



Landwirt|sCHAFFT|Wissen

VON A WIE AUSSAAT BIS Z WIE ZÜCHTUNG-
LANDWIRTSCHAFT IM UNTERRICHT

Mit Unterstützung von Bund, Ländern und Europäischer Union

 Bundesministerium
Land- und Forstwirtschaft,
Regionen und Wasserwirtschaft


LE 14-20
Entwicklung für den Ländlichen Raum

Europäischer
Landwirtschaftsfonds für
die Entwicklung des
ländlichen Raumes.
Hier investiert Europa in
die ländlichen Gebiete.



FiBL


ntö
Nachhaltige Tierhaltung
Österreich

lk Bäuerinnen
Österreich

© 2022 AGES GmbH, Wien

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte sind der AGES vorbehalten. Eine Verwertung zu Unterrichtszwecken ist gestattet.

Produkthaftung: Sämtliche Angaben erfolgen trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr. Eine Haftung aus dem Inhalt ist ausgeschlossen.

Kontakt: AGES – Akademie

Adresse: Spargelfeldstraße 191, 1220 Wien

Telefon: +43/50 555-0

Mail: akademie@ages.at

Handelsgericht Wien, FN 223056z

Grafische Gestaltung: Julia Jandl, Denise Seitner, PhD, Denise Latschein

Grafiken & Illustrationen: Denise Seitner, PhD, APA, Nina-Magdalena Brunner, Julia Pinter, Dr. Lydia Seelmann

Fotos: shutterstock, Schorkopf; genauere Informationen sind im Abbildungsverzeichnis zu finden

Für den Inhalt verantwortlich:

Mag. Helene Berthold, Susanne Fercher, Ing. Thomas Massinger, Dr. Philipp Von Gehren, DI Bernadette Mayr, Julia Miloczki, MSc, Dr. Linde Morawetz, Martina Schirfeneder, Dr. Lydia Seelmann, Theresa Sterkl, Johanna Mostböck, MA, Dr. Noemie Prat, Ing. Monika Winzheim, BEd

Wir bedanken uns für das Feedback zu den Unterlagen bei folgenden Institutionen:

Ländliches Fortbildungsinstitut Niederösterreich: Frau Birgit Plank BEd, MA,

Hochschule für Agrar- und Umweltpädagogik Wien: Frau DI Sabine Kahrer, BEd,

Forschungsinstitut FiBL Österreich: Frau DI Elisabeth Klingbacher und Herr DI Reinhard Geßl,

Verein Nachhaltige Tierhaltung Österreich (NTÖ): Frau DI Lisa-Maria Eckl und Herrn DI Michael Klaffenböck,

ARGE Österreichisch Bäuerinnen: Frau DI Michaela Glatzl und Frau Dr. Monika Nell.



Vorwort

Liebe Pädagog:innen, liebe Interessent:innen!

Um Kindern und Jugendlichen Themen der Landwirtschaft und Natur im Rahmen des Unterrichts näher zu bringen, wurden die vorliegenden Unterrichtsmaterialien konzipiert. Sie bieten Einblick und Beschäftigung zu folgenden sechs Themenbereichen:

- » Landwirtschaft einfach erklärt
- » Boden
- » Pflanzenernährung
- » Bienen und andere Bestäuber
- » Getreide
- » Pflanzenzüchtung

Im vorliegenden Heft finden Sie Unterrichtsbeispiele, die vielseitig eingesetzt werden können. Die Unterlagen setzen sich jeweils aus einem Leitfaden für Pädagog:innen sowie der dazugehörigen Arbeitsblättersammlung zusammen.

Im Leitfaden für Pädagog:innen finden Sie die Lernziele, die durch die Beschäftigung mit den Materialien erreicht werden sollen. Zudem werden Bezüge zu den Unterrichtsfächern sowie zu den Sustainable Development Goals hergestellt. Es erfolgt die Vermittlung von Inhalten ergänzt durch Hintergrundinformationen und weiterführende Quellen für Pädagog:innen.

Der Schwierigkeitsgrad der Inhalte wird durch die Anzahl der Symbole kenntlich gemacht. Die Unterlagen wurden vorrangig für die Primarstufe (3. und 4. Schulstufe) sowie die Sekundarstufe I (5. und 6. Schulstufe) konzipiert. Schwierige Worte werden erklärt sowie Arbeitsaufträge mittels Symbol kenntlich gemacht. Im Anschluss an jedes Kapitel finden Sie das Arbeitsblätterverzeichnis.

Die Unterlagen stehen Ihnen unter folgenden Links als Download gratis zur Verfügung:

<https://www.ages.at/ages/veranstaltungen/le-fort-und-weiterbildung/bildungsmaterialien>

<https://www.wissen-eule.at/projekte/landwirtschaftt-wissen>

Viel Freude bei der Bearbeitung!

Die Unterlagen wurden im Rahmen des Bildungsclusters „Dialog mit der Gesellschaft 2020-2022“ 16.10.1-31/20 gefördert und umgesetzt.

**BILDUNGSCLUSTER
DIALOG
MIT DER GESELLSCHAFT**

Mit Unterstützung von Bund, Ländern und Europäischer Union

 Bundesministerium
Land- und Forstwirtschaft,
Regionen und Wasserwirtschaft


LE 14-20
Entwicklung für den Ländlichen Raum

Europäischer
Landwirtschaftsfonds für
die Entwicklung des
ländlichen Raums:
Hier investiert Europa in
die ländlichen Gebiete.





Boden

Aufbau der Kapitel in der Broschüre



LERNZIELE

Die vorliegende Broschüre wurde für die Primarstufe und die Sekundarstufe I konzipiert. Am Anfang jedes Kapitels werden die jeweiligen Lernziele für beide Stufen angeführt. Daraus können Sie entnehmen, welche Kompetenzen die Schüler:innen erwerben. Zudem erhalten Sie einen Überblick über die Themen und Methoden des Kapitels.

