



# Schlüter Biologie

## Großer Bodenkoffer

### Art. 400.100

Dieser große Koffer ist ein Arbeitskit zur Untersuchung verschiedener Standorte und Böden und im Schullabor. Er enthält alle wichtigen dafür notwendigen Gerätschaften und einige Chemikalien. Mit den gesondert aufgeführten Test-Kits können weitere umfassende Bodenuntersuchungen, sehr oft wiederholbar, durchgeführt werden. Folgende Grunduntersuchungen einschl. Testkits schlagen wir vor:

Bodentemperatur, Bodenzusammensetzung, Wasserkapazität, Stabilität der Bodenkrümel gegenüber Wasser, Speicherung von Düngersalzen und Wirkung von saurem Regen, Kalkgehalt, Humusstoffe, Harnstoff- und Zelluloseabbau durch Boden-Mikroorganismen, Chlorgehalt, Phosphat und Nitratgehalt, pH-Wert.

Ausführliche Lehrer-Info, **27 Seiten!**

**Ein maximaler Arbeitsbegleiter**

# Großer Bodenkoffer

## für Standort- und Bodenuntersuchungen

### Inhaltsverzeichnis

#### Seite

3	Material - und Geräteinhalt des Bodenkoffers
4	Entstehung und
5	Zusammensetzung
6	des Bodens (Information)
7	Bodenprofil (Information)
	<b>Versuche und Kopiervorlagen</b>
8	<b>Versuch:</b> Fingerprobe
9	<b>Versuch:</b> Bestimmung des Bodenwassergehaltes
10	<b>Versuch:</b> Sedimentationsprobe
11	<b>Versuch:</b> Bestimmung des Kalkgehaltes
12	<b>Versuch:</b> Bestimmung der Huminstoffe
13	Speicherung von Düngersalzen und Wirkung von „saurem Regen“ (Information)
14	<b>Versuch:</b> Speicherung von Düngersalzen und Wirkung von „saurem Regen“
15	Methylenblau wird von Erde adsorbiert (Information)
	<b>Versuch:</b> Methylenblau wird von Erde adsorbiert
16	<b>Versuch:</b> Stabilität der Bodenkrümel gegenüber Wasser
17	<b>Versuch:</b> Bestimmung der Wasserkapazität des Bodens
18	<b>Versuch:</b> Tätigkeit von Boden-
19	Mikroorganismen
20	<b>Versuch:</b> Bodentemperatur
21	Phosphat und Nitrat (Information)
22	<b>Versuch:</b> Bestimmung des Phosphat- und Nitratgehaltes im Boden (Mit Zusatz Testkits)
23	Chlorid-Ionen (Information)
	<b>Versuch:</b> Bestimmung des Chloridgehaltes im Boden (mit Zusatz-Testkit)
24	Bestimmung des pH-Wertes
25	<b>Versuch:</b> Bestimmung des pH-Wertes im Boden (mit Zusatz-Testkit)
	<b>Zusatzausstattung mit 4 Körnungssieben</b>
26	<b>Versuch:</b> Trennung von Bodenpartikeln
27	<b>Versuch:</b> Durchlässigkeit und Wasseraufnahmevermögen der Bodenproben
28	Literatur

## Material- und Geräteinhalt des Bodenkoffers

Dieser Koffer ist zur Untersuchung von verschiedenen Standorten und Böden durch Schulen im Freiland und im Schullabor bestimmt.

### Inhalt

Schublade 1 (links oben)	1	Handschaufel
	3	Esslöffel
	1	Reagenzglasständer
	3	Sammel- bzw. Abfallbehälter
Schublade 2 (darunter):	1	Bohrstock für Bodenthermometer
	3	Thermometer -15° bis +50°
	30 g	Harnstoff
	5	Federstahlpinzetten
	16	Deckel für Schnappdeckelgläschen
Schublade 3 (darunter):	16	Schnappdeckelgläschen
	1	Fläschchen Methylenblau, 20ml
Schublade 4 (darunter):	5	Plastikspritzen, 10 ml
	2	Reagenzgläser
	2	Gummistopfen
Schublade 5 (darunter):	2 x	500 ml Aqua dem.
	10	Reagenzgläser
	10	Gummistopfen
Schublade 6 (rechts oben):	100	Filterpapier 100 Blatt, Ø 9 cm
	2	Kunststofftrichter
	2	Glas-Doppelpetrischalen
	1	Fläschchen Kaliumchlorid-Lösung, 50 ml
Schublade 7 (darunter):	2	Glas-Doppelpetrischalen
Schublade 8 (darunter):	50 ml	Salzsäure, 3,7 %, in Pipettenflasche
	50 ml	Kaliumthiocyanat-Lösung, 5 %, in Pipettenflasche
		Inhaltsverzeichnis, Anleitungen und Kopiervorlagen
In gesondertem Karton:	250 ml	Aqua dem. (pH ca. 3-4) durch min. Zugabe von HCl
	250 ml	Eisenchlorid-Lösung, 10 %
	250 ml	Natronlauge, 1 %

## Information

### Entstehung und Zusammensetzung des Bodens

Als Boden bezeichnet man den obersten Bereich der Erdkruste, der von der Erdoberfläche bis zum Gesteinsuntergrund reicht. Er entstand aus dem anstehenden Gestein unter der Einwirkung von Klima, Vegetation und Bodenorganismen.

Bei Verwitterungsprozessen wird das mehr oder weniger kompakte Gestein zerkleinert und chemisch verändert.

**Physikalische Verwitterung.** Darunter versteht man die mechanische Zerkleinerung des Gesteins z.B. durch Spaltenfrost, starke Temperaturschwankungen usw.

Bei der **chemischen Verwitterung** erfolgt eine Umwandlung der Gesteine, vorwiegend durch Oxidations- und Reduktionsprozesse, aber auch durch Hydrolyse, Carbonatverwitterungen usw. Je kleiner die Gesteinsteilchen sind, um so größer ist die Angriffsfläche für chemische Einflüsse. Oxidationsvorgänge treten vor allem in gut durchlüfteten Böden auf. Reduktionsprozesse sind dagegen vorwiegend bei geringer Bodendurchlüftung und stauender Nässe anzutreffen.

