

13.02.2009 18:13

Dritter Teil: Der Boden in seiner organischen Zusammensetzung

Wir bestimmen den Humusanteil einer Bodenprobe durch Glühen

Informationen zum Thema



Normalerweise enthalten die Böden Mitteleuropas zwischen 2 und 8 % Humus. Mehr als 10 Prozent Humus gelten bereits als stark humushaltig (humos). Einen ersten Anhaltspunkt für den Humusgehalt gibt schon die Bodenfärbung.

Allerdings kann man sich auf das Augenmaß nur bedingt verlassen. Feuchtigkeit lässt den Boden dunkler erscheinen. Sandige Böden zeigen von Natur aus eine intensivere Färbung. Will man den Humusgehalt genauer bestimmen, muss man den Humus (die organische Substanz) verbrennen. Der mineralische Boden bleibt als Rückstand übrig.

Farbe	Sande	Lehme
hellgrau	humusarm	humusarm
grau	humushaltig	humushaltig
dunkelgrau	humos	humos
schwarzgrau	humusreich	humusreich
schwarz		sehr humusreich
Humusauflagen (O)		

Versuchsanstellung

Getrocknete Bodenproben werden über dem Bunsenbrenner zuerst langsam, später bis zur Rotglut erhitzt. Dabei verbrennt die organische Substanz vollständig. Im Boden gebundenes Wasser entweicht ebenfalls, weshalb die Proben vorher getrocknet werden müssen, um den Fehler möglichst klein zu halten. Ein penetranter Geruch nach verbrannten Haaren zeigt an, dass reichlich Stickstoff in der organischen Substanz (Eiweißstoffe!) gebunden gewesen ist. Das in der

beginnenden Erhitzungsphase entweichende Ammoniak lässt sich durch die Blaufärbung angefeuchteten roten Lackmuspapier bestätigen. Nach dem Abkühlen der Probe lässt sich der Kohlenstoffanteil (Humusanteil) aus dem Glühverlust berechnen. Bei carbonatreichen Böden entweicht durch die Erhitzung das anorganisch gebundene Kohlenstoffdioxid. Es ist deshalb empfehlenswert, das Kohlenstoffdioxid vor dem Versuch durch Salzsäure auszutreiben.



Untersuchungsmaterialien

Waage

Lackmuspapier

Porzellan- oder Blechtiiegel

getrocknete Feinerde

Tiegelzange Spatellöffel

Tondreieck;

Dreifuß

Glasstab

Bunsenbrenner

Versuchsablauf

a) Wiege den Porzellan- oder Blechtiiegel.

- b) Fülle mit einem Spatellöffel 50 g Boden ein. Notiere die Angaben
 c) Erhitze den Tiegel mit der Erde; zuerst langsam, später bis zur Rotglut.
 d) Rühre mit einem Glasstab die Substanz um, damit sie gleichmäßig verbrennt
 f) Halte ein angefeuchtetes rotes Lackmuspapier in die Dämpfe. Achte auf den Farbumschlag, er ist ein Nachweis für den Ammoniakgehalt.
 g) Erhitze die Substanz, bis sie eine weißlich-graue oder rötliche Färbung annimmt. Dann ist der Verbrennungsprozess beendet.
 h) Lass den Tiegel 20 Minuten abkühlen und stelle ihn dann auf die Waage.
 i) Werte aus!
 Der Glühverlust des Bodens (verbrannter Humus) ist in % der Bodeneinwaage zu berechnen

hier: Lackmустest



Formel für den Glühverlust
Tiegelgewicht + Bodeneinwaage (vor dem Glühen getrocknet)
minus
Tiegelgewicht + Bodeneinwaage nach dem Glühen
Glühverlust in Prozent = Glühverlust x 100/ Bodeneinwaage

Erfahrungen und Konsequenzen

Methodische Fehlerquellen

Der Glühversuch ergibt bei humusreichen Böden einen befriedigenden Anhaltswert für den Humusgehalt. Als methodische Fehlerquellen sind der Kohlenstoffdioxidverlust aus dem Calciumcarbonat und der Wasserverlust zu berücksichtigen.

Die in manchen bodenkundlichen Versuchsanleitungen vorgesehenen 5 g Boden reichen für einen Schülerversuch nicht aus, weil die Gewichts Differenz zu gering ist und genaue Waagen häufig nicht zur Verfügung stehen. Auch die vorgesehenen Porzellantiegel haben sich in der Praxis weniger gut bewährt. Blechtiegel lassen die Hitze schneller wirksam werden und kühlen auch schneller wieder ab.

Der Versuch eignet sich als Partnerarbeitsversuch. Allgemein sind die Schüler sehr motiviert, mit dem Bunsenbrenner die Bodenproben zu erhitzen, bis die organische Substanz verbrannt ist. Im Prinzip wäre es auch möglich, die Bodenproben in einen Muffelofen zu stellen, was aber die Freude am Versuch mindern würde.

Verständnisfragen und Anweisungen zum Experiment "Wir bestimmen den Humusanteil durch Glühen"

Was hast du in diesem Experiment getan?

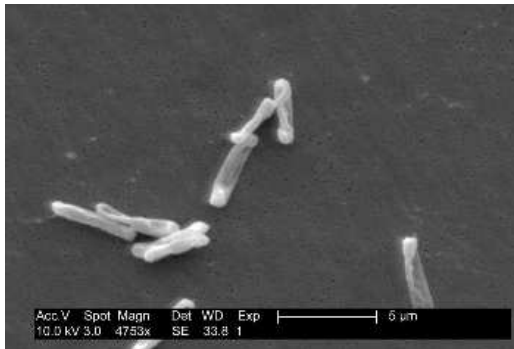
Warum ist Glühen ein Nachweis für Humus im Boden?

Worauf deutet ein strenger Geruch nach verbrannten Haaren hin?