BEZUG ZU UNTERRICHTSFÄCHERN

Jedes Kapitel wird mit einem oder mehreren Unterrichtsfächern in Verbindung gebracht. Hier wird erklärt, an welcher Stelle im Lehrplan das jeweilige Kapitel seinen Platz findet.

BEZUG ZU DEN SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS (SDG'S)

Da Nachhaltigkeit ein zentraler Aspekt unseres Handelns sein sollte, ist es wichtig, Kinder früh dafür zu sensibilisieren. Daher werden die Inhalte dieser Broschüre in den Kontext der Ziele für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen gesetzt. Diese Ziele, auch SDGs (Sustainable Development Goals) genannt, sind Leitlinien für die nachhaltige Entwicklung auf wirtschaftlicher, ökologischer und sozialer Ebene und bauen auf dem Prinzip auf, alle Menschen weltweit miteinzubeziehen.

SACHTHEMEN

Hier werden die Themen in kindgerechter Sprache erklärt. Dabei wird zwischen einfachen Inhalten, vorgeschlagen für die Primarstufe, und vertiefenden Inhalten, vorgeschlagen für die Sekundarstufe I, unterschieden. Zudem erlauben die unterschiedlichen Methoden und Arbeitsblätter die Anpassung der Schwierigkeit an die Schulstufe der Schüler:innen.

Die Schwierigkeitsgrade sind durch thematisch passende Motive gekennzeichnet.



geeignet für die Primarstufe (3. und 4. Schulstufe)



geeignet für die Sekundarstufe I (5. und 6. Schulstufe)



WORT - ERKLÄRUNG

Hier werden Erklärungen für schwierige Wörter aus dem Text angeführt. Diese Definitionen eignen sich beispielsweise auch für Kompetenzüberprüfungen.



ARBEITSAUFTRÄGE

Hier werden Arbeitsaufträge für Gruppenarbeiten, Anregungen für Demonstrationen und Wissensfragen angeboten. Um den interaktiven Wissenszuwachs zu fördern stehen hierbei häufig das Erzählen sowie das Gespräch mit den Schüler:innen im Zentrum.



HINTERGRUNDINFORMATIONEN FÜR PÄDAGOG:INNEN

Hier finden Sie ausführliche Hintergrundinformationen zum Thema. Die Informationen helfen Ihnen bei Fragen und Diskussionen weiter oder zeigen interessante oder kontroverse Aspekte.

WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN

Am Ende jedes Kapitels finden Sie zusätzliche Quellen in Form von Artikeln, Büchern, Dokumentationen, Videos etc. Mit deren Hilfe lässt sich der Unterricht noch vielfältiger gestalten. Mit den weiterführenden Informationen kann das persönliche Wissen über die behandelten Themen noch vertieft werden.

ARBEITSBLÄTTERVERZEICHNIS

Am Ende jedes Themenbereichs finden Sie ein Verzeichnis der zum Kapitel gehörigen Arbeitsblätter und deren Lösungen.

Boden



LERNZIELE EINFACH

Die Schüler:innen können beschreiben, woraus Boden besteht. Sie können die Fingerprobe ausführen und ihr Resultat der Darstellung einer Bodenart zuzordnen. Die Schüler:innen können wichtige Bodentiere auflisten und können ihre Funktion mit eigenen Worten erklären. Sie können die beobachteten Bodentiere skizzieren und im Bestimmungsschlüssel einordnen.

Die Schüler:innen können verschiedene Bodenfunktionen in eigenen Worten aufzählen und beschreiben. Sie können sich vorstellen, dass der Boden Gefährdungen unterliegt und können die einzelnen Gefährdungen erklären.

Die Schüler:innen können das Experiment (Filterversuch) mit Unterstützung der Lehrperson vorbereiten und durchführen. Sie erkennen beim Filterversuch die Unterschiede zwischen den beiden Bodenproben und verstehen die Auswirkungen auf die Bodenfunktionen Wasserspeicher und -reinigung.

LERNZIELE FORTGESCHRITTEN

Die Schüler:innen können die verschiedenen Bestandteile des Bodens aufzählen und beschreiben. Sie können die Fingerprobe ausführen und daraus die vorliegende Bodenart ermitteln.

Sie können wichtige Bodentiere auflisten und verstehen die Zusammenhänge des Nahrungsnetzes im Boden und können diese mit eigenen Worten erklären.

Sie können die beobachteten Bodentiere skizzieren und im Bestimmungsschlüssel einordnen.

Die Schüler:innen können die Bodenfunktionen in eigenen Worten aufzählen und beschreiben. Sie können sich vorstellen, dass der Boden Gefährdungen unterliegt und können die einzelnen Gefährdungen erklären.

Die Schüler:innen können das Experiment (Filterversuch) mit Hilfe des beiliegenden Protokolls selbst vorbereiten und durchführen.

Sie können aus dem Filterversuch die relevanten Bodeneigenschaften für die Bodenfunktionen Wasserspeicher und -reinigung schlussfolgern und erläutern.

BEZUG ZU UNTERRICHTSFÄCHERN



Sachunterricht, Erfahrungs- und Lernbereich Natur (Grundstufe I):

» Erste Formenkenntnisse über Pflanzen und Tiere gewinnen: Beobachten, Mikroskopieren und Identifizieren von Bodentieren

» Die eigene Verantwortung gegenüber der Natur allmählich erkennen: Gemeinsames Erarbeiten von Maßnahmen zum Bodenschutz

Sachunterricht, Erfahrungs- und Lernbereich Natur (Grundstufe II):

» Begegnung mit der Natur, dabei spezifische Arbeitstechniken und Fertigkeiten erweitern, festigen und bewusst anwenden: Boden mit allen Sinnen erfassen; die Bodentextur

mit der Fingerprobe bestimmen; andere Beobachtungen von Bodeneigenschaften (z.B. Farbe, Struktur, Verschmutzung)