Die **biologische Verwitterung** ist an die Tätigkeit von Organismen gebunden. Beispielsweise kann eine freiliegende Gesteinsoberfläche durch Bewuchs mit ihren Wurzeln in Gesteinsspalten eindringen und diese durch das Dickenwachstum erweitern bzw. sprengen. Darüber hinaus scheiden die Wurzeln Wasserstoffionen aus. Sie tragen damit zur chemischen Verwitterung bei. Zum Gedeihen benötigen Pflanzen Mineralstoffe. Diese werden dem Boden entzogen und dadurch seine Zusammensetzung verändert.

Endprodukte aller Verwitterungsvorgänge sind die im Boden enthaltenen **anorganischen Materialien**, die Mineralstoffe.

Der Bodenflora und Bodenfauna kommt bei der Gesteinsverwitterung lediglich eine „Teilrolle“ zu. An Verwesungsprozessen und der damit verbundenen Anreicherung **organischer Substanzen** im Boden sind die Organismen hingegen maßgeblich beteiligt. Beispielsweise kann sich auf einem Quadratmeter Waldboden im Laufe eines Jahres bis zu 1 kg organischer Trockensubstanz in Form abgestorbener Zweige, Nadel- und Laubstreu, Gräser, Kräuter usw. ablagern. Bodenlebewesen zersetzen dieses Material und mineralisieren es schließlich.

Alle abgestorbenen Pflanzen- und Tierreste, die sich im Boden befinden, werden - unabhängig vom Zersetzungsgrad - unter dem Begriff „Humus“ erfasst.

### Humus und Bodenqualität.

Je nach Beschaffenheit wird der Humus in verschiedene Kategorien eingeteilt:

**Nährhumus:**

Beim Ab- und Umbau toter pflanzlicher und tierischer Substanzen werden von den Bodenorganismen zuerst die leicht abbaubaren Stoffe wie z.B. Stärke, Zucker und Eiweiß zersetzt. Bei einem großen Angebot solcher Stoffe entwickelt sich bald ein reiches Bodenleben. Zurück bleiben zunächst schwerer abbaubare Stoffe wie z.B. Lignin, Zellulose, Wachse, Harze, Gerbstoffe usw., die erst später angegriffen werden. Nährhumus ist demzufolge eine „Durchgangsstation“, die nur dann erhalten bleibt, wenn laufend Nachschub an neuem Material erfolgt.

Beim Abbau der organischen Verbindungen entstehen neben Kohlenstoffdioxid und Wasser auch noch Ammoniak sowie stickstoff-, phosphor- und schwefelhaltige Anionen. Daneben werden auch verschiedene Kationen freigesetzt. Diesen Abbauprozess bezeichnet man als Mineralisation.

**Dauerhumus:**

Dieser bildet sich, wenn auch die schwerer abbaubaren organischen Stoffe angegriffen werden. Durch Ab- und Umbauprozesse (Humifizierung) entstehen komplexe, dauerhafte Humusstoffe.

Dieser Dauerhumus ist wichtig für die Bodenfruchtbarkeit. Dauerhumus hat wesentlichen Anteil an der Bindung von Wasser und Nährsalzen im Boden. Außerdem ist er an der Krümelbildung beteiligt und verbessert das Bodengefüge. Auf Grund seiner dunklen Farbe erwärmt er sich rasch an der Sonne und beeinflusst so den Wärmehaushalt des Bodens.

**Rohhumus:**

Dieser entsteht, wenn mehr Streu anfällt als gleichzeitig abgebaut werden kann. Rohhumus ist eine sauer, nährstoffarme, biologisch ziemlich inaktive Auflage auf dem Boden. Schon bei oberflächlicher Untersuchung erkennt man nur grob zerkleinerte und kaum verwesene Pflanzenteile. Diese Humusform bildet sich insbesondere auf Sandböden, die eine Pflanzendecke tragen, welche eine schwer zersetzbare Streu liefert (Vorkommen z.B. Heiden und Nadelwälder).

Beurteilung des Bodens hinsichtlich des Humusanteils:

<u>Humusanteil</u>	<u>Beurteilung</u>
bis 1 %	humusarm
2 - 4 %	schwach humos
5 - 10 %	humos
11 - 15 %	humusreich
16 - 20 %	anmoorig
über 20 %	moorig

Die feste Substanz des Bodens setzt sich also aus Mineralstoffen (Verwitterungsmaterial) und organischen Stoffen (Humus) zusammen. Diese Stoffe stellen etwa die Hälfte des Bodenvolumens dar. Der Rest entfällt auf Hohlräume („Poren“), die teils Luft, teils Wasser enthalten.

Die Bodenmineralien lassen sich entsprechend der Korngröße ordnen:

	<u>Bezeichnung</u>	<u>Ø der Teilchen (mm)</u>
<b>Grobboden</b>	Steine	63 und größer
	Kies	63 - 2,00
<b>Feinboden</b>	Sand	2,0 - 0,063
	Schluff	0,063 - 0,002
	Ton	0,002 und kleiner

Je nach der mineralischen Zusammensetzung ergeben sich erhebliche Unterschiede zwischen verschiedenen Böden. Dies zeigt sich z.B. beim Vergleich von den zwei im Typ sehr unterschiedlichen Sand- und Tonböden:

#### **Sandboden:**

- relativ große Bodenteilchen
- geringes Wasserhaltevermögen
- meist geringer Nährsalzgehalt
- gute Durchlüftung
- gute Durchwurzelbarkeit
- leicht zu bearbeiten („leichter“ Boden)

#### **Tonboden:**

- vorwiegend kleine Bodenteilchen
- hohes Wasserhaltevermögen
- schlechte Wasserführung
- meist hoher Nährsalzgehalt
- schlechte Durchlüftung
- schlechte Durchwurzelbarkeit
- schwer zu bearbeiten („schwerer“ Boden)

Ein ideal zusammengesetzter Boden besteht aus ca. 40 % Ton, 30 % Schluff und 30 % Sand verschiedener Korngröße. Er wird als sandig-toniger Lehm bezeichnet.

**Anmerkung:** Lehm ist eine Bodenart, die zu etwa gleichen Teilen aus Ton, Schluff und Sand besteht. Diese Zusammensetzung bedingt die guten Eigenschaften dieses Bodens.