Kleine Bakterienkunde

Bodenbakterien sind überwiegend heterotroph lebende Organismen, d. h. sie gewinnen Energie und körpereigene Substanz auf dem Wege des Abbaues vorhandener organischer Substanz.

hier: Clostridium



Einteilung der Bakterien nach physiologisch-ökologischen Gesichtspunkten:

1. Zellulosezerersetzer
2. Pektin- und Proteinzerersetzer
3. Harnstoffzerersetzer
4. Buttersäurebildner
5. Stickstoffbildner / Stickstofffreisetzer / Stickstoffumwandler

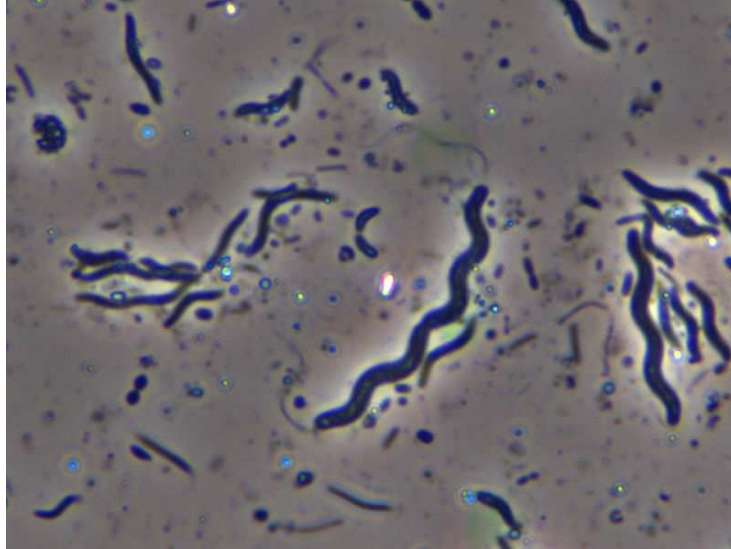
Bakterien wandeln im Boden organische Stickstoffverbindungen zum mineralischem Endprodukt Ammonium um. Etwa 1 - 3 % des organisch gebundenen Stickstoffs im Boden wird jährlich umgesetzt, welcher von Pflanzen teilweise genutzt werden kann. Nitrifizierende Bakterien (Nitrosomonas und Nitrobakter) wandeln Ammoniumstickstoff zu Nitrit- und Nitratstickstoff um.

Art und Umfang des Bakterienlebens im Boden hängen stark von den Umweltbedingungen im Boden ab. Mit steigender Temperatur steigt auch die Umsetzungsaktivität und damit die Kohlenstoffdioxid-Produktion. Gleiches gilt für die Bodendurchlüftung und die Bodendurchfeuchtung. Allgemein bevorzugen Bakterien für ein optimales Gedeihen eine schwach saure bis schwach alkalische Reaktion (pH 6 — pH 8) . Da Bakterien überwiegend heterotroph leben, hängt ihre Aktivität nicht zuletzt von der Menge der vorhandenen organischen Substanz im Boden ab.

Als arm an Bakterien bezeichnet man Böden mit einem Gehalt bis zu 500 Millionen Bakterien je Gramm Boden. Mittlere Gehalte betragen 500 - 1 000 Millionen und bakterienreiche Böden enthalten eine Keimzahl von über einer Milliarde je Gramm Boden.

Wenn die durchschnittliche Mikrobenmenge sich im Jahr nur zehnmal vermehren würde, dann bedeutete das je Hektar eine Menge von 700 dt Bakterien. Das ist die doppelte Gewichtsmenge, die eine gute Zuckerrübenernte an Ertrag pro Hektar bringt.

Spirillen



Auch wenn es sich bei den Bodenmikroben überwiegend um nicht-pathogene Formen handelt, sind Vorsichtsmaßnahmen für den Umgang mit den potentiell infektiösen Material angeraten.

steriles Arbeiten

- Während der Arbeit soll ein vorne geschlossener Laborkittel getragen werden.
- Einfache Bakterien- und Schimmelpilzkulturen mit unbekanntem Material zur Demonstration von Vorkommen und Wachstum von Bakterien und Pilzen nach Bebrütung geschlossen halten, nicht eintrocknen lassen und nach Gebrauch vernichten.
- Ausgediente Mikroorganismenkulturen durch Dampfdruckverfahren entsorgen.
- Sämtliche mikrobiologischen Arbeitsgeräte (mit Ausnahme von Einweggerätschaften) nach Gebrauch sterilisieren.
- Mikrobenhaltige Flüssigkeit keinesfalls mit dem Mund einpipettieren, sondern Pipettierhilfen (pi-Pump) verwenden.

Umgang mit Alkohol und Äther

- Dämpfe können sich sehr leicht an der Bunsenbrennerflamme oder an einer heißen Heizplatte entzünden (Explosionsgefahr!).
- Nur geringe Mengen am Verbrauchsort lagern!

Glasbruch

Beim Umgang mit Mikroorganismen werden zahlreiche Glasgefäße und Glasgerätschaften verwendet. Vorsicht!

- Beim Eindrehen von dichtschießenden Watte- oder Zellstoffpfropfen in die Öffnung von Glasgefäßen oder beim Einführen von Glasrohren in Gummistopfen Hände durch ein Tuch schützen:.
- Das Glasrohr soll kurz über dem Stopfen angefasst werden und darf nicht so gehalten werden, dass es sich in die Hände bohren kann.

UV-Lampen

In speziellen Mikroben-Untersuchungsräumen wird für die Sterilisation UV-Strahlung verwendet. Schutzbrille tragen!

Physikalische Methoden der Sterilisation

— Heißluftsterilisation dient zum Entkeimen von Metall- und Glasgeräten.

Temperaturen von 170 - 180 °C töten innerhalb von 24 Stunden alle Keime ab.

- Glasgegenstände sollen nur in getrocknetem Zustand in einen elektrisch beheizten Heißluftsterilisation gelegt werden.

- Glasgegenstände langsam abkühlen lassen!

Hier: Sterilisatoren in der Medizin



Da das Verfahren der Dampfsterilisation für den Schulbereich keine Bedeutung hat, sei an dieser Stelle auf die Angaben der Fachliteratur verwiesen .

