

Beurteilung der Aggregatstabilität mittels Trübung

Stabile Aggregate sind Voraussetzung für einen optimalen Wasser- und Lufthaushalt des Bodens, schaffen ausgewogene **Milieubedingungen** für Mikroorganismen und fördern durch die verbesserte **Infiltration** die Ableitung von Oberflächenwasser (z.B. bei starken Regenfällen) in den Bodenkörper.

Damit wird nicht nur das Wasserspeichervermögen des Bodens erhöht, sondern auch die Bodenerosion deutlich vermindert. Eine Vielzahl an physikalischen, chemischen und biologischen Faktoren beeinflussen die Aggregatstabilität eines Bodens, wie unter anderem:

- Lebendverbauung (Wurzel, Regenwürmer)
- Calcium und Magnesium-Brücken
- Bodenbedeckung (z.B. Bewuchs, Mulch)
- Bodentextur (Sand, Schluff & Tongehalt)
- Gehalt an organischer Substanz
- Bodenbearbeitung
- Mineralogie (z.B. Gehalt an Eisenoxiden)

Benötigte Materialien:

- Schlankes, hohes Gefäß (Glas, Zylinder, Eprobette, abgeschnittene PET-Flasche)
- Destilliertes Wasser



Stabiles Bodengefüge (Lebendverbauung)

Vorgehensweise:

- 1) Bodenmaterial grob zerkleinern und in das Gefäß füllen (1/3 der Füllhöhe)
- 2) Destilliertes Wasser bis ca. 1 cm unter dem Gefäßrand auffüllen
- 3) Mit der Hand abdecken und 1 bis 3 Minuten über Kopf kippen, bis sich der Boden vollständig mit dem Wasser vermischt hat (nicht schütteln)
- 4) Abstellen, mind. eine halbe Stunde warten und dann beurteilen, wie stark die überstehende Flüssigkeit getrübt ist.



Aufgeschüttelter Boden

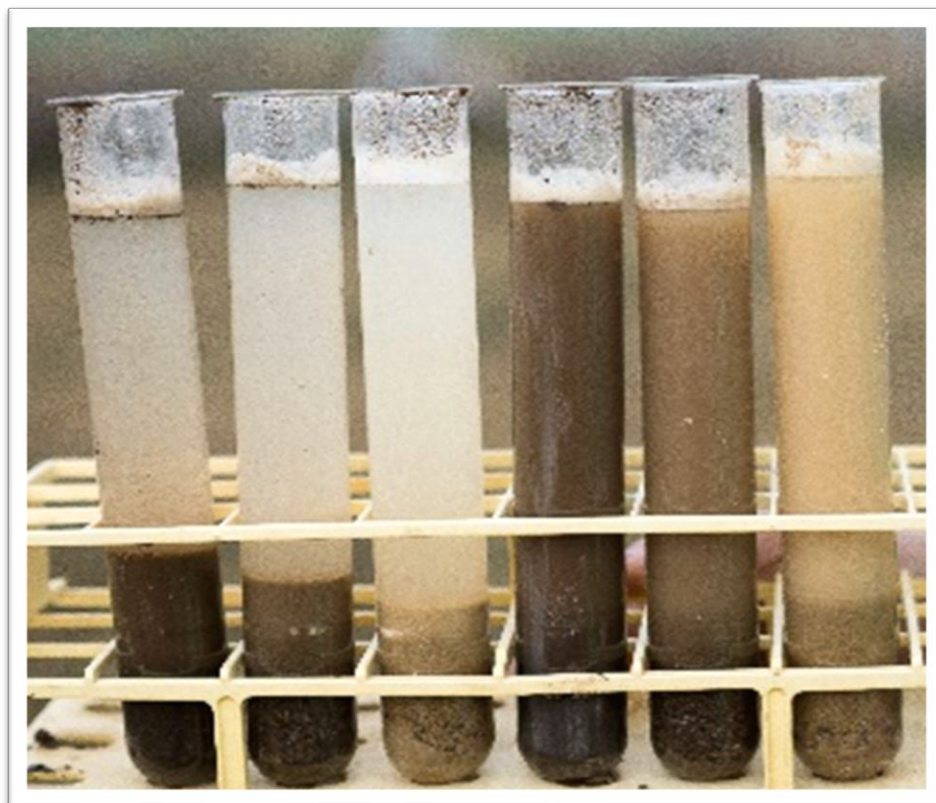
TIPP: Der mit destilliertem Wasser ausgeschüttelte Boden kann direkt für die Messung des pH-Werts im Wasser verwendet werden (siehe *Bodentest 2*).