## Information

### Bodenprofil

Bei einem natürlichen („gewachsenen“) Boden lassen sich 3 Horizonte unterscheiden.

#### A-Horizont (Oberboden):

Die oberste Schicht ist in der Regel humusreich und daher dunkel gefärbt. Sie besitzt Krümelstruktur. Es handelt sich um die Bodenschicht, die im Gartenbau und in der Landwirtschaft regelmäßig mit Spaten und Pflug bearbeitet wird.

Durch Niederschlagswasser können aus dem A-Horizont Metallverbindungen (z.B. Aluminium-, Eisen- und Manganoxide) zusammen mit Huminstoffen ausgewaschen und in tiefere Bodenschichten verlagert werden.

Bei bearbeiteten Böden ist dieser Horizont ca. 20 - 30 cm dick. Im Einzelfall sind jedoch erhebliche Abweichungen von diesem Wert möglich. Letzteres trifft auch auf ungenutzte oder nur wenig genutzte Böden zu.

#### B-Horizont (Unterboden):

In diesem tieferliegenden Bereich lagern sich aus dem A-Horizont ausgewaschene Stoffe ab (Einwaschung). Daher findet man hier z.B. braunschwarz gefärbte (Huminstoffe) oder rostbraun gefärbte (Eisenoxide) Teilhorizonte.

Der Boden ist im Bereich des B-Horizontes stärker verdichtet als bei A. Die Mächtigkeit beträgt meist das 2 - 3 fache des A-Horizontes.

#### C-Horizont (Untergrund, Ausgangsgestein):

Dieser Horizont ist reich an dem Material, das durch Verwitterung zur Entstehung des A- und B-Horizontes beigetragen hat. Je nach geologischer Situation trifft man Gesteinsbrocken unterschiedlicher Größe, Löß, Sand usw. an, humose Einlagerungen fehlen.

#### L-Horizont:

Bei nicht oder nur wenig bearbeiteten Böden (z.B. Wald) ist dem A-Horizont noch eine weitere Schicht aufgelagert, die als L-Horizont bezeichnet wird. Es handelt sich dabei nicht um Boden im engeren Sinn, sondern um noch weitgehend unzersetztes, organisches Ausgangsmaterial („Streu“).

## Versuch

### Fingerprobe

Kopiervorlage

Die Mineralstoffzusammensetzung des Bodens lässt sich näherungsweise leicht bestimmen. Nehmen Sie dazu eine ca. walnussgroße Menge einer schwach feuchten Bodenprobe. Kneten und rollen Sie diese in der Hand und versuchen Sie eine etwa bleistiftdicke „Wurst“ zu formen. Beurteilen Sie die Bodenprobe nach den folgenden Kriterien (n. Winkel) und versuchen Sie eine Zuordnung der Bodenart:

<u>Bodenart</u>	<u>Tastempfindung</u>	<u>Plastizität</u>	<u>Schmierfähigkeit</u>
Sand	rau, körnig knirscht hörbar Einzelkörner gut sicht- und fühlbar	nicht formbar zerfällt	keine Beschmutzung der Hand
Schluff	stark mehlig, nicht schmierig, Körner nicht fühlbar, glitzern aber in der Sonne	kaum formbar nicht ausroll- bar	in den Fingerrillen haftend
Lehm	viel Feinsubstanz wenige Körner sicht- und fühlbar klebrig	gute form- und knetbar bis Bleistiftdicke ausrollbar Gleitfläche rau	deutliche Anfärbung der Finger
Ton	seifig, fettig; auch zwischen den Zähnen keine Körner spür- bar	zu einer sehr dünnen, biegsamen Schnur ausrollbar; zu einer glänzenden Gleitfläche zu verwischen.	sehr starke Be- schmutzung der Hand

### Versuchsprotokoll:

Datum      Erdprobe      Eigenschaften      Bodenart





## Versuch

### Sedimentationsprobe

Kopiervorlage

Die Zeit in der sich eine Bodenaufschlammung absetzt, gibt Hinweise auf die Mineralstoffzusammensetzung des Bodens.

#### Material:

zylindrisches Gefäß (z.B. ein weiter Standzylinder)  
Meterstab

#### Durchführung:

In ein möglichst hohes, zylindrisches Gefäß (z.B. Standzylinder) bringt man eine 3 cm hohe Schicht Feinerde ein. Dann füllt man auf 10 cm mit Wasser auf und schüttelt kräftig. Sodann lässt man das Gefäß erschütterungsfrei stehen und beobachtet die schichtweise Sedimentation der verschiedenartigen Bodenbestandteile entsprechend folgender Tabelle (n. Winkel).

#### Auswertung

<u>Bodenart</u>	<u>Absetzzeit</u>	<u>Schichthöhe</u> (eigene Messung)
Sand	5 Sekunden	..... mm
grober Schluff	5 Minuten	..... mm
feiner Schluff	1 Stunde	..... mm
Ton	8 Stunden	..... mm

Nach den angegebenen Sedimentationszeiten markiert man die jeweilige Schichthöhe am Glaszylinder. Die Schichtdicke der verschiedenen Bestandteile gibt Hinweise auf den Teil der einzelnen Bestandteile am Bodenvolumen. Allerdings muss berücksichtigt werden, dass der Ton bei Wasseraufnahme etwas quillt, also an Volumen zunimmt.

## Versuch

### Bestimmung des Kalkgehaltes im Boden

Kopiervorlage

#### Material:

Tropfflasche mit verd. Salzsäure, 3,7 %  
Petrischalen-Hälfte  
Esslöffel

#### Durchführung:

- Kleine Bodenprobe auf die Petrischale bringen und etwas zerteilen.
- Aus Tropfflasche eine Tropfpipette voll verd. Salzsäure über Bodenprobe geben.
- Reaktion der Salzsäure mit Boden beobachten.

Aus dem Aufbrausen der Zugabe von Salzsäure kann näherungsweise auf den Kalkgehalt geschlossen werden.