Wir weisen Bakterien mit dem Lichtmikroskop nach

Versuchsanstellung

Ein Phänomen ist allen Bakterien gemein: Sie sind einzeln nicht mit dem bloßen Auge erkennbar (Größe ca. 1/1 000 mm). Mit dem Mikroskop lässt sich diese Distanz überwinden; es ist der Einstieg in die vielfältige Welt der Mikroben. Unter dem Mikroskop soll Regenwurm Kot untersucht werden, der eine hohe Bakterienkonzentration garantiert. Zwecks besserer Erkennbarkeit wird die bakterienhaltige Suspension mit Karbofuchsin vorbehandelt.

Untersuchungsmaterialien

Mikroskop

Objektträger

Glasstab zum Verrühren des Substrats

Bunsenbrenner

Karbofuchsinlösung nach Ziel-Neelsen (Merck Art. 9 215)

Ölimmersionszubehör

mehrere ausgewachsene Regenwürmer

Modernes Lichtmikroskop



Versuchsablauf

- a) Streiche mit dem Zeigefinger den Darminhalt eines Regenwurms auf einen Objektträger.
- b) Verdünne und verteile den Kotballen mit Wasser auf dem Objektträger.
- c) Färbe die Proben mit Karbofuchsinlösung.
- d) Lass das Präparat trocknen und mikroskopiere dann.
- e) Versuche Form und Färbung der Bakterien festzustellen.

Versuchsvorbereitung

1. Mikroskop bereitstellen
2. Regenwürmer ausgraben und in einem Topf mit Erde aufbewahren.
3. Für den nicht erfahrenen Lehrer empfiehlt sich ein Probeversuch.
4. Der eigenständige Umgang mit dem Mikroskop stellt für den unerfahrenen Schüler ein erhebliches Problem dar und muss entsprechend eingeübt werden

Verständnisfragen und Anweisungen zum Experiment "Wir weisen Bodenbakterien mit dem Lichtmikroskop nach"

1. Was hast du in diesem Experiment getan?
2. Wozu wird der Darminhalt eines Regenwurms als Probe für eine Bakterienuntersuchung genommen?
3. Wozu muss das Präparat erst mit Karbofuchsin angefärbt werden?

Bebrüten der Kulturen

Temperaturen von 25 bis 30 °C sind für das Bakterienwachstum optimal. Für die Einhaltung der Temperatur eignen sich insbesondere spezielle Brutschränke. Die Bebrütungsdauer ist mit drei bis fünf Tagen anzusetzen (Strahlenpilze ca. 14 Tage).

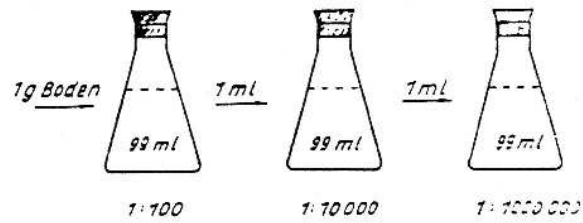
Herstellung einer Verdünnungsreihe

In einem Gramm Boden leben zwischen einer Million und einer Milliarde Bakterien. Es ist unmöglich, auch nur den Bakteriengehalt von einem Gramm Boden unter dem Mikroskop auszuzählen. Pro Flächeneinheit muss die Anzahl der Bakterien stark herabgesetzt werden.

Verfahren für relativ geringe Keimzahlen

1 g Boden mit bekanntem Wassergehalt wird in ein 100 ml Gefäß gegeben. Das *Gefäß* wird mit 0,1%iger Natriumpyrophosphatlösung bis zur Eichmarke aufgefüllt. Lösung schütteln!

Von dieser Bodensuspension (Verdünnung 1 : 100) werden 10 ml mit einer sterilen Pipette entnommen und wieder in ein 1-Liter-Gefäß übergeführt und aufgefüllt (Verdünnung 1 : 10 000). Lösung schütteln!



Verdünnungstufen

		Verd.stufe
10 g Boden aufgeschwemmt	in 100 ml H ₂ O	10 ⁻¹
1 ml der Suspension 10 ⁻¹	in 100 ml H ₂ O	10 ⁻³
1 ml der Suspension 10 ⁻³	in 100 ml H ₂ O	10 ⁻⁵
1 ml der Suspension 10 ⁻⁵	in 100 ml H ₂ O	10 ⁻⁷ usw.

Auswertung

Keimzahl je Gramm trockenen Bodens

$$= \frac{\text{ausgezählte Kolonien je Platte} \cdot (100 + \text{Gw}\%) \cdot \text{Verdünnungsstufe}}{100}$$

Beispiel: Hat man einen Mittelwert von 43 Kolonien je Platte bei Verdünnungsstufe von 1 : 10 000 und einen Wassergehalt frischen Bodens von 30 %, so ergibt sich:

Keimzahl je g absolut trockenen Bodens

$$= \frac{43 \cdot (100 + 30) \cdot 10\,000}{100} = 559\,000$$

Die so ermittelte Keimzahl ist stets kleiner als die wahre Keimzahl, da sich nicht jede Zelle zu einer Kolonie entwickelt.

Beispiel für Keimgehalte in einem Waldboden

Subhorizont	Bakterien	Pilze	Actinomyces
L	320 000	320 000	30 000
F	390 000	480 000	30 000
H	340 000	280 000	0
A ₁	240 000	70 000	30 000

Verfahren für eine hohe Verdünnung (Zehntelungsverfahren)

Von jeder Verdünnung erhält man neun gleiche Abmessungen, während die zehnte zur Herstellung der nächsten Verdünnungsstufe dient. Das Gesamtvolumen wird um 10 % größer als theoretisch erforderlich gewählt, damit das letzte Teilvolumen besser einpipettiert werden kann.

Beispiel

1,1 g Boden werden mit 108,9 ml Natriumpyrophosphatlösung versetzt. Von dieser Verdünnungsstufe (1: 100) werden wieder 9 Reagenzgläser mit je 10 ml Suspension abgefüllt. Weitere 11 ml dienen zur Herstellung der nächsten Verdünnungsstufe.