Beurteilung:

Beurteilt wird die **Flüssigkeit** über den abgesetzten Sedimenten.

➡ Ist diese **klar oder getrübt**?

- **Klare Flüssigkeit = stabile Aggregate**; Lebendverbauung der Krümel durch intakte Bodenbiologie, wasserstabile Ton-Humuskomplexe, stabile Ca- und Mg Brücken, gute Bodenstruktur. **Geringes Risiko** für Erosion und Verschlammung; gute Wasserinfiltration, aktives Bodenleben.
- **Getrühte Flüssigkeit = mäßig stabile Aggregate**; möglicherweise durch verminderte biologische Aktivität, Missverhältnis zwischen Ca und K. **Mittleres Risiko** für Erosion und Verschlammung; Lufthaushalt eingeschränkt.
- **Trübe Flüssigkeit = instabile Aggregate**; verminderte biologische Aktivität, Ca-Mangel, Missverhältnis von Ca, Mg und K. **Hohes Risiko** für Erosion und Verschlammung Luftmangel im Boden.



Vergleich der Trübung der überstehenden Flüssigkeit verschiedener Bodenproben zur Beurteilung der Aggregatstabilität



PH-WERT-TEST: SÄUREGEHALT ERMITTELN

Versuchsvorbereitung

Wie misst man, wie sauer oder alkalisch der Boden ist?

Das geht mit dem pH-Wert. Dieser ist sowohl für Pflanzen als auch für Bodenlebewesen wichtig und hat auch Einfluss auf die Zersetzungsrage. Mit den Indikatorstäbchen aus dem Aktions-Kit könnt ihr den Säuregehalt des Bodens bestimmen.

Im Aktions-Kit

- Schaufel
- pH-Indikatorstäbchen (4 Stk.: 2 pro Standort)
- Leere Röhrchen (2 Stk.)
- Destilliertes Wasser (kein Trinkwasser)

Von zu Hause

- Ggf. Gartenschaufel (bei festem Boden)
- Kleiner Löffel
- Leitungswasser zum Ausspülen der Röhrchen bei Fehlversuchen
- Stift

HINWEISE PH-WERT-BESTIMMUNG

- ! Niemals mit den Fingern die Farbfelder der Indikatorstäbchen berühren
- ! Stäbchen nicht zu tief in die wässrige Lösung tauchen (siehe Schritt 5 auf Seite 25)

AUFGABE

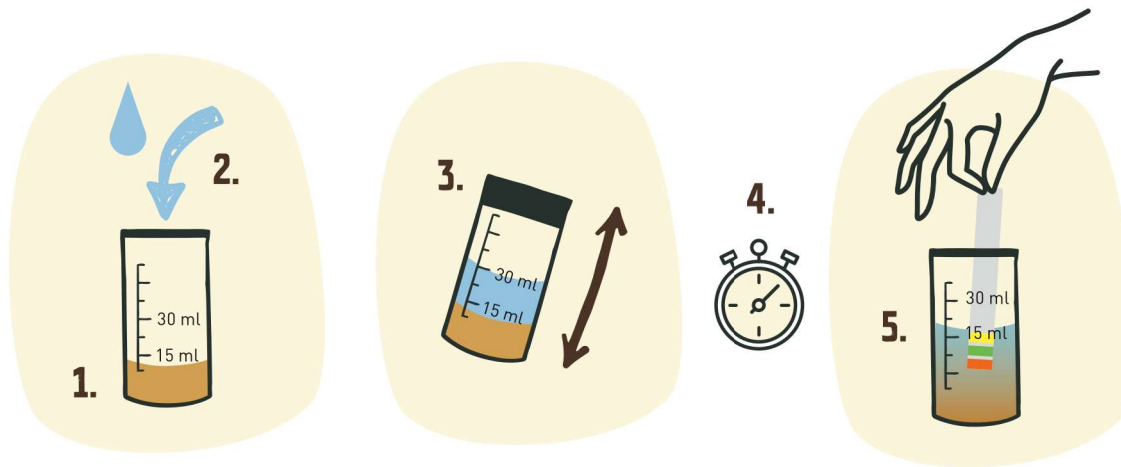
Bestimmt den pH-Wert des Bodens jeweils an euren beiden Standorten. Grabt dazu je ein 5 bis 20 cm tiefes Loch. Wenn die Teebeutel bereits eingegraben wurden, haltet mindestens 10 cm Abstand zu diesen.