» Erste Einsichten in einfache ökologische Zusammenhänge gewinnen: Wechselbeziehung zwischen Bodenlebewesen und Pflanzen kennenlernen und durch ein Feldexperiment (Tea Bag Index) festigen; Reflektieren und Diskutieren über Bodengefährdungen und Maßnahmen zum Bodenschutz

» Formenkenntnis über Pflanzen und Tiere erweitern und festigen: Beobachten, Mikroskopieren und Identifizieren von Bodentieren



Biologie und Umweltkunde (Sekundarstufe I)

» Schwerpunkt Ökologie und Umwelt: Wechselbeziehung zwischen Bodenlebewesen und Pflanzen kennenlernen und durch ein Feldexperiment (Tea Bag Index) festigen; die Bedeutung des Bodens für die Wasserspeicherung und -reinigung wird anhand eines Experiments verdeutlicht; positive und negative Folgen menschlichen Wirkens werden anhand von Bodengefährdungen und Maßnahmen zum Bodenschutz gezeigt, konkrete Maßnahmen werden nähergebracht; Beobachtungen von Bodenverschmutzung

» Schwerpunkt Tiere und Pflanzen: Die Bedeutung von Boden und Nutzpflanzen für die menschliche Existenz wird verdeutlicht. Beobachten, Mikroskopieren und Identifizieren von Bodentieren (heimische Arten; Bezug wird stärker, wenn selbst Bodenproben gesammelt werden)

» Naturbegegnungen in Form von Experimenten, praktischen Aktivitäten und Beobachtungen werden vorgeschlagen, z.B. Feststellen der Bodenzusammensetzung mithilfe des Schlämmtests, Bestimmen der Bodenart mithilfe der Fingerprobe, Erfassen von Bodenfarbe, -struktur, -verschmutzung

BEZUG ZU DEN SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS (SDGs)

Obwohl Böden kaum explizit in den SDGs erwähnt sind, ist der Erhalt der Bodengesundheit und das Verständnis von Prozessen im Boden unerlässlich für die Erreichung vieler (fast aller) SDGs. Hier wird eine Auswahl der zentral betroffenen SDGs beschrieben:



Goal 2 (kein Hunger): Die Produktion von Nahrungsmitteln und Rohstoffen auf Böden beeinflusst die Ernährungssicherheit, denn ca. 95% aller Nahrungsmittel weltweit werden direkt oder indirekt vom Boden erzeugt. Den Kindern wird vermittelt, dass Böden fragile Systeme sind und dass der Erhalt ihrer Funktionen unter anderem für die landwirtschaftliche Produktion notwendig ist. Daraus entsteht das Verständnis, dass gesunde Böden und ihre Ökosystemdienstleistungen gebraucht werden, um allen Menschen einen Zugang zu sicheren und nahrhaften Nahrungsmitteln zu gewähren.

Goal 3 (Gesundheit und Wohlbefinden): Auf gesunden, funktionsfähigen Böden wachsen gesunde Lebensmittel, die wiederum die menschliche Gesundheit begünstigen. Viele Menschen und Kinder verlieren den Bezug zur Nahrungsmittelproduktion und

wissen oft gar nicht, wie die Lebensmittel produziert werden, die sie konsumieren. Um die Gesundheit von (landwirtschaftlichen) Ökosystemen sichern zu können, muss man zuerst verstehen, wie diese funktionieren. Das gemeinsame Erarbeiten von potentiellen Gefährdungen für den Boden und Bodenschutzmaßnahmen in der Klasse erweckt dieses Verständnis.

Goal 6 (sauberes Wasser und sanitäre Einrichtungen): Die Erreichung von SDG6 wird unterstützt durch die Bodenfunktion Wasserspeicherung und -regulierung. Ein gut strukturierter Boden kann sowohl Überschwemmungen durch die Aufnahme von Wasser verhindern als auch Schadstoffe aus Wasser filtern und somit nutzbares Wasser bereitstellen. Diese wichtige Ökosystemdienstleistung wird mit der Auseinandersetzung mit Bodenfunktionen und der (eigenständigen) Durchführung des Filterversuchs veranschaulicht.

Goal 12 (verantwortungsvoller Konsum und Produktion): Verantwortungsvolles Handeln ist ein Teil des täglichen Lebens. Voraussetzung dafür ist das Verständnis von zugrundeliegenden Prozessen. Durch die praktischen Aufgaben zu verschiedenen Bodenprozessen und -funktionen wird den Kindern die Komplexität und die Empfindlichkeit von Bodensystemen gezeigt. Das gemeinsame Erarbeiten von Bodenschutzmaßnahmen gibt ihnen konkrete Handlungsoptionen, z.B. Minimierung von Lebensmittelverschwendung, Bezug von Produkten aus nachhaltigeren Systemen.

Goal 15 (Leben an Land): Gesunde Böden, Gewässer, Wälder und Felder sind Lebensräume zahlreicher Arten und erhalten wichtige Lebenskreisläufe aufrecht. Durch den Schutz von Boden und Natur werden Lebensräume und die darin vorkommenden Lebewesen erhalten. Die Schüler*innen kommen direkt mit Boden, seinen Eigenschaften und mit Bodenorganismen in Kontakt – vielleicht zum ersten Mal. Diese Erfahrungen vermitteln den Wert von Lebensräumen und Biodiversität und erzeugen damit die Überzeugung, dass diese geschützt werden müssen.

i

Einfach aufbereitete Informationen zu jedem SDG inkl. praktischer Anregungen zu deren Umsetzung: <https://17ziele.de/index.html>

Website der Vereinten Nationen mit Informationen und Fact Sheet zu jedem SDG <https://unric.org/de/17ziele/>

Comics unterschiedlichster Art, die die SDGs behandeln (auf Englisch): <http://www.comicsunitingnations.org/comics/>

EINLEITUNG



Jeden Tag kommen wir mit dem Boden und seinen Leistungen in Berührung, auch wenn wir dies nicht bewusst wahrnehmen. Als Einstieg in das Thema kann man z.B. auf folgende Weise Kontakt und Kommunikation über das Thema Boden herstellen:

1. Einem oder mehreren Kindern wird/werden die Augen verbunden und verdeckt vor der restlichen Klasse ein Gefäß mit ein bisschen Erde gereicht, das er/sie mit den Fingern ertastet.