Wir weisen Bakterien mit dem Plattengussverfahren nach**Versuchsanstellung**

Frische Erde (entsprechend 10 g lufttrockener Erde) wird in eine Verdünnungsreihe überführt. Von der gewählten Verdünnung der Bodensuspension werden jeweils 1 ml mit einer Pipette in sterile Petrischalen übergeführt und 10 ml Flüssigagar

hinzugegeben. Die verschlossenen Petrischalen werden im Brutschrank 3 - 5 Tage bebrütet und dann ausgezählt.

Versuchsmaterialien

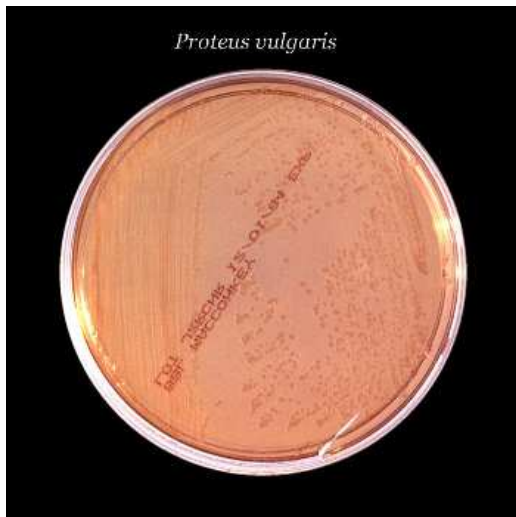
Waage
Bunsenbrenner
Erlenmeyerkolben mit Wattestopfen
Petrischalen (9 cm Durchmesser)
Messpipetten
Reagenzien
Alkohol zum Abflammen
Bakteriennährboden
Natriumpyrophosphatlösung

Versuchsablauf

- a) Setze die Verdünnungsreihe an.
- b) Nimm genau 1 ml Bodensuspension mit einer sterilen Pipette auf und fülle die Probe in eine Petrischale. Kennzeichne alle Petrischalen mit einem Filzstift.
- c) Gib 10 ml flüssigen Nähragar hinzu.
- d) Verschließe die Petrischalen mit einem Plastikfilm.
- e) Setze von jeder Verdünnungsstufe drei Wiederholungen an, weil es Ausfälle geben kann.
- f) Setze die geschlossenen Petrischalen in einen auf 28 °C erwärmten Brutschrank.
- e) Werte die gewachsenen Bakterienkulturen nach drei bis fünf Tagen aus (Färbung; Anzahl der Kolonien).

Hier: Brutschrank (groß)





Hier: Petrischale mit *Proteus* ssp. -Kultur, gram-negativ

Auswertungsbeispiel

In 1 ml der Verdünnung 10^{-7} sind 0,000 000 1 g standortfeuchter Boden vorhanden, das entspricht 0,000 000 075 g Trockenboden.

Die Bakterienzahlen betragen

Verdünnungs-Stufe	Mittel aus 5 Wdh.	Bakterienzahlen pro 1 g	
		Frischboden	Trockenboden
10^{-7}	32	320 000 000	427 000 000
10^{-8}	4	400 000 000	533 000 000

Erfahrungen und Konsequenzen

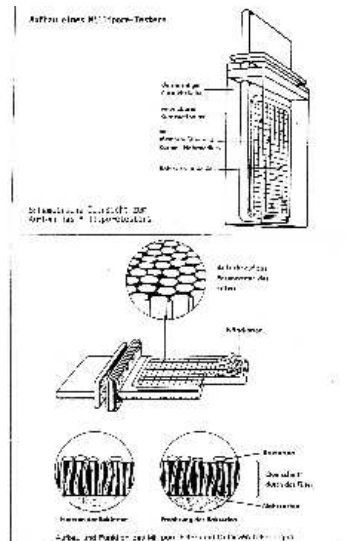
Das Verfahren erfordert von den Schülern eine systematische Vorgehensweise. Sie sind vor dem eigentlichen Test über die Vorschriften über den Umgang mit Bakterien und die einzelnen Arbeitsschritte zu unterweisen.

Die obersten 30 cm eines Quadratmeters Boden enthalten im Durchschnitt:

Gruppe	Anzahl	Gewicht in g
Bakterien	60 000 000 000 000	100
Pilze	1 000 000 000	100
Algen	1 000 000	1
Einzeller	500 000 000	10
Fadenwürmer	10 000 000	16
Milben	150 000	1,5
Springschwänze	100 000	1,2
Weißer Ringelwürmer	25 000	4
Regenwürmer	200	100
Schnecken	50	1
Spinnen	50	0,2
Asseln	50	0,5
Tausendfüßler	150	4
Hundertfüßler	50	0,4
Käfer	100	1,5
Fliegenlarven	200	2
Wirbeltiere	0,001	0,1

Wir ermitteln die Bakterienkeimzahl mit dem Testgerät der Firma Millipore

(Testgeräte werden auch von anderen Firmen angeboten)



Das Testgerät besteht aus einem 8 cm hohen Kunststoffbehälter. In dem Behälter steckt der sterilisierte Tester. Auf dem Kunststoffhalter des Testers ist eine saugfähige Kartonscheibe angebracht, die ein entwässertes Nährmedium enthält (siehe Skizze). Der Karton wird von einer dünnen Kunststoff-Folie überdeckt, in der sich nebeneinander viele Poren mit einem Durchmesser von nur 0,45/1 000 mm (0,45 Millionstel Meter) befinden.

Wasser kann durch diese Poren treten, Bakterien werden aber zurückgehalten. Wenn der Tester in das Nährmedium eintaucht, saugt sich der Karton mit Wasser voll (1 cm^3). Die Bakterien in der Flüssigkeit werden durch die Filterporen festgehalten. Bei entsprechender Wärme entwickeln sich die Bakterien zu sichtbaren Kolonien; diese Kolonien lassen sich auszählen. Das Raster auf dem Filter soll das Auszählen erleichtern. Damit der Tester nicht überfüllt wird, muss die Bakterienzahl durch gezielte Verdünnung verringert werden.