PH-WERT-SKALA



pH-Wert-Bestimmung

Folgt für die Bestimmung des pH-Wertes der Standorte den unten stehenden Anweisungen und Abbildungen. Bitte nutzt für den genauen Abgleich der pH-Werte die Farbtabelle aus dem Aktions-Kit.



1. Bodenprobe mit kleinem Löffel bis zur 15-ml-Markierung des Röhrchens einfüllen

2. Röhrchen mit destilliertem Wasser bis zur 30-ml-Markierung auffüllen und Deckel draufsetzen

3. 2 Minuten kräftig schütteln

4. 10 Minuten warten

5. Teststreifen 5 Sekunden in das Wasser halten

6. Nach ein paar Sekunden den pH-Wert anhand der Farbskala ablesen und die Ergebnisse der Standorte hinten in die **Datenbank** eintragen

AUFGABE

Ihr habt die pH-Werte eurer Bodenproben bestimmt. Für welche Ackerpflanzen wären eure pH-Werte optimal? Stellt mit Hilfe der untenstehenden Abbildung Vermutungen auf.



Stark sauer	Sauer	Neutral	Alkalisch
		Luzerne	
		Gerste	
		Zuckerrübe	
		Rotklee	
		Weizen	
		Erbse	
		Raps	
		Hafer	
		Kartoffel	
		Roggen	
		Lupine	
pH-Wert			
< 4,5	4,6–6,4	6,5–7,4	> 7,4

SAUER ODER ALKALISCH?

HINTERGRUNDINFORMATIONEN UND HINWEISE ZUR PH-WERT-BESTIMMUNG

Was beschreibt der pH-Wert?

Mit dem pH-Wert wird der **Säuregrad** (Azidität) des Bodens bestimmt. Der pH-Wert gibt an, wie hoch die Wasserstoffionenkonzentration (H^+ -Ionen) in der Bodenlösung ist. Je mehr dieser H^+ -Ionen im Boden enthalten sind, desto niedriger ist pH-Wert.

Der pH-Wert wird mit einer Zahl zwischen 0 und 14 angegeben, wobei pH 7 **neutral** ist. Alle pH-Werte unter 7 sind **sauer** und je kleiner die Zahl wird, desto saurer ist der Boden. Je höher der pH-Wert, desto basischer oder alkalischer ist der Boden.

Wie wird der pH-Wert im Boden bestimmt?

Der pH-Wert kann nur in der **Bodenlösung**, nicht direkt im Boden gemessen werden. Der Bodenprobe wird deshalb destilliertes Wasser, Calciumchlorid- oder Kaliumchloridlösung hinzugegeben, was dazu führt, dass die H^+ -Ionen in die Lösung übergehen.

Je nach verwendeter Lösung weichen die ermittelten pH-Werte um 0,5 bis 1,0 Einheiten voneinander ab. Dabei gilt, dass pH-Werte, die mit destilliertem Wasser bestimmt werden, etwas

höher sind als in anderen Lösungen. In der wissenschaftlichen Auswertung wird dies später berücksichtigt.