Es können auch einzelne Bestandteile des Bodens, z.B. reiner Sand, Steine, Laub, kleine Ästchen, Schneckenhäuser gereicht werden. Der/die Schüler:in mit den verbundenen Augen beschreibt der restlichen Klasse, was er/sie fühlt. So soll in der Klasse ein Gespräch über die Eigenschaften des Bodens entstehen.

Zusätzlich bzw. alternativ dazu kann man in die Klasse offene Fragen stellen, wie beispielsweise:

- » Kennst du Boden? Was fällt dir dazu ein?
- » Was findet man im/unter dem Boden?
- » Was kann der Boden alles?
- » Wofür brauchen wir Boden?

Die genannten Begriffe können an der Tafel gesammelt werden und am Ende erklärt oder gruppiert werden.

2. Jede:r Schüler:in erstellt eine Mindmap auf Basis der angeführten (oder adaptierten) Fragen. Sie sollen angeregt werden, kreativ zu sein, unterschiedliche Materialien zu verwenden und im weiten Sinne an die verschiedenen Ökosystemdienstleistungen des Bodens zu denken.

THEMA 1: BODENBESTANDTEILE



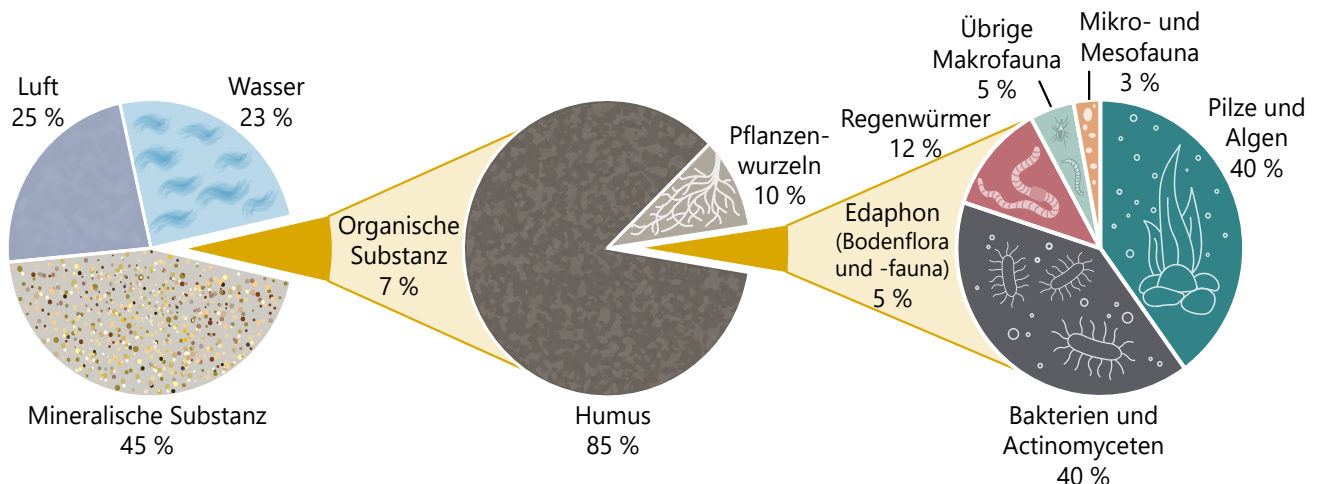
Ohne Boden würde es kaum Essen geben, denn auf ihm werden direkt und indirekt 95% unserer Nahrungsmittel produziert, und auch Futtermittel für Tiere. Näheres zu diesem Thema findest du im Kapitel „Landwirtschaft allgemein“. Mit der Hilfe des Bodens bekommen wir sauberes Trinkwasser; wir bauen Häuser darauf und nutzen ihn zum Wandern und Sport treiben. Dennoch nehmen wir den Boden oft nicht aufmerksam wahr. Wie sieht es eigentlich im Inneren des Bodens aus? Was passiert dort und wer wohnt dort? Diese Fragen werden wir gemeinsam erforschen und mit allen Sinnen entdecken, und lernen was einen gesunden Boden ausmacht, und wie wir zu einem guten Zustand beitragen können.



Shutterstock.com/keantian

Boden ist die oberste Schicht der Erde, sozusagen die Haut der Erde. Wichtige Einflüsse für seine Entstehung sind Wetter, Gestein, Hangneigung, Wasserverhältnisse und Pflanzenbewuchs. Wenn wir in das Innere des Bodens schauen, dann finden wir Gestein in verschiedenen Größen (mineralische Substanz) sowie lebende und tote Pflanzen und Tiere (organische Substanz). Dazwischen sind viele Löcher und Gänge, die sogenannten Bodenporen. Diese Hohlräume sind zum Teil mit Wasser und zum Teil mit Luft gefüllt. Und darin können wir auch kleine Tiere wie z.B. Regenwürmer, Springschwänze, Insektenlarven und Milben entdecken, aber auch noch viel kleinere Lebewesen wie Bakterien und Pilze.

Der Boden ist also eine Mischung aus vier unterschiedlichen Teilen: Gestein (mineralische Substanz), Wasser, Luft und organisches Material. „Organisch“ heißt, dass dieser Teil von lebenden Organismen stammt und aus zersetzten Pflanzen und Tieren (Humus), tierischen und pflanzlichen Bodenlebewesen (Edaphon) und Pflanzenwurzeln besteht. Obwohl die organische Substanz nur einen kleinen Teil des gesamten Bodens ausmacht, ist sie unersetzbar und unglaublich wichtig für die Bodenfruchtbarkeit. Denn nur durch das organische Material und die Lebewesen kommen Nährstoffe in den Boden; das ist die Nahrung für Pflanzen. Mehr dazu findest du im Kapitel „Pflanzenernährung“.

