, bis die Tablette aufgelöst ist.
7. Stelle das Röhrchen in ein Becherglas oder einen Behälter und warte mindestens 5 Minuten, jedoch nicht länger als 10 Minuten, bis sich die Farbe entwickelt hat. Vergleiche die blaue Farbe im Teströhrchen mit der Phosphor-Farbskala im NPK-Kit und notiere dir das Resultat (hoch, mittel, gering, kein) in der Resultatetabelle am Ende dieses Datenblatts.
8. Schütte dann die Lösung weg und reinige das Röhrchen mit destilliertem Wasser. Trockne es ab, bevor du mit der Analyse der nächsten Probe beginnst.
9. Wiederhole die Schritte 1 – 8 für jede Probe.

### **Messung im Labor: Kalium**

Führe die folgenden Schritte jeweils für jede Bodenprobe einzeln aus:

1. Ziehe dir Laborhandschuhe, Schutzbrille und Gesichtsmaske an.
2. Fülle das Extraktionsröhrchen aus dem NPK-Kit bis zur 30 ml Linie mit destilliertem Wasser. Gib zwei Floc-Ex-Tabletten dazu. Verschliese das Röhrchen und schüttle es, bis sich die beiden Tabletten aufgelöst haben.
3. Entferne den Deckel wieder und gib einen gehäuften Teelöffel Bodenprobe dazu. Verschliese das Röhrchen und schüttle während einer Minute.
4. Lass das Röhrchen stehen, bis sich der Boden abgesetzt hat (ca. 5 Minuten).
5. Benutze die Pipette aus dem NPK-Messkit, um die klare Lösung aus dem Extraktionsröhrchen in eines der Teströhrchen zu transportieren. Das Teströhrchen sollte bis zur Markierung gefüllt werden. Hast du zu wenig klare Lösung, wiederhole die Schritte 1 – 4 für die gleiche Bodenprobe und fülle danach das Teströhrchen auf.
6. Füge eine Kalium-Testtablette zur Lösung im Teströhrchen hinzu. Beachte, dass alle Stückchen der Tablette in das Teströhrchen gelangen. Verschliese das Röhrchen und schüttle, bis die Tablette aufgelöst ist.
7. Halte das Röhrchen über die schwarzen Felder auf der Farbkarte. Schaue durch die „trübe“ Lösung im Röhrchen und vergleiche sie mit den schattierten Feldern in der rechten Spalte der Farbskala im NPK-Kit. Notiere dir das Resultat (hoch, mittel, gering, kein) in der Resultatetabelle am Ende dieses Datenblatts.
8. Schütte die Lösung weg und reinige das Röhrchen mit destilliertem Wasser. Trockne es ab, bevor du mit der Analyse der nächsten Probe beginnst.
9. Wiederhole die Schritte 1 – 8 für jede Probe.

### **Berechnen der Durchschnittswerte**

Du hast nun für je drei Proben pro Horizont den Gehalt an Nährstoffen bestimmt. Damit deine Resultate aussagekräftiger sind, kannst du nun die Resultate „mitteln“. Dazu gehst du folgendermassen vor:

- Falls deine Messungen A, B und C in einem Horizont dreimal das gleiche Resultat (hoch, mittel, gering, kein) ergaben, ist das dein Endresultat
- Falls zwei deiner Messungen A, B und C in einem Horizont das gleiche Resultat ergaben, ist das dein Endresultat
- Falls deine drei Messungen A, B und C drei verschiedene Resultate ergaben, nimmst du das Resultat in der Mitte. Hast du z.B. „hoch“, „mittel“ und „wenig“ erhalten, ist dein Endresultat „mittel“.
- Hast du für die Messungen A, B und C mindestens einmal „kein“ und mindestens einmal „hoch“ erhalten, wiederhole deine Messungen. Deine Resultate sollten näher beieinander liegen. Ist das nach wiederholter Messung noch immer nicht der Fall, bitte deine Lehrperson um Hilfe.

Trage deine Resultate zum Nitrat-, Phosphor- und Kaliumgehalt in diese Tabelle ein:

<b>Horizont</b>	<b>Probe</b>	<b>Nitratgehalt</b> [hoch, mittel, gering, kein]	<b>Phosphorgehalt</b> [hoch, mittel, gering, kein]	<b>Kaliumgehalt</b> [hoch, mittel, gering, kein]
<b>1</b>	A			
	B			
	C			
	Endresultat			
<b>2</b>	A			
	B			
	C			
	Endresultat			
<b>3</b>	A			
	B			
	C			
	Endresultat			
<b>4</b>	A			
	B			
	C			
	Endresultat			
<b>5</b>	A			
	B			
	C			
	Endresultat			



## Zusammenfassung: Bodenmessungen im Labor (Sets 1 und 4)

Datum der Messungen: \_\_\_\_\_

Name des Messstandortes: \_\_\_\_\_

Trage deine Resultate aus den Datenblättern 1 – 2 und 10 – 14 in diese Übersichtstabelle ein:

<b>Horizont Nummer</b>	<b>Horizont Abgrenzung</b> [von, bis in cm]	<b>Bodendichte</b> [g/cm <sup>3</sup> ]	<b>Partikeldichte</b> [g/cm <sup>3</sup> ]	<b>Textur</b>	<b>pH-Wert</b> [0–14]	<b>Nitratgehalt</b> [hoch, mittel, gering, kein]	<b>Phosphorgehalt</b> [hoch, mittel, gering, kein]	<b>Kaliumgehalt</b> [hoch, mittel, gering, kein]
1								
2								
3								
4								
5								

Diese Resultate kannst du nun in der internationalen Datenbank von GLOBE eingeben (unter „Bemerkungen“ beim jeweiligen Horizont).