Kein Aufbrausen	bis 1 %	Kalkgehalt
schwaches Aufbrausen	1 - 3 %	
deutliches, aber kurzes Aufbrausen	3 - 5 %	
anhaltendes Aufbrausen	5 %	

#### Versuchsergebnisse:

Datum \_\_\_\_\_ Bodenprobe von \_\_\_\_\_ Kalkgehalt in % \_\_\_\_\_ pH-Wert \_\_\_\_\_

**Aufgabe:** Bestimme von den jeweiligen Bodenproben auch den pH-Wert (s. Seite 26) und tragen die Ergebnisse in diese Tabelle ein. **Versuche Zusammenhänge aufzuzeigen.**

## Versuch

### Bestimmung der Huminstoffe im Boden

Kopiervorlage

#### Material:

Reagenzglasständer  
Reagenzgläser mit Gummistopfen  
Trichter  
Filterpapier  
Natronlauge ( $\approx 1\%$ -ig)  
Esstöffel  
Plastikspritze 10 ml

#### Durchführung:

- Reagenzglas zur Hälfte der Erdprobe (ohne Steine) füllen.
- Mit Plastikspritze 15 ml Natronlauge zugeben.
- Reagenzglas mit Stopfen verschließen.
- 1 - 2 Minuten kräftig schütteln.
- Über Filterpapier und Trichter in leeres Reagenzglas filtrieren.

Aus der Farbe des Filtrats kann eine Aussage über die Humusform gemacht werden.

<b>Filtrat</b>	<b>Huminsäuren</b>	<b>Humusform</b>	<b>Herkunft</b>
wasserhell	zahlreich	Dauerhumus	Kalkbodenhumus
gelblich	vorhanden	Mischform	Buchenhumus
dunkelbraun	gering	Rohhumus	Fichtenhumus

#### Versuchsergebnisse:

Datum      Bodenprobe von      Huminsäuren      pH-Wert

**Aufgabe:** Bestimme von den jeweiligen Bodenproben auch den pH-Wert (s. Seite 25 - bis 26) und trage die Ergebnisse in diese Tabelle ein.

**Versuche Zusammenhänge aufzuzeigen.**

**Information**

## **Speicherung von Düngersalzen und Wirkung von „saurem Regen“ im Boden.**

An ihrer Oberfläche tragen die Bodenteilchen negative Ladungen. Die Kationen der im Boden befindlichen Mineralstoffe, also z.B.  $K^+$ ,  $NH_4^+$ ,  $Mg^{2+}$  usw. können durch diese negativen Ladungen an die Bodenteilchen gebunden werden. Besonders stark ist dieser Effekt bei mehrfach positiv geladenen Ionen, also z.B.  $Fe^{3+}$ . Durch die Absorption an Bodenteilchen wird ein Auswaschen der Ionen in tiefere Schichten (Grundwasser!) vermieden und verzögert. Im Austausch gegen Anionen, insbesondere Wasserstoffionen, können die Wurzelhaare der Pflanzen die an Bodenteilchen gebundenen Kationen freisetzen und aufnehmen.

Diese Ionenaustauschvorgänge an den Bodenkolloiden werden durch sauren Regen empfindlich gestört. Das hohe Angebot an Wasserstoffionen setzt in diesem Fall die an Bodenteilchen gebundenen Kationen frei, die dann mit dem Wasserstrom ausgeschwemmt werden und in den Untergrund gelangen.

Ferner kann der saure Regen Aluminiumionen ( $Al^{3+}$ ) aus dem Boden selbst (Ausgangsgestein) freisetzen. Diese können in größeren Mengen für Pflanzen giftig sein.

Anionen, z.B. Phosphat- und Nitrationen, werden nicht von den Bodenteilchen absorbiert und unterliegen daher leicht einer Auswaschung.

### **Hinweise zur Versuchsdurchführung:**

Die Glasflasche mit der Aufschrift „Aqua dem.“  $pH \approx 3 - 4$  enthält bei der Lieferung lediglich reines Wasser. Vor der Verwendung fügt man zum Flascheninhalt ca. 15 Tropfen der verdünnten, 3,7 %igen Salzsäure (Pipettenflasche) hinzu und erhält so eine salzsaure Lösung mit einem pH-Wert von ca. 3. Je niedriger der pH-Wert der „salzsauren Lösung“, um so stärker ist der Auswascheffekt. Soll lediglich das Wirkungsprinzip des sauren Regens veranschaulicht werden, so kann man z.B. eine Lösung von 10 Tropfen der 3,7%-igen Salzsäure in 10 ml Aqua dem. benutzen und erhält so einen deutlich stärkeren Effekt als beim ursprünglichen Versuchsansatz.

## Versuch

### Speicherung von Düngersalzen und Wirkung von „saurem Regen“ im Boden

Kopiervorlage

#### Material:

Reagenzglasständer	verd. Eisenchlorid-Lösung
Reagenzgläser	verd. Kaliumthiocyanat-Lösung
Trichter	salzsaure Lösung (pH $\approx$ 3 - 4)
Filterpapier	Bodenproben
dem. Wasser	Esslöffel
Plastikspritze 10 ml	

#### Durchführung:

- Filterpapier in Trichter einlegen.
- Bodenprobe bis zum oberen Rand des Filterpapiers locker einfüllen.
- In Reagenzglas ca. 5 Tropfen Kaliumthiocyanat geben und Trichter aufsetzen.
- Mit Plastikspritze und Röhrchen 10 ml Eisenchlorid-Lösung tropfenweise über die Bodenprobe verteilen und Filtrat auffangen.

#### **Information**

Eine Lösung die Eisen-Ionen und Thiocyanat enthält, ist rot gefärbt.

- Trichter auf ein neues Reagenzglas (enthält ca. 5 Tropfen Kaliumthiocyanat-Lösung) setzen und 10 ml demin. Wasser mit Spritze tropfenweise auf die Bodenprobe geben.
- Reagenzglas erneuern und wiederum 10 ml demin. Wasser über die Bodenprobe geben.

Vorgang so lange wiederholen, bis Filtrat **keine** Rotfärbung mit Thiocyanat-Ionen ergibt.

- Reagenzglas erneuern und 10 ml einer salzsauren Lösung (pH 3 - 4) tropfenweise auf die Bodenprobe geben.

Vorgang 1 - 2 mal wiederholen.