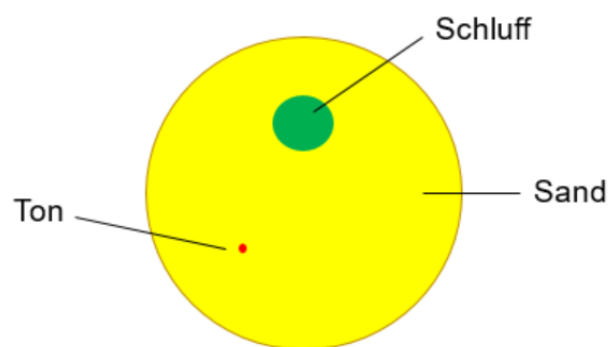


Durch die Zerkleinerung und Umwandlung von Gestein entsteht ein Gemisch aus unterschiedlich großen Bodenteilchen. Die Bodenteilchen, die größer als 2 mm sind, heißen „Grobboden“ oder „Bodenskelett“. Die Teilchen, die kleiner als 2 mm sind, heißen „Feinboden“. Der Feinboden hat große Auswirkung darauf, wie sich Wasser, Luft und Nährstoffe im Boden verhalten. Je nach Zusammensetzung der Bodenteilchen können Böden unterschiedlich gut Wasser und Nährstoffe speichern, lassen sich leicht oder schwer bearbeiten und lassen sich gut oder schlecht von Pflanzen durchwurzeln.

Im Feinboden gibt es drei Arten von Bodenteilchen, eingeteilt nach ihrer Größe: Sand (unter 2 mm), Schluff (unter 0,063 mm) und Ton (unter 0,002 mm). Meistens kommt im Boden eine Mischung aus allen drei Größenklassen vor. Diese Mischung nennt man Bodenart.

Wenn ein Boden zum Beispiel viel Ton enthält, dann kann er viel Wasser und Nährstoffe speichern, ist aber sehr fest. Für die Bodenfruchtbarkeit ist es gut, wenn ungefähr gleich viel Sand, Schluff und Ton vorkommen (diese Bodenart heißt Lehm).

In der folgenden Abbildung sind die Größenverhältnisse von Sand, Schluff und Ton abgebildet.



Weil es für Landwirt:innen und Wissenschaftler:innen wichtig ist, die Mischung der Bodenteilchen zu kennen, gibt es eine einfache Methode, mit der man feststellen kann, ob ein Boden mehr Sand, Schluff oder Ton enthält. Diese Methode heißt Fingerprobe und man sagt, dass man die Bodenart bestimmt.



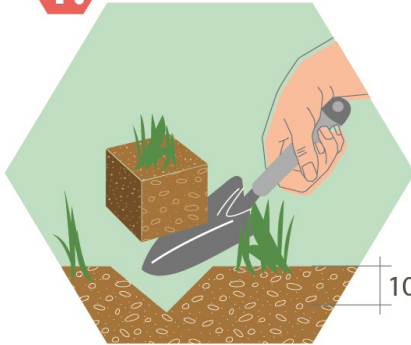
EXPERIMENT FINGERPROBE

Am besten bringen Sie verschiedene Bodenproben mit unterschiedlicher Textur mit, oder die Schüler:innen bringen selbst Bodenproben mit, z.B. vom Garten zuhause, von einem naheliegenden Acker, vom Schulgarten. Dadurch merken sie, wie unterschiedlich Böden aussehen und sich anfühlen können.

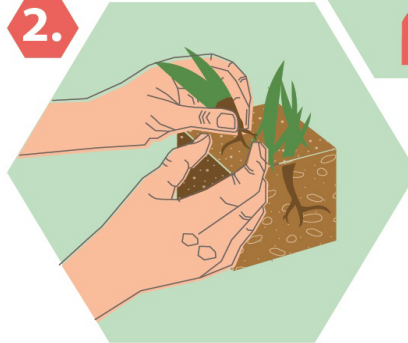
Probe vorbereiten:
 Pflanzen, Wurzeln und Steine
 aus der Bodenprobe entfernen
 Erde zu trocken -> mit Wasser besprühen
 Erde zu nass -> trockene Erde zugeben

1.

Fingerprobe nehmen:
 Erde mit Handschaufel
 10 cm tief ausheben



2.



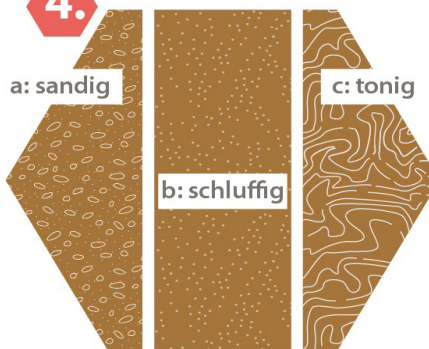
3.

Ausrolltest:
 Erde zwischen den
 Handflächen rollen



4.

Wie fühlt sich der
 Boden an?