Im Rahmen der Expedition Erdreich werden die pH-Werte am Standort mit **Indikatorstäbchen** und **destilliertem Wasser** bestimmt. Die verwendeten pH-Teststreifen decken den Bereich von pH 2 bis pH 9 ab. Dieser Bereich entspricht den zu erwartenden pH-Werten der meisten Böden in Deutschland.

Wodurch wird der pH-Wert eines Bodens beeinflusst?

Der pH-Wert eines Bodens hängt zunächst vom **Ausgangsgestein** ab. Es gibt saure Gesteine wie Granit oder Sandstein und basische Gesteine wie Basalt oder Kalkstein. Das Gestein, aus dem sich ein Boden durch Verwitterung und bodenbildende Prozesse entwickelt, hat somit starken Einfluss auf den pH-Wert. Sandböden oder Böden aus anderen sauren Gesteinen haben deshalb in der Regel einen niedrigeren pH-Wert als Böden aus kalkhaltigen, basischen Gesteinen.

Hinzu kommt, dass die Böden in Mitteleuropa mit der Zeit auf ganz **natürliche Weise versauern**. Das liegt unter anderem am sauren pH-Wert (pH 5,5) des Regenwassers (bitte nicht mit dem „sauren Regen“ verwechseln, dessen pH-Werte zwischen 4,5 und 4 liegen).

Der Niederschlag versickert und löst basische Ionen aus den Böden, wodurch der Boden-pH-Wert nach und nach immer weiter absinkt.

Böden sind jedoch in der Lage, der Versauerung bis zu einem gewissen Grad entgegenzuwirken. Diese Fähigkeit nennt man **Pufferung**. Ein sehr wirksamer Puffer, den sich auch der Mensch zu Nutze macht, um den pH-Wert von Böden positiv zu beeinflussen, ist Kalk. Durch Kalkdüngung kann der pH-Wert von Böden in einem optimalen Bereich gehalten werden.



Wie wirkt sich der pH-Wert auf die Zersetzung aus?

Der pH-Wert beeinflusst, welche und wie viele **Nährstoffe im Boden** für Pflanzen und Bodenorganismen zur Verfügung stehen. Somit bestimmt der pH-Wert unter anderem, welche Pflanzen auf einem Boden wachsen bzw. welche Nutzpflanzen angebaut werden können. Für das Pflanzenwachstum und die Nährstoffverfügbarkeit sind pH-Werte zwischen 5,4 und 7 **optimal**.

Der pH-Wert hat auch Einfluss auf die **Bodenlebewesen**. Bakterien bevorzugen einen neutralen bis schwach sauren pH-Wert. In Böden mit saurem pH-Wert kommen hauptsächlich Pilze vor. Die Anzahl und Vielfalt der Bodenorganismen (= biologische Aktivität) wirkt sich wiederum auf die **Zersetzungsprozesse** im Boden aus.





TEA-BAG-INDEX: TEE- BEUTEL VERGRABEN

Versuchsvorbereitung

Mit dem Tea-Bag-Index könnt ihr die Zersetzungsrates im Boden bestimmen – und damit auch, wie schnell Pflanzenreste von den Bodenorganismen zersetzt und in Humus umgewandelt werden. So gelangen Nährstoffe zurück in den Boden und können von Pflanzen wieder genutzt werden. Für die Bestimmung des Tea-Bag-Index müsst ihr zunächst die Teebeutel beschriften und die Startgewichte bestimmen.

AUFGABE

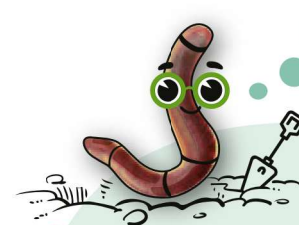
Überlegt euch eindeutige Probenbezeichnungen für eure Teebeutel, damit ihr sie euren Standorten zuordnen könnt (je Standort dreimal Rooibos- und dreimal Grün-Tee). Tragt die Probenbezeichnungen in die Tabelle ein und beschriftet das Schildchen eures Teebeutels. Wiegt die trockenen Teebeutel einzeln und inklusive Schnur und Schild mit einer Feinwaage (auf zwei Nachkommastellen, z. B. 2,23 g). Damit bestimmt ihr das Startgewicht. Tragt nun die Startgewichte ebenfalls in die Tabellen rechts ein.