#### Beobachtung:

#### Folgerung:

## Information

### Der Farbstoff Methylenblau wird von Erde adsorbiert.

Der Boden besitzt Filtereigenschaften. Viele Wasserverunreinigungen (jedoch keineswegs alle!) werden im Boden zurückgehalten.

Große Teilchen bleiben einfach in den „Bodenporen“ hängen (mechanische Reinigung).

Gelöste Stoffe können von Bodenteilchen adsorbiert, also mehr oder weniger stark gebunden werden. Auf diese Weise können chemische Verunreinigungen dem Schmutzwasser entzogen und im Boden zurückgehalten werden.

Der Wirkungsgrad dieses Filtersystems hängt von verschiedenen Faktoren ab, z.B.

- Größe und Art der absorbierenden Oberflächen.
- Bodentyp
- Geschwindigkeit der Wasserbewegung in den Bodenhohlräumen.

Mit einer Methylenblau-Lösung wird im Experiment die Adsorptionswirkung des Bodens demonstriert.

## Versuch

Kopiervorlage

### Material:

Reagenzglasständer  
Reagenzgläser  
Trichter  
Filterpapier  
dem. Wasser  
Plastikspritze  
Methylenblau-Lösung

### Durchführung:

- Reagenzglas mit dem. Wasser füllen.
- Einige Tropfen Methylenblau dem Wasser zufügen.
- Trichter mit Filterpapier auslegen.
- Erdprobe in den Trichter füllen.
- Die verd. Methylenblau-Lösung auf die Erdprobe gießen und in ein zweites Reagenzglas durchlaufen lassen.

Die Farbe wird vom Erdboden adsorbiert. Evtl. den Vorgang mit der gleichen Flüssigkeit wiederholen.

## Versuch

### Stabilität der Bodenkrümel gegenüber Wasser

Kopiervorlage

#### Material:

Federpinzette  
Petrischalenhälfte  
verschiedene Bodenproben  
Wasser

#### Durchführung:

- Mit der Pinzette werden Bodenkrümel von 2 - 3 mm  $\varnothing$  ausgelesen und in eine Petrischalenhälfte gelegt.
- Soviel Wasser zugeben, dass die Krümel etwa zu 2/3 mit Wasser bedeckt sind.
- Petrischalenhälfte ca. 5 Minuten ruhig stehen lassen.
- Petrischalenhälfte kurz umschwenken und dabei Krümelstruktur beobachten.

#### Beobachtung:

Datum.....

Krümelform (zuordnen): \_\_\_\_\_ Probe 1 \_\_\_\_\_ Probe 2 \_\_\_\_\_ Probe 3

1. Unverändert
2. Vorwiegend große, nur wenige kleine Bruchstücke
3. Etwa gleich viele große und kleine Bruchstücke
4. Vorwiegend kleine, nur wenig große Bruchstücke
5. Krümel aufgelöst

#### Auswertung:

Geringer Zerfall der Bodenkrümel bedeutet hohe Bodenstabilität. Je leichter die Krümel zerfallen, um so geringer ist dagegen die Bodenstabilität.

Geringe Bodenstabilität begünstigt Bodenerosionen und eine Verschlammung der Bodenporen. Letzteres ist nachteilig für die Durchlüftung und die Wasserführung. Eine gute Stabilität begünstigt die Durchwurzelung und ist positiv für Bodenorganismen.





## Versuch

### Tätigkeit von Boden-Mikroorganismen

#### a. Harnstoffabbauende Bakterien.

##### Material:

Zylindrisches Glasgefäß mit Abdeckung  
(z.B. Marmeladenglas)  
Harnstoff

##### Durchführung:

- Füllen Sie das Glasgefäß etwa zur Hälfte mit Erde.
- Fügen Sie ca. ½ Teelöffel Harnstoffpulver zur Erde und mischen Sie diese.
- Feuchten Sie die Erde gut an und decken Sie das Glas ab.
- Lassen Sie das Gefäß bis zum nächsten Tag an einem warmen Ort stehen.
- Heben Sie die Abdeckung und machen Sie vorsichtig(!) eine Geruchsprobe.

##### Beobachtung:

Hinweis: Es ist ein stechender Geruch wahrnehmbar, der auf Ammoniak zurückzuführen ist und der durch bakterielle Harnstoffzersetzung entsteht. Wenn Sie ein feuchtes Universalindikatorpapier in das Gefäß halten, so zeigt sich eine basische Reaktion. Sie können auch neben das Versuchsgefäß eine geöffnete Salzsäureflasche halten. Weiße Ammoniumchlorid-Nebel zeigen die Anwesenheit von Ammoniak an.

Wenn Sie die Erde vor Versuchsbeginn im Trockenschrank bzw. Backofen stark erhitzen (z.B. 1 Stunde bei 150° C), so werden die Mikroorganismen abgetötet.

**Der Harnstoffabbau unterbleibt in diesem Fall.**

#### b. Zelluloseabbau durch Mikroorganismen

##### Material:

Petrishalen  
Filterpapier, Plastikfolie (z.B. Einkaufstüte)

##### Durchführung:

- Petrischale mit gut angefeuchteter Gartenerde füllen.
- Auf die Erde legt man einen Filtrierpapierstreifen (leicht andrücken) und verschließt die Schale mit dem Deckel.
- Man legt die Schale an einen warmen Ort und sorgt dafür, dass die Erde immer feucht ist.
- Kontrollieren Sie den Versuchsansatz nach 1, 2 und 3 Wochen.

### Beobachtung:

Hinweis: Schon nach wenigen Wochen ist das Filtrierpapier (Zellulose) „verschwunden“. Es wurde in erster Linie durch zellulosezersetzende Bodenbakterien abgebaut. Wenn Sie den Versuch mit steriler Erde (s. S. 18) durchführen, **unterbleibt daher der Zelluloseabbau.**

Der Versuch lässt sich in mannigfacher Weise variieren:

- Vergleichsstreifen aus Kunststoff auflegen. Er verändert sich nicht.
- Verschiedene Papiersorten auf ihre Abbaubarkeit prüfen.
- Verschiedene Erdsorten verwenden (z.B. Komposterde, Sand usw.).
- Abhängigkeit der Abbaugeschwindigkeit von der Temperatur untersuchen (z.B. Versuchsan-satz im Kühlschrank aufbewahren).