Testerbeschickung

Da im voraus nicht abgeschätzt werden kann, wie viele Bakterien sich im Nährmedium befinden, sollen möglichst alle Verdünnungsstufen getestet werden. Ausgewertet werden die Tester an den Stellen, wo die Kolonien nicht ineinander gewachsen sind. Auf dem Tester haben höchstens 300 - 400 Kolonien Platz. Der Tester wird für 30 Sekunden in das Nährmedium eingetaucht; die überschüssige Flüssigkeit soll abtropfen. Der Tester wird jetzt wieder in den Behälter gesteckt und zum Bebrüten für 24 Stunden bei $28 \text{ }^\circ\text{C}$ in einen Wärmeschrank gestellt.

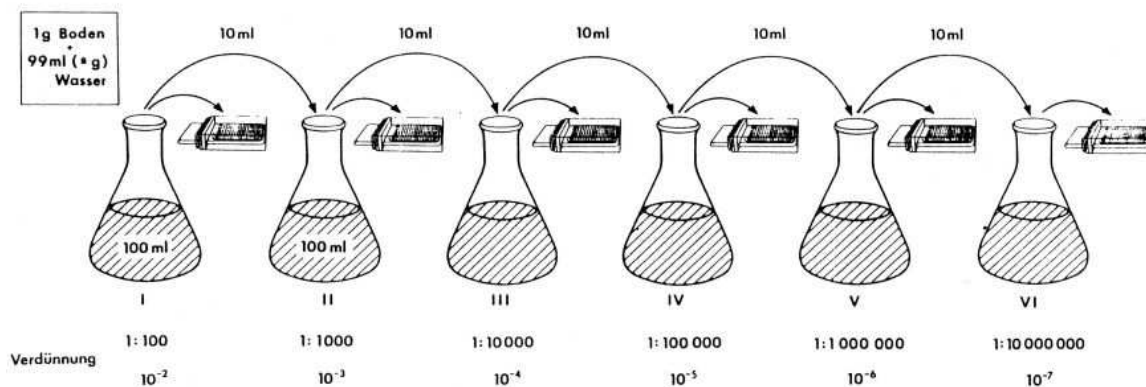
Untersuchungsmaterialien

Millipore-Testgerät
 Erlenmeyerkolben (250 ml mit Stopfen)
 Pipetten
 Messzylinder
 1 000 ml sterile 0,1%ige Natriumpyrophosphatlösung
 Wärmeschrank
 Alufolie
 Erdprobe

Versuchsdurchführung

- Nimm 1 g Boden. Schwemme die Bodenproben in Natriumpyrophosphatlösung auf. Setze die Verdünnungsreihe an. Fülle die verdünnten Suspensionen in je einen leeren Plastikbehälter eines Millipore-Geräts
- Tauche den Tester in die Nährlösung; lass die Flüssigkeit abtropfen. Der Karton saugt 1 ml Flüssigkeit auf.
- Setze den Tester wieder in den Plastikbehälter. Kennzeichne sorgfältig jede einzelne Verdünnungsstufe.
- Stelle das Testgerät für 24 Stunden bei ca. 28 °C in den Wärmeschrank.
- Zähle die Kolonienzahl aus und berechne. Eine Kolonie war ursprünglich eine Bakterie.

Herstellung einer Verdünnungsreihe zur quantitativen Auswertung des Mikroorganismenbesatzes einer Bodenprobe



Sicherheitshinweis: Bodenpilze nicht offen auszählen. Tester vor dem Auszählen mit durchsichtiger Plastikhülle isolieren.

Auswertung

Es wird 1 ml der 1 :10 verdünnten Stammlösung vom Tester aufgenommen. Um nun eine Angabe über die Bakterienmenge in 1 g Erde machen zu können, muss die Anzahl der ausgezählten Kolonien mit dem Faktor 100 mal-genommen werden (im Erlenmeyerkolben befanden sich 100 ml Flüssigkeit).

Das Ergebnis muss nun mit dem Faktor 10 malgenommen werden (die Verdünnung im Erlenmeyerkolben beträgt 1 :10). In entsprechender Weise wird mit den übrigen Verdünnungen verfahren.

Verständnisfragen und Anweisungen zum Experiment "Wir ermitteln die Bakterienkeimzahl mit dem Millipore-Testgerät"

- Was hast du in diesem Experiment getan?
- Beschreibe den Aufbau und die Funktionsweise des Testgerätes.
- Warum können die Bakterien nicht direkt unter dem Mikroskop ausgezählt werden?

Wir weisen Bodenpilze nach Informationen zum Thema

Die Bodenpilze durchwuchern die belebte Bodenschicht. Sie verbreiten sich über ein Pilzgeflecht, das sog. Mycel. In der Streuschicht sind die Pilze besonders häufig anzutreffen. Wenn wir die Streuschicht mit der Hand aufheben, sind viele Pilze mit

dem bloßen Auge zu erkennen.

Pilze, die sich von toter organischer Substanz ernähren (Saprophyten), können Holz zersetzen. Holz besteht aus Zellulose und Lignin. Sie zersetzen diese Stoffe mit Hilfe besonderer Katalysatoren, der sog. Enzyme. Bestimmte spezialisierte Pilze gehen mit Pflanzenwurzeln eine Lebensgemeinschaft ein (Symbiose).

Pilze, die als Parasiten leben

Sie befallen Holz und die Wurzeln älterer Bäume und Sträucher. Sie schaffen den Weg frei für den Angriff der Pilze, die sich von toter organischer Substanz ernähren.

Versuchsanstellung

Sie erfolgt im Prinzip wie bei dem Versuch "Wir ermitteln die Bakterienkeimzahl mit dem Millipore-Testgerät".