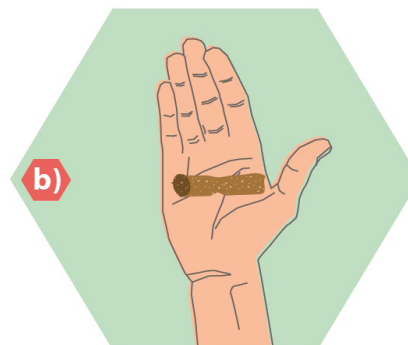


FINGER PROBE

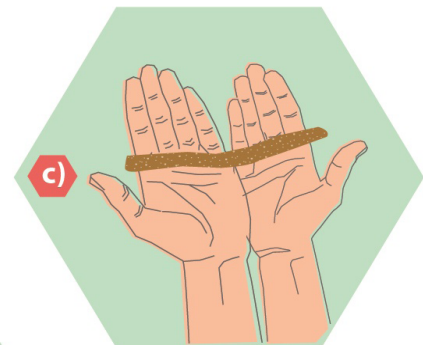
a: Leichter Boden
 Sandiger Boden
 zerfällt in der Hand,
 weil er so bröselig ist



b: Mittelschwerer Boden
 Schluffiger Boden lässt
 sich zu einer kurzen,
 dicken Wurst rollen



c: Schwerer Boden
 Tonige Erde lässt sich zu
 einer langen, dünnen
 Wurst formen



Für die Fingerprobe entfernt man Steine und Wurzeln von der Bodenprobe. Man muss darauf achten, dass die Erde nicht zu trocken und nicht zu feucht ist. Wenn sie gar nicht klebt, sprüht man ein bisschen Wasser darauf (mit einer Sprühflasche). Wenn beim Zusammendrücken Wassertropfen aus der Erde kommen, dann fügt man trockene Erde hinzu. Danach nimmt man eine Hand voll Erde, rollt sie zwischen den Handflächen und versucht damit eine Rolle zu formen. Wie gut das Material zusammenhält und wie lange es sich ausrollen lässt, zeigt an, ob Sand, Schluff oder Ton überwiegt. Zusätzlich kann man ein bisschen Erde zwischen den Fingern zerreiben und die Körnung erspüren und visuell erfassen.

Sand	Schluff	Ton
nicht formbar	wenig formbar	gut form- und ausrollbar
Körnung gut sichtbar und fühlbar	Körnung nicht oder wenig sichtbar und fühlbar, fühlt sich samtig - mehlig an	Körnung nicht sichtbar und fühlbar
haftet nicht an den Händen	haftet deutlich in den Handlinien	bindig (klebrig)
nicht bindig (klebrig)	raue Gleitfläche	glatte und glänzenden Gleitfläche

Wenn wir wissen, welche Bodenart in unserem Garten oder auf einem Feld vorliegt, hilft uns das dabei, den Boden richtig zu behandeln. Toniger Boden ist sehr fest und kann leicht verdichten, was zu Sauerstoffmangel und schlechtem Pflanzenwachstum führen kann. Daher muss man darauf achten, das Feld nicht mit zu schweren Maschinen und nicht bei nassem Boden zu befahren. Im Garten hilft eine Auflockerung von tonigen Böden und das Untermischen von Sand. Sehr sandiger Boden andererseits kann Wasser und Nährstoffe nur sehr schlecht halten bzw. speichern und braucht daher viel Zufuhr von organischem Material, wie Kompost oder Mist.



Ein anderer wichtiger Bestandteil von Boden ist Humus (Abb. 1). Dieser stammt von toten Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen, die nach und nach in kleinere Teilchen zersetzt werden. Deshalb enthält Humus viele Nährstoffe (Nahrung für Pflanzen und Lebewesen). Humus ist dunkelbraun bis schwarz und viel davon befindet sich in der obersten Bodenschicht.



Humus beeinflusst wichtige Bodenfunktionen und die Bodengesundheit. Humus ist zum Beispiel eine wertvolle Nahrungsquelle für Bodentiere, Mikroorganismen und Pflanzen und unterstützt somit die Bodenfunktionen „Pflanzenstandort“ und „Lebensraum für Biodiversität“. Außerdem trägt Humus zu einer guten Bodenstruktur bei und kann Wasser speichern. Von diesem gespeicherten Wasser können Pflanzen in Trockenzeiten zehren. Der Anteil von Humus in Ackerböden ist niedriger als im Grünland (Wiesen, Weiden) und im Waldboden. In Mooren kann der Humusgehalt sogar bis zu 80% betragen. Durch gezielte landwirtschaftliche Methoden kann der Humusgehalt erhalten oder erhöht werden (z.B. Kompost oder Mist ausbringen, die Pflanzenreste der Ernte auf dem Feld belassen, viele unterschiedliche Pflanzenarten und Zwischenfrüchte zwischen den Hauptkulturen anbauen).

Böden können ganz unterschiedliche Farben haben. In Österreich kommen am häufigsten unterschiedliche Töne von braun, schwarz und gelb vor. In den Tropen zum Beispiel sind

die Böden häufig rot oder orange. Die Farben kommen von verschiedenen Substanzen im Boden. Wenn viel Humus im Boden ist, gibt ihm das dunkle bzw. schwarze Farbtöne. Wenn ein Boden ständig unter Wasser steht, ist zu wenig Sauerstoff für Pflanzen und Tiere im Boden. Er hat dann grünliche, bläuliche, graue und gelbliche Farbtöne. Auch der Geruch des Bodens wird durch den Sauerstoffmangel beeinflusst; er riecht dann nach Schwefel (wie faule Eier).



Hangneigung: wie steil ein Hang ist

Bodenfunktionen: Die Leistungen des Bodens, die er dank seiner vielfältigen Eigenschaften erbringen kann, und zwar für die Umwelt, die Menschen, Tiere und Pflanzen.

Mikroorganismen: Mikroorganismen sind mikroskopisch kleine Lebewesen, das heißt wir können sie nicht mit freiem Auge sehen. Zu den Mikroorganismen gehören Bakterien, Mikroalgen und viele Pilze (z.B. Hefe).