## Versuch

### Bodentemperatur

Kopiervorlage

#### Material:

Bohrstock für Bodenthermometer  
Thermometer  
Meterstab, Faden, Filzstift

#### Durchführung:

- Bohren Sie mit dem Bohrstock ein oder mehrere Löcher in den Boden.
- Befestigen Sie einen Faden so am Thermometer, dass Sie damit die Thermometerspitze in einer bestimmten Tiefe des Bohrlochs arretieren können.
- Bringen Sie mit dem Filzstift eine cm-Skala auf dem Thermometer an.
- Führen Sie das Thermometer unterschiedlich tief (z.B. 1, 2, 5, 10, 20 cm) in das Bohrloch ein. Warten Sie einige Minuten, bis sich die Temperaturanzeige nicht mehr verändert.
- Lesen Sie die Temperatur ab und fertigen Sie ein Protokoll.

Datum.....

Uhrzeit.....

Bodentiefe	Temperatur Beispiel	eigene Messung
1 cm	34° C	.....° C
2 cm	28° C	.....° C
5 cm	23° C	.....° C
10 cm	20° C	.....° C
20 cm	18° C	.....° C

Hinweis: Wählen Sie für die Messungen möglichst eine sonnenbeschienene, ebene Fläche aus. So erhält man größere Temperaturunterschiede zwischen Oberflächen- und Tiefenmessungen als bei bedecktem Himmel. Wasser ist ein besserer Wärmeleiter als Luft. Nasser Boden ist ein wesentlich besserer Wärmeleiter als ein trockener und mit Luft erfüllter. Je feuchter der Boden ist, um so geringer ist daher die Temperaturdifferenz zwischen Oberfläche und einer bestimmten Tiefe.

Messungen „rund um die Uhr“ lassen erkennen, dass die täglichen Temperaturschwankungen mit zunehmender Bodentiefe abnehmen. Während die Temperaturspanne in 2 cm Tiefe z.B. von 16 - 28° C erreichen kann, misst man in 20 cm Tiefe z.B. nur Temperaturen zwischen 17 und 21° C. Bei 30 cm Tiefe betragen die täglichen Temperaturschwankungen nur noch ca. 2° C.

## Information

### Bestimmung des Phosphat- und Nitratgehaltes im Boden

mit **zusätzlichem** Phosphat- und Nitrat-Test, direkt zu beziehen bei Machery & Nagel GmbH, Postfach 101352, 52313 Düren

### Phosphat

Durchschnittlich geht man von folgenden Werten aus:

55 mg/100 g trockener Boden	=	sehr hoher Gehalt
30 mg/100 g trockener Boden	=	mittlerer Gehalt
20 mg/100 g trockener Boden	=	niedriger Gehalt
15 mg/100 g trockener Boden	=	ungedüngte Böden

Durch Düngung werden ca. 40 mg pro 100 Gramm Boden angestrebt. Es wird üblicherweise der Phosphatgehalt bezogen auf  $P_2O_5$  (Phosphorpentoxid) angegeben. Da dem Schüler wahrscheinlich das Phosphat-Ion ( $PO_4^-$ ) geläufiger ist, kann man umrechnen:

100 g  $P_2O_5$  entsprechen ca. 70 g  $PO_4^{3-}$

### Nitrat

Der Nitratgehalt des Ackerbodens kann sehr stark schwanken. Er ist abhängig von der Bodenart, Bepflanzung, Niederschlagsmenge, Bodentemperatur usw.

Im Frühjahr (März) kann man z.B. 60 mg/100 g Boden finden. Während des Sommers wird Nitrat von den Pflanzen aufgenommen. Daher ist im Boden oft weniger Nitrat anzutreffen. Andererseits kann durch intensive Düngung der Nitratgehalt wiederum gesteigert werden. Im Herbst sollte nicht mehr als 50 mg/100 g Boden vorhanden sein, da insbesondere bei fehlender Pflanzendecke das Nitrat leicht ausgewaschen und ins Grundwasser gelangen kann.

Ganz trockene Böden zeigen sehr niedrige Nitratwerte zwischen 0,5 - 1,5 mg/100 g Boden an. Extrem saure Böden haben nur 0,1 mg oder weniger.

Hinweis: Als Nitrat-Grenzwert für das Trinkwasser gilt in der Bundesrepublik Deutschland ein Gehalt von 50 mg  $NO_3^-$ /Liter.

In diesem Zusammenhang kann man auch darauf hinweisen, dass über die Luft (z.B. Autoabgase) derzeit jährlich ca. 50 kg Nitrat pro Hektar in den Boden gelangen.

## Versuch

### Bestimmung des Phosphat- und Nitrat- gehaltes im Boden mit **zusätzlichen** Phosphat- und Nitrat-Testsets

Kopiervorlage

#### Material:

Reagenzglasständer  
Reagenzgläser mit Gummistopfen  
Trichter  
Filterpapier  
dem. Wasser  
Esslöffel  
Plastikspritze, 10 ml  
**Phosphat-Testset**, Kat. Nr. 931084 direkt bei Machery & Nagel GmbH, Postfach 101352  
**Nitrat-Testset**, Kat. Nr. 931041 52313 – Düren, Tel.: 02421 9690, [info@mn-net.com](mailto:info@mn-net.com)

#### Durchführung:

- 2 Reagenzgläser zur Hälfte mit Erdprobe (ohne Steine) füllen.
- Mit Plastikspritze jeweils 15 ml demin. Wasser zugeben.
- Reagenzgläser mit Stopfen verschließen.
- Ca. 2 Minuten kräftig schütteln.
- Über Filterpapier und Trichter in leeres Reagenzglas filtrieren.

Bestimmung des Phosphat- und Nitratgehaltes im Filtrat nach Anleitung zu den Testsets.

Aufgabe: Berechne aus dem Phosphat- und Nitratgehalt im Filtrat den Phosphat- und Nitratgehalt in der verwendeten Bodenprobe.