Im Aktions-Kit

- Teebeutel
- Feinwaage (mit Kalibriergewicht)
- Schaufel
- Holzstäbchen
- Klebewimpel

Von zu Hause

- Wasserfester Stift
- Ggf. Gartenschaufel (bei festem Boden)
- Lineal
- Smartphone/GPS-Gerät
- 2 Stöcke für die Wimpel
- Dose (mit Deckel)
- Pinzette und Pinsel



HINWEIS VORBEREITUNG

- ✓ Nur Teebeutel aus dem Kit verwenden!
- ✓ Waage kalibrieren und Einstellung prüfen!

Keine Feinwaage? Wenn ihr die Möglichkeit habt, fragt bei Schulen oder Apotheken nach Hilfe.

STANDORT 1: NAME

Eingrabadatum: TT-MM-JJJJ

Ausgrabadatum: TT-MM-JJJJ

Nr.	Probenbezeichnung	Startgewicht in g	Endgewicht in g
	Bsp. WG1	Bsp. 2,23	Bsp. 1,65
G 1			
G 2			
G 3			
R 4			
R 5			
R 6			

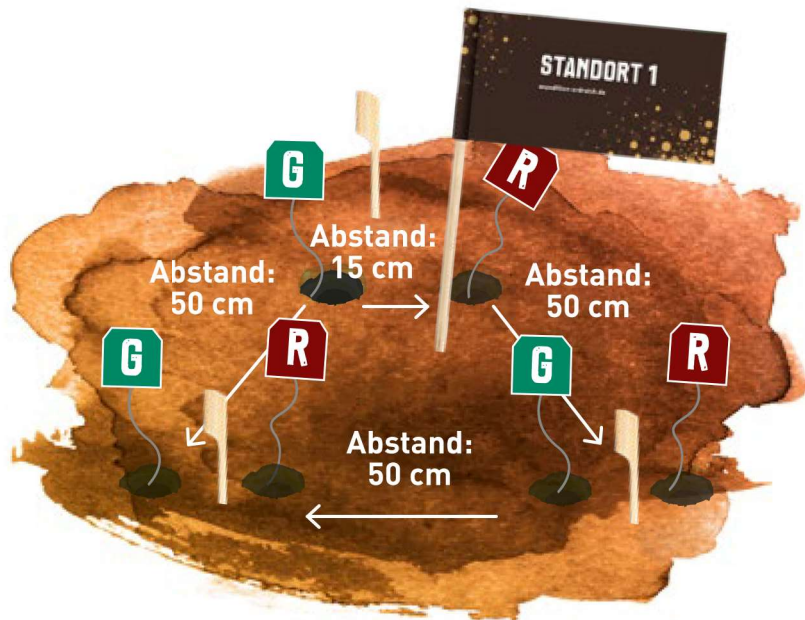
G Grün-Tee

R Rooibos-Tee

WALD
G1

ACKER
R10

STANDORT 2: NAME			
Eingrabadatum: TT-MM-JJJJ			
Ausgrabadatum: TT-MM-JJJJ			
Nr.	Probenbezeichnung	Startgewicht in g	Endgewicht in g
	Bsp. WG1	Bsp. 2,23	Bsp. 1,65
G 7			
G 8			
G 9			
R 10			
R 11			
R 12			