EXPERIMENT SCHLÄMMPROBE

Zur Verdeutlichung der Zusammensetzung des Bodens kann die sogenannte Schlammprobe durchgeführt werden. Dabei wird in einem Schraubglas eine Bodenprobe mit Wasser geschüttelt und die Sedimentation beobachtet. Je nach Korngröße bzw. spezifischem Gewicht setzen sich die Bodenbestandteile unterschiedlich schnell ab und lagern sich in Schichten im Gefäß ab. Durch diese Trennung werden die einzelnen Bestandteile des Bodens sichtbar.

benötigte Materialien:

- ✓ frische Bodenproben (am besten zwei oder drei unterschiedliche Bodenproben, um Unterschiede zu zeigen)
- ✓ entsprechend viele Gläser mit Schraubdeckel (ca. 300-500 ml)
- ✓ Löffel
- ✓ Leitungswasser
- ✓ Lineal

Durchführung

1. Jede Bodenprobe mit dem Löffel in ein eigenes Glas füllen, sodass es ca. zu einem Viertel gefüllt ist
2. Danach bis ca. 1 cm unter den Rand des Schraubglases Wasser hinein gießen.
3. Das Glas fest mit dem Deckel zuschrauben und mehrmals kräftig schütteln.
4. Das gefüllte Schraubglas auf einer festen Unterlage abstellen und genau beobachten, was passiert.

Auswertung

Die Beobachtungen können gemeinsam in der Klasse besprochen werden. Dabei geht die Lehrperson auf die verschiedenen Bodenbestandteile und ihre Eigenschaften ein.

Als alternative Erweiterung können die Schüler:innen selbständig ein Protokoll anfertigen. Darin zeichnen sie die Schichten der Bodenprobe im Schraubglas auf und geben die Bezeichnungen der Fraktionen und die Dicke der einzelnen Schichten an. Die Schichtdicke messen sie mit einem Lineal am Glas. Die Schüler:innen vergleichen die unterschiedlichen Bodenproben miteinander und diskutieren, warum sich die Partikel unterschiedlich schnell absetzen.

Erklärung

Aufgrund des unterschiedlichen spezifischen Gewichts sinken die Bodenfraktionen unterschiedlich schnell nach unten. Etwaige Steinchen sinken sofort nach unten. Sand lagert sich nach einigen Sekunden bzw. Minuten ab. Die feineren Schluffteilchen brauchen bis zu einer Stunde, um sich abzusetzen. Danach setzt sich nach und nach der Ton ab - dies kann einen ganzen Tag dauern. Organisches Material ist sehr leicht und bleibt an der Wasseroberfläche. Humus färbt das Wasser schwarz. Die Dicke der Schichten zeigt das Verhältnis der einzelnen Bodenbestandteile.

THEMA 2: BODENLEBEWESEN



EINSTIEGSFRAGE

Welche Bodentiere kennst du? Welche Tiere kannst du im Gartenboden oder im Feld beobachten?

Im Boden lebt eine sehr große Menge von Bodenlebewesen und sehr viele verschiedene Arten. Das wird deutlich, wenn man sich vorstellt, dass in einem Teelöffel Boden mehr Organismen leben als Menschen auf der Erde.

Alle Lebewesen im Boden sind Teil vom Nahrungsnetz; das heißt die Lebewesen hängen von anderen ab. Die Nahrung und Ernährungsweise der Arten bestimmt, die Beziehungen zwischen ihnen. Organismen, die andere Tiere fressen, nennt man Räuber.

Die Tiere, die gefressen werden, heißen Beute. Die Anzahl der Beutetiere beeinflusst die Entwicklung und die Anzahl der Räuber. Mikroorganismen, besonders Bakterien und Pilze, sind die Nahrungsgrundlage für kleinere Bodentiere wie Fadenwürmer, Insekten, Tausendfüßer und Spinnentiere.

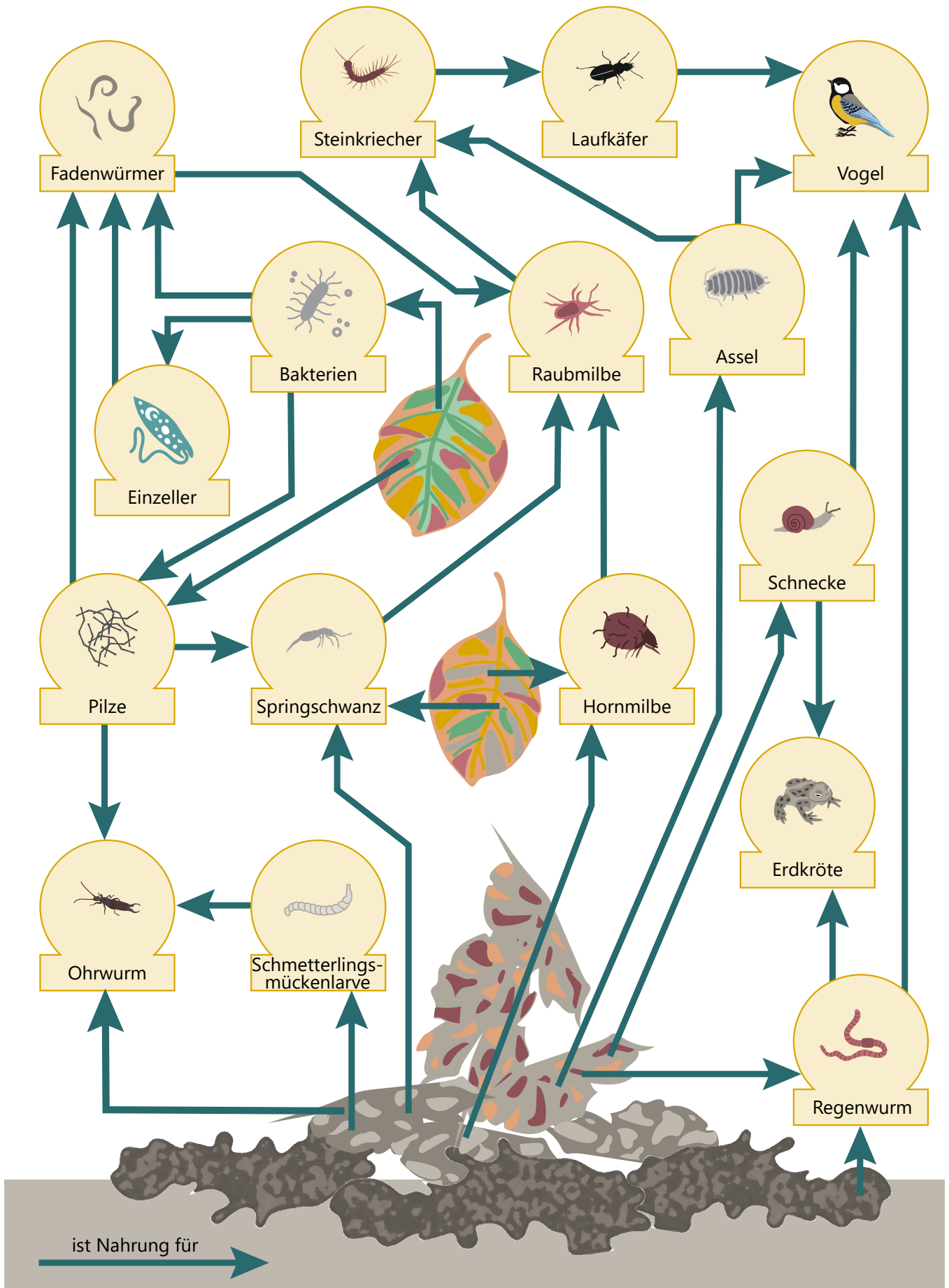
Auf der anderen Seite, helfen die Bodentiere dabei, die Mikroorganismen zu verbreiten. Dies passiert, wenn sich Mikroorganismen auf dem Körper oder im Darm von Tieren befinden und so andere Orte erreichen. Die Mikroorganismen im Darm helfen den Tieren, schwer zersetzbare Stoffe zu verdauen.