#### Ergebnisse:

Datum	Bodenproben von	Phosphat- der Bodenprobe in mg	Nitratgehalt
-------	-----------------	-----------------------------------	--------------

---

## Information

### Bestimmung des Chloridgehaltes im Boden mit zusätzlichem Chlorid-Testset Chlorid-Ionen

In nicht genutzten Böden ist Chlorid nur in sehr geringen Mengen nachzuweisen (Spurenelementbereich), weniger als 1 mg/100 g Erde).

Den landwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Kulturböden werden Chloride als Begleitstoffe von Mineralstoffdüngern zugeführt. Je nach dem Grad der Düngung kann man hier etwa 5 - 10 mg/100 g Erde antreffen.

Ganz andere Verhältnisse weist das Küstengebiet auf. Außerordentlich hohe Werte sind z.B. im Strandbereich zu finden, so etwa in den Salzwiesen, die immer wieder vom Meer überspült werden. Extremwerte kann man auch an den Standorten ausgesprochener Halophyten (z.B. Quellen) messen. Der Wind kann aber das Meersalz auch weit in das Landesinnere verfrachten.

## Versuch

Kopiervorlage

### Material:

Reagenzglasständer  
Reagenzgläser mit Gummistopfen  
Trichter  
Filterpapier  
dem. Wasser  
Esstlöffel  
Plastikspritze 10 ml mit Rührchen  
**Chlorid-Testset** Kat. Nr. 915004 siehe Seite 22 Machery & Nagel

### Durchführung:

- Reagenzglas zur Hälfte mit Erdprobe (ohne Steine) füllen.
- Mit Plastikspritze 15 ml dem. Wasser zugeben.
- Reagenzglas mit Stopfen verschließen.
- Ca. 2 Minuten kräftig schütteln.
- Über Filterpapier und Trichter im Filtrat nach Anleitung im Chlorid-Testset.

Aufgabe: Berechne aus dem Chloridgehalt im Filtrat den Chlorid-Gehalt in der verwendeten Bodenprobe.

### Ergebnisse:

Datum \_\_\_\_\_ Bodenprobe von \_\_\_\_\_ Chlorid-Gehalt in der Bodenprobe in mg \_\_\_\_\_

## Information

### Die pH-Werte im Boden

Entsprechend der Bodenreaktion unterscheidet man - grob ausgedrückt - stark saure, schwach saure, neutrale und alkalische Böden. Der pH-Wert drückt diese Zuordnung in Zahlen aus und erlaubt so wesentlich differenziertere Angaben. Mit pH 7 bezeichnet man einen **neutral** reagierenden Boden. Werte unter 7 kennzeichnen den sauren Bereich (z.B. pH 6 = schwach sauer). Bei Werten größer als 7 spricht man von alkalischer Reaktion.

Im Gartenbau und in der Landwirtschaft lässt der pH-Wert Rückschlüsse zu, ob ein Boden für den Anbau bestimmter Pflanzen geeignet ist. Kulturpflanzen stellen nämlich ebenfalls recht unterschiedliche Ansprüche an die Bodenreaktion. Beispielsweise bevorzugt die Kartoffel pH-Werte zwischen 5,2 und 6,0. Auch Hafer liebt schwach sauren Boden. Für den Anbau von Rot- und Weißkohl sollte der pH-Wert im neutralen Bereich liegen (pH 6,5 - 7,5), während die Luzerne einen schwach alkalischen Boden (pH 7 bis 8) bevorzugt. Für Rasen sind pH-Werte zwischen 5,5 und 7,0 am günstigsten. Nadelhölzer brauchen etwa 5,5 bis 7,0. Laubhölzer 5,5 bis 6,5. In freier Natur sind ausgesprochen säureliebend Moor- und Heidepflanzen (Heidelbeere z.B. 3,5 bis 5,0) - **Düngung** kann den pH-Wert des Bodens beeinflussen. Kalkzufuhr z.B. verändert den pH-Wert saurer Böden.

## Information

### Bestimmung des pH-Wertes im Boden.

Je nach Bestimmungsmethode lassen sich allerdings für ein und dieselbe Bodenart unterschiedliche pH-Werte feststellen. Bei vergleichenden Untersuchungen muss deshalb die jeweilige Bestimmungsmethode berücksichtigt werden.

Bei pflanzenökologischen Untersuchungen ermittelt man den pH-Wert in der Regel in einem **wässrigen Extrakt**. Man erhält so den pH (H<sub>2</sub>O). Dieser Wert entspricht den natürlichen Verhältnissen am besten.

Für spezielle bodenkundliche und agrikulturchemische Untersuchungen extrahiert man die Bodenproben mit einer **Salzlösung**. Meist verwendet man als Extraktionsmittel eine verdünnte KCl-Lösung (z.B. 0,1 mol/l KCl) = pH (KCl). Bei diesem Verfahren werden die in sauren Böden an Bodenkolloide gebundenen Wasserstoffionen teilweise gegen Kaliumionen ausgetauscht. Die so freigesetzten Wasserstoffionen führen (im Vergleich zum wässrigen Extrakt) zu einem etwas niedrigeren pH-Wert.

In neutral oder alkalisch reagierenden Böden werden jedoch umgekehrt OH-Ionen freigesetzt.

Fazit: der pH (KCl) ist in sauren Böden niedriger, in neutralen und alkalischen hingegen höher als der pH (H<sub>2</sub>O).



## Versuch

### Bestimmung des pH-Wertes im Boden mit **zusätzlichem** pH-Testset

Kopiervorlage

#### Material:

Reagenzglasständer  
Reagenzgläser mit Gummistopfen  
Trichter  
Filterpapier  
dem. Wasser  
Esslöffel  
Plastikspritze 10 ml  
**pH-Testset** , Kat. Nr. 914022 siehe Seite 22 Machery & Nagel

#### Durchführung:

- Reagenzglas zur Hälfte mit Erdprobe (Feinerde ohne Steine) füllen.
- Mit Plastikspritze 15 ml dem. Wasser zugeben.
- Ca. 5 Minuten kräftig schütteln.
- Über Filterpapier und Trichter in leeres Reagenzglas filtrieren.

Bestimmung des pH-Wertes im Filtrat nach Anleitung im pH-Testset.