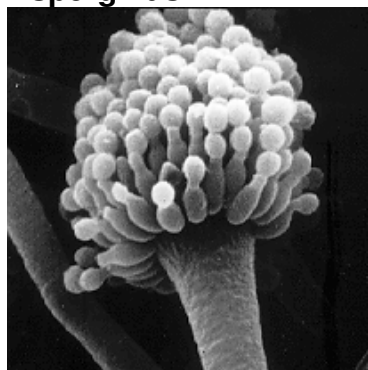
Untersuchungsmaterialien

6 Total-Millipore-Tester für die Pilzkeimbestimmung
 6 Erlenmeyerkolben (250 ml) mit Stopfen
 6 Pipetten
 1 Messzylinder (100 ml)
 1 000 ml sterile Natriumpyrophosphatlösung
 Wärmeschrank
 Erdproben

Versuchsablauf

- a) Nimm 1 g frischen Boden, schwemme die Bodenprobe auf, setze die Verdünnungsreihe an. Fülle die verdünnten Suspensionen in je einen leeren Plastikbehälter eines Millipore-Gerätes. Es kann die gleiche Abstufung erfolgen wie bei der Bakterienkeimzahlermittlung.
 Wichtig ist, dass nur frische Bodenproben verwendet werden. Bei Zimmertemperatur fangen die Pilze rasch an sich zu vermehren. Dadurch werden die Werte verfälscht.
- b) Tauche den Tester in die Nährflüssigkeit, lass abtropfen. Der Pilzkeimzahl-Tester ist mit einer Substanz beschichtet, die Bakterien unterdrückt.
- c) Setze den Tester wieder in den Plastikbehälter. Kennzeichne sorgfältig jede einzelne Verdünnungsstufe mit wasserfestem Filzstift.
- d) Stelle das Testgerät für 24 - 48 Stunden bei 30 °C in den Wärmeschrank (5 °C niedriger als bei dem Bakterienansatz).
- e) Zähle die Pilzgeflechte bzw. Pilzkolonien (bei Hefepilzen) aus.

Aspergillus



Verständnisfragen und Anweisungen zum Experiment "Wir ermitteln die Pilzkeimzahl eines Bodens"

1. Was hast du in diesem Experiment getan?
2. Warum dürfen nur frische Bodenproben verwendet werden?
3. Warum wachsen auf dem Tester nur die Pilzgeflechte und nicht die Bakterienkolonien?
4. Welche Bedeutung haben die Bodenpilze für das Leben im Boden insgesamt?

Sicherheitshinweis: Bodenpilze nicht offen auszählen. Tester vor dem Auszählen mit durchsichtiger Plastikhülle isolieren.

Wir weisen die Kohlenstoffdioxidbildung durch Bodenorganismen nach Versuchsanstellung

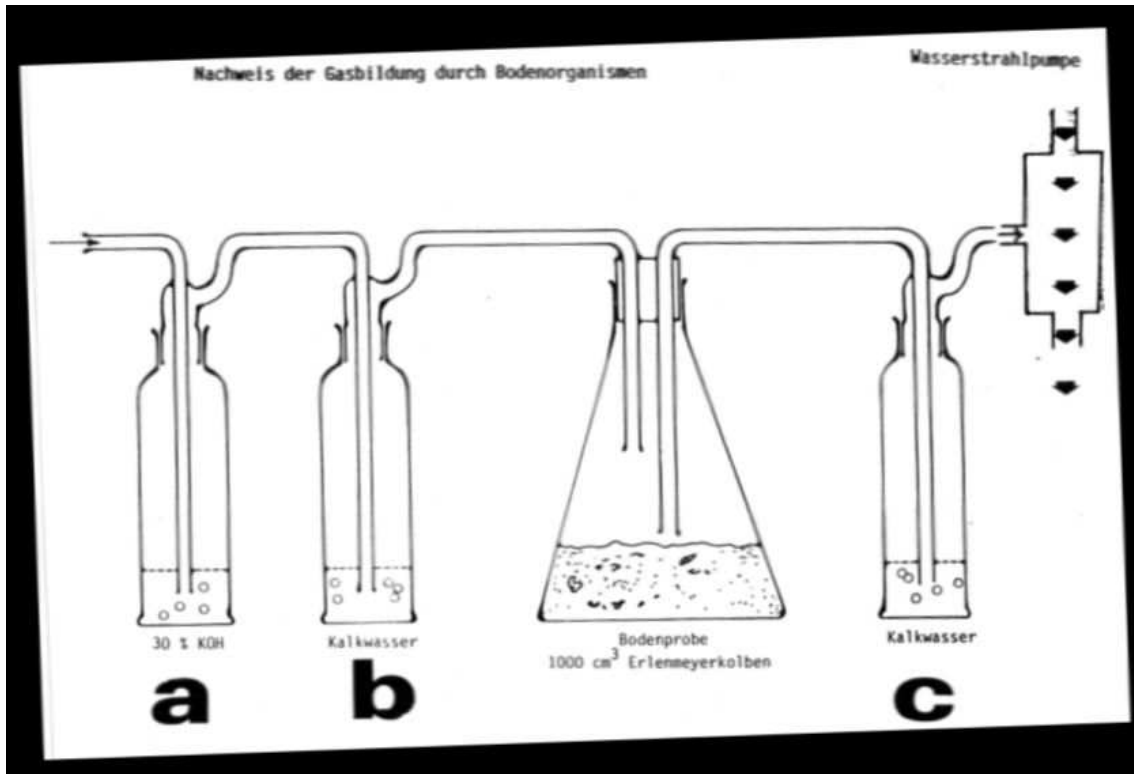
In dem Versuch geht es um das Problem, die nicht mit dem Auge sichtbaren Mikroorganismen nachzuweisen, Spuren ihres Lebens zu finden.

Welches ist die Spur des Lebens bei Mikroorganismen?

Bei der Vielzahl der Mikroorganismen im Boden gibt es einen Stoff, der von allen ausgeschieden wird: das Kohlenstoffdioxid. Wie bei allen anderen Lebewesen auch (Mensch, Tier, Pflanze) wird als Endprodukt des Stoffwechsels das Kohlenstoffdioxid "ausgeatmet" und, da es sich um Bodenorganismen handelt, wird das Kohlenstoffdioxid in den Boden abgegeben, wo es zum Teil mit dem Bodenwasser zu Kohlenstoffsäure reagiert, zum weitaus größten Teil jedoch als Gas an die Bodenoberfläche und in die Atmosphäre gelangt, wo es über die Pflanzen erneut in den Stoffkreislauf eingeführt wird.