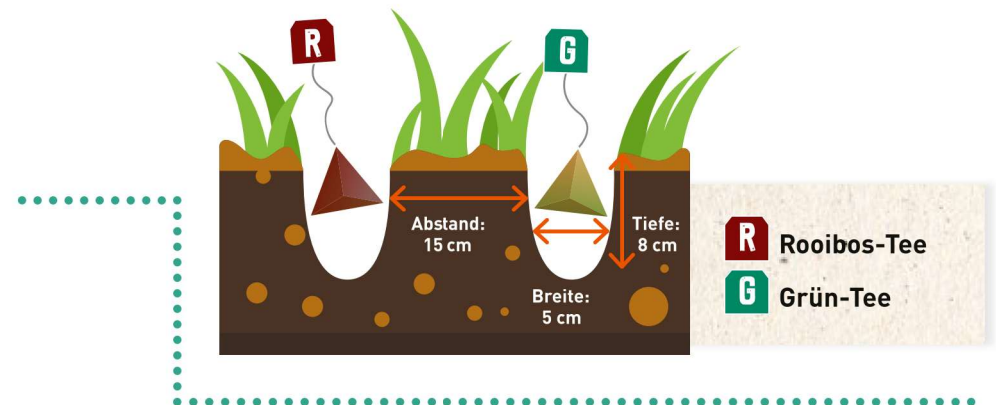
PLATZIERUNG DER TEEBEUTEL

Führt den Versuchsaufbau wie hier gezeigt an beiden Standorten durch. Das Muster hilft euch auch, die Teebeutel wiederzufinden. Achtet hierbei auf die Mindestabstände zwischen den Teebeuteln.

Eingraben am Standort

AUFGABEN

1 An jedem Standort werden sechs Teebeutel vergraben: dreimal Grün-Tee und dreimal Rooibos-Tee. Gräbt jeweils ein kleines Loch mit einem Durchmesser von ca. 5 cm und einer Tiefe von 8 cm in den Boden. Legt in jedes Loch nur einen Teebeutel (siehe Platzierung der Teebeutel). Schüttet das Loch wieder zu und drückt den Boden vorsichtig an. Achtet darauf, dass die Enden der Teebeutelfäden mit dem Kunststoffschild an der Oberfläche verbleiben und noch zu sehen sind.



2 Markiert die Positionen eurer Teebeutel mit den Holzstäbchen. Kennzeichnet eure Standorte mit den passenden Klebewimpeln, die ihr an einem Stock befestigt. Ihr könnt euch eine Skizze machen, auf der zu erkennen ist, an welcher Stelle ihr welchen Teebeutel vergraben habt. Nutzt hierzu die Bezeichnung eurer Proben.



Warten

Lasst die Teebeutel drei Monate im Boden.

In dieser Zeit könnt ihr die Zusatzmodule bearbeiten.

AUFGABE

Was denkt ihr: Was passiert in den drei Monaten mit den Teebeuteln?

Veränderungen notieren und Teebeutel ausgraben

Es sind 90 Tage vergangen. Zeit, die Teebeutel wieder auszugraben. Schaut noch einmal auf der Doppelseite zuvor, was ihr für die nächsten Schritte alles benötigt. Notiert das Ausgrabedatum in der Tabelle (S. 10–11).

AUFGABEN

Schaut euch zuerst eure Standorte genau an. Was hat sich an ihnen verändert?

- 1 Zeichnet ein Bild, klebt eines ein oder beschreibt in Stichpunkten, was euch auffällt!



HINWEIS

Probleme beim Wiederfinden?
Die GPS-Koordinaten aus der Datenbank helfen weiter!

STANDORT 1

STANDORT 2

STANDORT 1

STANDORT 2

Grabt die Teebeutel vorsichtig aus. Achtet darauf, sie dabei nicht zu beschädigen. Zieht beim Ausgraben nicht am Faden.

Mit einem Pinsel entfernt ihr vorsichtig, aber sorgfältig die Erde am Teebeutel. Sollten feine Wurzeln in den Beuteln stecken, zieht ihr diese behutsam mit einer Pinzette heraus. Achtet auch beim Putzen der Teebeutel darauf, diese nicht zu zerstören. Verwendet zur Reinigung der Beutel NIEMALS Wasser! Benutzt zum Transportieren der Teebeutel die mitgebrachte Dose.