#### Versuchsergebnisse:

Datum \_\_\_\_\_ Bodenproben von \_\_\_\_\_ pH-Wert \_\_\_\_\_

## Zusatzausstattung zu den Themen:

### Trennung von Bodenpartikeln

### Durchlässigkeit und Wasseraufnahmevermögen von Bodenproben

#### 4 Körnungssiebe für Bodenproben, Schlüter Art. 400.110

Mit diesen Körnungssieben können Sie Böden untersuchen und in ihre verschieden große Bestandsartikel aufteilen. Sie können außerdem unterschiedliche Bodentypen miteinander vergleichen.

#### Ein Satz Körnungssiebe besteht aus:

1 Deckel

1 Bodenwanne

4 Siebe mit den Maschengrößen

ca. 3,5 mm lichter Ø                      ca. 1 mm lichter Ø

ca. 0,6 mm lichter Ø                      ca. 0,2 mm lichter Ø

### Versuch

#### Die Trennung von Bodenpartikel

1. Die Bodenproben müssen zuvor auf festen Papierbogen zum Trocknen aufbereitet werden.
2. Bei allen Bodenproben sind Verunreinigungen, wie Gras, Wurzeln etc. , zu entfernen.
3. Zusammengebackene Bodenteile sind - am besten von Hand - zu zerbröseln, so dass sie in ihre kleinsten Bestandteile zerfallen.
4. Dann wird jede (trockene) Bodenprobe abgewogen; denn nach Trennung der unterschiedlich großen Bodenpartikel soll ja deren prozentualer Anteil festgestellt werden.
5. Dann trennt man die Bodenpartikel durch Verwendung der Siebe. In der Reihenfolge grobmaschig zu feinmaschig schwenkt man die Siebe horizontal hin und her. Die durchfallenden Partikel fallen dabei jeweils in das darunterliegende engmaschigere Sieb.

Es bedeuten:

Inhalt des ersten groben Siebes	=	Kies
Inhalt des zweiten Siebes	=	feiner Kies + Sand (grob)
Inhalt des dritten Siebes	=	Sand (mittel)
Inhalt des vierten feinsten Siebes	=	feiner Sand

Was durch das feinste Sieb in die Bodenwanne fällt ist Ton + Schluff.

6. Durch Abwiegen der einzelnen Partikelanteile kann der Prozentsatz aus dem Gesamtgewicht der Probe errechnet werden.

Interessant sind die Vergleiche unterschiedlicher Böden miteinander. Dabei stellt man fest, daß sandige Böden meist besonders viele große Partikel enthalten. Im Gegensatz z.B. zu humosen Erdproben.

## Versuch

### Durchlässigkeit und Wasseraufnahmevermögen der Bodenproben

Sie können die getrennten Partikel der Proben vorangegangener Versuche noch zu weiteren Untersuchungen verwenden, z.B. zur Erkundung der Wasserdurchlässigkeit, bzw. des Wasseraufnahmevermögens.

1. Füllen Sie mehrere, gleich große Trichter mit den getrennten Partikelmassen und setzen Sie die Trichter auf ein Gefäß zwecks Auffangs des Wassers. Die Trichter müssen alle die gleiche Füllmenge besitzen.
2. Nehmen Sie eine stets gleiche Wassermenge und gießen Sie diese auf die verschiedenen Bodenproben im Trichter.
3. Messen Sie den Zeitraum, den das Wasser braucht, um durch jeweils eine Bodenprobe durchzulaufen.
4. Messen Sie die durchgelaufenen Wassermengen. Sie stellen fest, dass die Partikelproben Wasser in unterschiedlicher Menge zurückhalten.
5. Vergleichen Sie die unterschiedlichen Ergebnisse miteinander und ziehen Sie Schlüsse auf die Durchlässigkeit und Aufnahmefähigkeit von Wasser in bezug auf die Körnunggröße.
6. Führen Sie die Durchlässigkeitsproben auch mit den nicht getrennten Bodentypen durch und vergleichen Sie Durchlässigkeit etc. mit den prozentual erhaltenen Partikelanteilen. - Es können also aus der Zusammensetzung der Böden Rückschlüsse gezogen werden bezüglich deren Wasserdurchlässigkeit und Wasseraufnahmefähigkeit.

**Bitte, reinigen Sie die Siebe nach Beendigung der Versuche.**

	Bodenprobe 1	Bodenprobe 2	Bodenprobe 3
	Gewicht Anteil	Gewicht Anteil	Gewicht Anteil
1. Sieb	.....g.....%	.....g.....%	.....g.....%
2. Sieb	.....g.....%	.....g.....%	.....g.....%
3. Sieb	.....g.....%	.....g.....%	.....g.....%
4. Sieb	.....g.....%	.....g.....%	.....g.....%
kleiner als			
4. Sieb	.....g.....%	.....g.....%	.....g.....%
<b>Gesamtgewicht</b>	.....g.....%	.....g.....%	.....g.....%

## Literatur (Auswahl)

- Buch, Walter, Gartenböden: verstehen, pflegen, erhalten, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 1989
- Dietz, Theodor und Weigelt, Hubert: Böden unter landwirtschaftlicher Nutzung, BLV-Verlag. Ges. München, 1987
- Göbel, Peter: Alles über Gartenböden, Frankch'sche Verlagshandlung, Stuttgart, 1984
- Jedicke, Eckhard, Boden: Entstehung, Ökologie, Schutz, Otto Maier Verlag, Ravensburg, 1989
- Maier, Joseph und Mittag, Jürgen: Landwirtschaft und Boden, LEU Stuttgart, Bio 56, 1989
- Schlichting, Ernst: Einführung in die Bodenkunde, Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 2. Aufl. 1986
- Schroeder, Dietrich: Bodenkunde in Stichworten, Verlag Ferdinand Hirt, Kiel, 3. Aufl. 1978
- Steubing, Lore und Christian Kunze: Pflanzenökologische Experimente zur Umweltverschmutzung, Quelle & Meyer Verlag, Heidelberg, 2. Aufl. 1975
- Winkel, Gerhard (Hrsg.): Das Schulgarten-Handbuch, Friedrich Verlag, Velbert, 1985
- Topp, Werner, Biologie der Bodenorganismen, Quelle & Meyer, Heidelberg, 1981