Untersuchungsmaterialien

2 x 3 Gaswaschflaschen
 2 x 1 Erlenmeyerkolben (1 000 ccm)
 Verbindungsstücke
 doppelt durchbohrte Gummistopfen für die Erlenmeyerkolben
 Schlauchklemmen
 Kalilauge (30%ig)
 Kalkwasser
 Wasserstrahlpumpe oder Elektropumpe
 frische und sterilisierte Erdproben



Versuchsablauf -

- Fülle eine naturfrische Bodenprobe (250 cm³) in einen Erlenmeyerkolben. Verschließe den Kolben mit einem doppelt durchbohrten Stopfen. Klemme die Schlauchanschlüsse ab, damit kein Gas vorzeitig austritt.
- Bewahre die verschlossene Bodenprobe zwei Tage bei Zimmertemperatur auf.
- Schließe die Waschflaschen a/b/c in Reihe an (siehe Zeichnung).
- Fülle die Waschflasche "a" zu einem Viertel mit Kalilauge, die Waschflasche "b" und die Waschflasche "c" zu einem Viertel mit Kalkwasser.
- Schließe die Wasserstrahlpumpe an den Ausgang der Waschflasche "c" und pumpe vorsichtig das Gas ab.
- Öffne die Klemmen am Ausgang des Erlenmeyerkolbens.
- Beobachte, ob sich das Kalkwasser trübt.

Parallelversuch

- Fülle in einen Erlenmeyerkolben 250 cm³ naturfrischen Boden und erhitze ihn drei Stunden bei 150 °C im Trockenschrank.

Versuchsdurchführung

An der Versuchsvorbereitung und Versuchsdurchführung können die Schüler voll beteiligt werden.

Probleme:

- Es ist nur im optimalen Fall möglich, alle Schüler in Partnerarbeit zu beteiligen und mit der entsprechenden Mengen an Materialien auszustatten.

Beispiel:

20 Schüler in 10 Partnerarbeitsgruppen x 6 Waschflaschen je Parallelversuchsanstellung = 60 Gaswaschflaschen = 20 Erlenmeyerkolben (a 250 ml)

- Die Versuchsauswertung kann erst nach zwei Tagen erfolgen.

Das Absaugen der Gasmenge dauert nur 1 Minute, dann liegt das Versuchsergebnis vor

(Trübung oder Nicht-Trübung des Kalkwassers). Der Versuch ist also nicht stundenfüllend und kann auch nicht spontan wiederholt werden. Er eignet sich aber gut als Einzelversuch innerhalb eines bodenkundlichen Praktikums.

Erfahrungen und Konsequenzen

Unterrichtsvorbereitung

Da es längere Zeit dauert, bis die Bakterien eine nennenswerte Menge Kohlenstoffdioxid produziert haben, ist es sinnvoll, den Boden vorher einzufüllen. 250 an³ Boden reichen aus, es kann aber auch durchaus mehr sein.

Die Probe bleibt im Erlenmeyerkolben zwei Tage abgedunkelt stehen; der Zeitraum kann ebenfalls erheblich überschritten werden. Da nur eine geringe Menge Gas gebildet wird, ist auf die Dichtigkeit der Stopfen und Schlauchanschlüsse zu achten, durch Verschmutzungen kann das Gas leicht entweichen.

Kleine Kohlenstoffdioxid-Bodenkunde

Kohlenstoffdioxid ist der wichtigste Rohstoff zum Aufbau der Pflanzen. In der Atmosphäre ist das Gas nur zu 0,03 Volumenprozent enthalten, das entspricht 0,05 Gewichtsprozent. Der Hauptanteil des Kohlenstoffdioxids, welches die Pflanzen benötigen, stammt aus der Bodenatmung.

Andere Quellen:

- Verbrennung von Kohle, Gas und Erdöl
- Vulkanausbrüche
- Atmung von Mensch und Tier

Leistung der Bodenbakterien

Etwa zwei Drittel der Kohlenstoffdioxid-Produktion im Boden stammen von den Mikroorganismen, ein Drittel stammt aus der Wurzelatmung. In einer Stunde werden auf einem Hektar (10 000 m²) aktiven Bodens zwischen 1 - 25 kg Kohlenstoffdioxid gebildet. Rechnet man im Frühjahr oder Herbst mit durchschnittlich 4 kg Kohlenstoffdioxid pro Hektar und Stunde, dann beträgt die Tagesleistung der Mikroorganismen 4 x 24= 96 kg Kohlenstoffdioxid je Hektar und Tag.

Kohlenstoffdioxid-Bedarf einer Ernte

Eine Zuckerrübenenernte von 500 dt/ha (Rüben + Blatt) hat 100 dt Trockensubstanz oder 47 t reinen Kohlenstoff = 170 t Kohlenstoffdioxid. Diese Menge entspricht 9 000 m³ Kohlenstoffdioxid oder 30 Millionen Kubikmeter Luft mit normalem Kohlenstoffdioxid-Gehalt.

Literaturhinweis

Arnold Finck

Pflanzenernährung in Stichworten

Verlag Ferdinand Hirt, Kiel 1966

Wir beobachten den Regenwurm bei der Wühlarbeit

Informationen zum Thema

Der Regenwurm wird auch als Baumeister des fruchtbaren Bodens bezeichnet. Er fordert die Humusbildung durch seine Wühl- und Fressarbeit. Er ist dabei nicht auf vorhandene Hohlräume angewiesen, er bohrt sich durch den Boden. Die Pflanzenwurzeln haben es jetzt leichter, wenn sie in tiefere Schichten vordringen wollen.