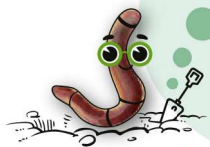
2

3 Dokumentiert, wenn etwas schief läuft (zum Beispiel ein Beutel kaputtgeht oder verloren geht) oder euch etwas anderes auffällt (Pilze, Wurzeln im Beutel, Löcher im Beutel etc.).

STANDORT 1	STANDORT 2
Standortname:	Standortname:

HINWEIS

Die speziellen Teebeutel sind aus Kunststoff, denn Teebeutel aus Papier würden im Boden kaputtgehen. Grabt sie deshalb unbedingt wieder aus und entsorgt sie nach dem Versuch im Restmüll!



Trocknen und erneutes Wiegen

Bevor ihr die Teebeutel noch einmal wiegen könnt, müssen sie vollständig getrocknet werden. Zum Trocknen solltet ihr die Teebeutel auf Tellern verteilen und diese für mindestens drei Tage an einen warmen Ort stellen. Falls nach dem Trocknen noch Bodenpartikel an den Teebeuteln hängen, entfernt sie vorsichtig mit den Händen oder einem Pinsel.

AUFGABEN

Wiegt jetzt einen Teebeutel nach dem anderen. Geht dabei vor wie auf Seite 10. Tragt die ermittelten Endgewichte nacheinander in eure Tabellen auf Seite 10–11 ein. Achtet darauf, dass ihr nicht mit den Beschriftungen der Teebeutel durcheinanderkommt.

1

Die Teebeutel sind noch nicht komplett trocken?
Dann lieber noch zwei weitere Tage an der Luft trocknen lassen!

Vergleicht die Angaben der Start- und Endgewichte in den Tabellen.

2

Was fällt euch auf? Was könnten die Gründe für eure Beobachtungen sein? erinnert ihr euch an eure zu Beginn aufgestellten Vermutungen? Wurden diese bestätigt?

Tragt die Ergebnisse in die Datenbank auf Seite 27 ein.

3

Auf expedition-erdreich.de könnt ihr anhand der Gewichte eurer Teebeutel den Tea-Bag-Index ausrechnen und erfahren, ob die Zersetzungsrate an euren Standorten eher hoch, mittel oder niedrig ist.

Tea-Bag-Index (Seite 10–13)

STANDORT 1: NAME			
Eingrabadatum: TT-MM-JJJJ			
Ausgrabadatum: TT-MM-JJJJ			
Nr.	Probenbezeichnung	Startgewicht in g	Endgewicht in g
	Bsp. WG1	Bsp. 2,23	Bsp. 1,65
G 1			
G 2			
G 3			
R 4			
R 5			
R 6			

STANDORT 2: NAME			
Eingrabadatum: TT-MM-JJJJ			
Ausgrabadatum: TT-MM-JJJJ			
Nr.	Probenbezeichnung	Startgewicht in g	Endgewicht in g
	Bsp. WG1	Bsp. 2,23	Bsp. 1,65
G 7			
G 8			
G 9			
R 10			
R 11			
R 12			



Der Versickerungstest stellt eine einfache Feldmethode dar die Infiltrationskapazität, d.h. die Wasseraufnahmefähigkeit eines Bodens zu untersuchen. Diese hängt maßgeblich von der Bodenstruktur ab. Eine gute Bodengare, intensive Durchwurzelung und eine hohe biologische Aktivität fördern die Infiltrationsfähigkeit der Böden.

Was wird benötigt:

- Ein Infiltrationsring aus Metall oder Kunststoff, Mindestlänge 20 cm (z.B. KG-Rohr)
- Meterstab oder Markierung am Infiltrationsring (10 cm in 1 cm Schritten)
- Eventuell ein Schonhammer (Gummihammer) zum Einschlagen des Rings
- Kantholz zur Kraftübertragung beim Einschlagen
- Wasserkarister
- Stoppuhr oder Handy

Durchführung:

1. Zunächst wird der Infiltrationsring in den Boden gedrückt oder vorsichtig gehämmert, Kantholz dazu am Ring auflegen. Das Rohr muss man einige Zentimeter in den Boden drücken, damit es zum umliegenden Erdreich sauber abschließt und kein Wasser ablaufen kann.
2. Wasser bis zur Markierung (10 cm, entspricht 100 mm Niederschlag, d.h. 100 Liter / m²) langsam über die Randung einfüllen, bestenfalls über eine Gießbrause, um Verschlammung zu vermeiden
3. Zeit stoppen, die das Wasser zum vollständigen Versickern benötigt

Ergebnisinterpretation:

Versickerungsdauer < 3 min sehr hohe Aufnahmefähigkeit

Versickerungsdauer zwischen 3 und 10 min, gute Aufnahmefähigkeit

Versickerungsdauer > 10 min eher schlechte Aufnahmefähigkeit



Mit dem Carbonat-Test können carbonatische Verbindungen (z.B. Calciumcarbonat, Magnesiumcarbonat) im Boden nachgewiesen werden. Carbonate neutralisieren Säuren und „schützen“ („puffern“) den Boden gegenüber Versauerung

Was wird benötigt:

- 10 %ige HCl (Salzsäure) Lösung
(Achtung: ätzend) in Pipettierflasche
- Bodenprobe

Durchführung:

1. Zwei bis drei Tropfen der Salzsäurelösung auf die Bodenprobe geben
2. Reaktion beobachten

Beurteilung der Reaktion:

Leichtes Aufschäumen/ deutliches Knistern:

In der Regel keine Kalkung nötig, der Boden ist gegen Versauerung geschützt

Keine Reaktion:

der Boden ist carbonatfrei, eine Kalkung ist zu empfehlen. Der entsprechende Kalkbedarf/ Kalkdünger (Calciumkalk, Magnesiumkalk, Mischkalk) sollte durch eine Bodenprobe bestimmt werden.

Reaktion HCl	Ungefährer Kalkgehalt	Beurteilung
Keine Reaktion	< 0,5 %	Kalkfrei
Knistern	0,5 bis 2 %	Schwach kalkhaltig
Deutliches Aufbrausen	2 bis 5 %	Mäßig kalkhaltig
Starkes Aufbrausen	> 5 %	Stark kalkhaltig

Quelle: Unterfrauner 2023

Was wird benötigt:

- 3 %ige H_2O_2 (Wasserstoffperoxid) Lösung (Achtung: ätzend)
- Standröhrchen, kleines Glas
- Bodenprobe

Durchführung:

1. Ein Teelöffel Bodenprobe ins Glas/Standröhrchen geben
2. Die Probe mit der 3 %igen H_2O_2 Lösung sättigen
3. Reaktion beobachten
4. Ergebnisinterpretation (siehe untenstehende Bilder/ Beschriftung)

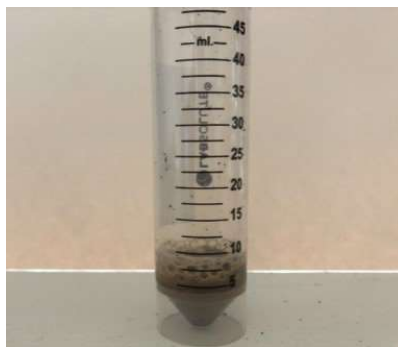
Reaktion:

Aerobe Bakterien/Pilze besitzen ein Enzym (Katalase), das für Zellen giftiges H_2O_2 in nicht giftigen Wasserstoff (H_2) und Sauerstoff (O_2) aufspaltet. Das Schäumen bildet sich durch die frei werdenden Gase.



Beispiel: Gemüsegarten mit vielfältiger Winterbegrünung

- Starkes knistern/Blasenbildung
- Hohe Biologische Aktivität



Beispiel: Kreuzblütlerlastige Winterbegrünung

- leichtes knistern/Blasenbildung
- Mittlere Biologische Aktivität



Beispiel: Gefräste Herbsteinsaat mit Gelbsenf

- Leises knistern/ kaum Blasenbildung
- Geringe Biologische Aktivität