Der Wurmkot ist mit Schleimabsonderungen angereichert; dadurch werden die Bodenkrümel stabiler und der Boden verschlämmt nicht so leicht. In einem fruchtbaren Boden finden wir den Regenwurm in großer Anzahl. Etwa 200 - 400 Regenwürmer leben auf dem Quadratmeter. Innerhalb von 24 Stunden muss der Regenwurm die Nahrung (abgestorbene Pflanzenteile) aufnehmen, die seinem Körpergewicht entspricht. Das zeigt, wie aktiv der Regenwurm im Boden ist, wie sehr er den Boden durchwühlen muss, um seine Nahrung zu finden.

Fehlen Regenwürmer im Boden, dann erfolgt der Abbau der toten Pflanzen viel langsamer. In den Wintermonaten zieht sich der Regenwurm in tiefere Bodenschichten zurück, wo er vor dem Frost geschützt ist. Große Regenwürmer können zehn Jahre alt werden.

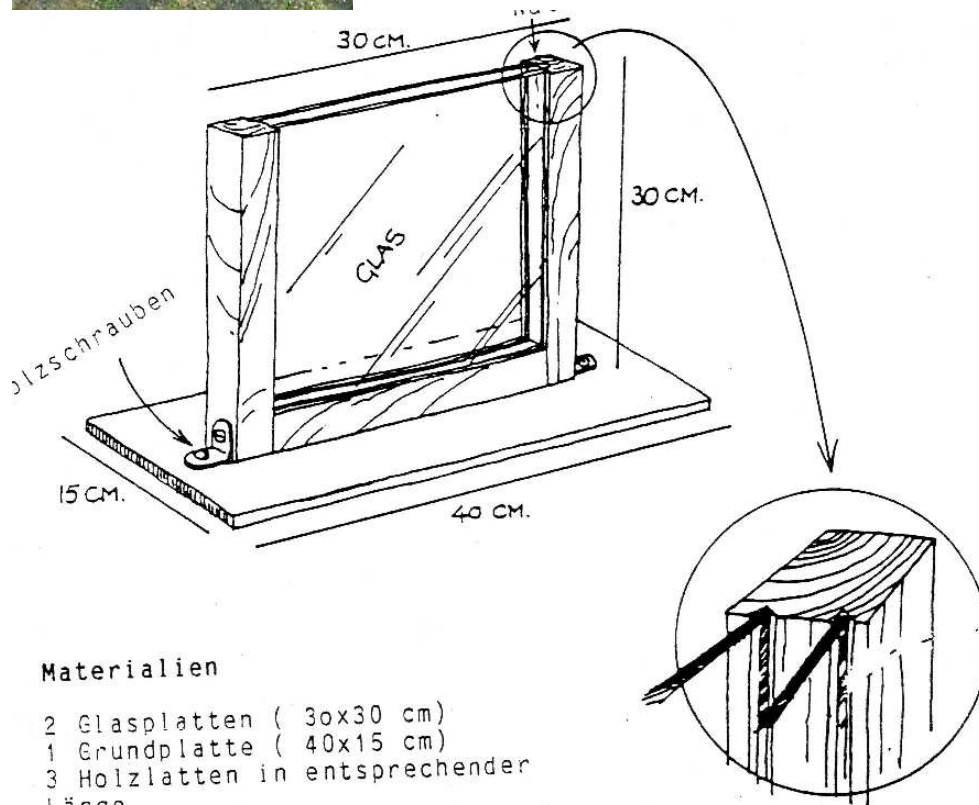
In einem Terrarium werden verschiedenfarbige Humus- und Sandschichten wechselweise eingefüllt, welche von den eingesetzten Regenwürmern kräftig gemischt werden. Durch das Gangesystem wird der Boden gelockert, Luft und Wasser können leichter eindringen. Dieser Vorgang kann nach einigen Tagen gut beobachtet werden. Vor der Fütterung soll die Blattmenge gewogen werden.

Untersuchungsmaterialien

kleines Aquarium oder Glasscheiben im Rahmen Sandboden und Komposterde
Laub als Nahrung 20 große Regenwürmer evtl. Abdeckplane

Versuchsablauf

- a) Baue ein Beobachtungsgerät oder stelle ein Aquarium bereit.
- b) Fülle schichtweise humose Erde und Sandboden ein (ca. 5 cm je Schicht).
- c) Wenn nicht genügend Regenwürmer miteingefüllt werden, dann grabe noch einige Regenwürmer dazu aus (im Garten oder am Kompostplatz).
- d) Wähle einen abgedunkelten, mäßig warmen Raum für das Terrarium. Decke evtl. das Beobachtungsgerät seitlich mit Karton oder schwarzer Folie ab, Regenwürmer scheuen das Licht. Halte die Erde mäßig feucht.
- e) Füttere die Regenwürmer täglich mit frischem, abgewogenem Laub (Briefwaage verwenden).
- f) Beobachte regelmäßig den Boden über einen längeren Zeitraum.



Materialien

- 2 Glasplatten (30x30 cm)
- 1 Grundplatte (40x15 cm)
- 3 Holzplatten in entsprechender Länge
- Holzschrauben; Winkeleisen

Erfahrungen und Konsequenzen

In die Vorbereitungen sollen die Schüler nach Möglichkeit voll miteinbezogen werden (z. B. beim Bau des Beobachtungsgerätes). Nach dem Einsetzen der Regenwürmer können die Schüler keine sofortigen Beobachtungsergebnisse erwarten. Vielmehr ist die Pflege der Tiere (Nahrung, Temperatur, Feuchtigkeit) zu organisieren. Nach einigen Tagen werden die Schüler die Durchmischung der Bodenschichten feststellen können.

Verständnisfragen und Anweisungen zum Experiment "Wir beobachten den Regenwurm bei seiner Wühlarbeit"

1. Was hast du in diesem Experiment getan?
2. Wie hat sich der Boden mit Regenwürmern gegenüber dem Boden ohne Regenwürmer verändert? Begründe!
3. Welche Nahrungsmenge haben die Regenwürmer in einem Zeitraum von vier Wochen gefressen?

**Kleinlebewesen im Boden:
Hier: Amöbe und Colpoda**