Die Bodenlebewesen haben sehr wichtige Aufgaben. Zum einen übernehmen sie die Durchmischung und Lockerung des Bodens. Dadurch ermöglichen sie, dass ausreichend Sauerstoff in den Boden kommt und er mehr Wasser aufnehmen und speichern kann. Eine weitere Hauptaufgabe ist die Zersetzung von toten Tier- und Pflanzenresten.

Verschiedene Lebewesen machen dieses organische Material nach und nach kleiner und am Ende wandeln Pilze und Bakterien es in Stoffe um, die Pflanzen und kleine Lebewesen aufnehmen können. Die Bedeutung von Bestäubern für die Landwirtschaft wird im Kapitel „Bienen und andere Bestäuber“ näher beleuchtet.



Zersetzung: Abbau von abgestorbenen Pflanzen- und Tierresten



i

Videos, die den Prozess der Zersetzung im Zeitraffer zeigen, sind sehr eindrucksvoll. Sie verdeutlichen die Leistung der Bodenlebewesen, die man ansonsten nicht (in so kurzer Zeit) zu sehen bekommt.

„Bioturbation with and without soil fauna“

<https://www.youtube.com/watch?v=Mxp1nnrUG0Q&t=2s>

„Bioturbation – Worms at Work“

<https://www.youtube.com/watch?v=n3wsUYg3XV0&t=8s>

Im Video „CO₂ - 1001 Geschichten aus der Natur“ wird die Entstehung von Kohlendioxid (CO₂) beim biologischen Abbau erklärt und ein Experiment zum Nachweis von CO₂ bei der Zersetzung von Kompost demonstriert.

<https://www.youtube.com/watch?v=OC3A6AmkqJA>

WICHTIGE ARTEN VON BODENLEBEWESSEN

Bakterien sind einzellige Organismen, die mit freiem Auge nicht sichtbar sind (Größe von 0,5 – 2 µm). Man kann sie unter einem Mikroskop erkennen und dort sieht man, dass sie je nach Art ganz unterschiedlich aussehen: kugelförmig, gerade oder gekrümmte Stäbchen, lange Fäden, sternförmig oder geformt wie ein Korkenzieher. Sie leben am liebsten ganz nahe an den Pflanzenwurzeln oder im Wasserfilm rund um Bodenteilchen. Von Bakterien gibt es die meisten Individuen im Boden im Vergleich zu allen anderen Organismen. Sie sind die Grundlage für alle wichtigen Stoffkreisläufe im Boden. Sie wandeln große Moleküle / Verbindungen in einfache Bausteine um. Andere Lebewesen können diese kleinen Bausteine aufnehmen und brauchen sie für ihr Wachstum und ihre Entwicklung. Bakterien sind also die Futter-Lieferanten für andere Lebewesen.

Pilze spielen eine wichtige Rolle bei der Zersetzung von organischem Material. Sie machen dies, indem sie das organische Material mit ihrem Geflecht aus Fäden (Myzel) durchwachsen. Dies alles passiert im Boden, also unterirdisch. Nur bei manchen Arten wachsen auch oberirdische Pilze, wie wir sie aus dem Wald oder der Wiese kennen.



Shutterstock.com/PHOTO FUN

Regenwürmer: Sie fressen abgestorbenes Pflanzenmaterial, Tierkot und andere Bestandteile des Bodens. Sie holen auch Laub von der Bodenoberfläche und ziehen es nachts durch ihre Gänge in tiefere Bodenschichten. Ihr Kot ist ein toller Dünger (siehe Kapitel Pflanzenernährung), denn er enthält viele Nährstoffe, die andere Boden-



Shutterstock.com/MarynaPleshkun

organismen aufnehmen können. Durch das Graben der Gänge bringen die Regenwürmer die Nährstoffe in verschiedene Tiefen und lockern den Boden auf. Dadurch können Luft und Wasser besser in den Boden eintreten. Somit haben die Pflanzen in diesem lockeren Boden mehr Wasser zur Verfügung. Wenn das Regenwasser nicht in den Boden sickern kann, rinnt es an der Oberfläche ab und schwemmt wertvollen Boden mit Humus weg (Erosion).

Tausendfüßer und Hundertfüßer: Sie sind 2 bis 60 mm groß und leben an der Bodenoberfläche. Damit sind sogar die kleinsten Vertreter mit freiem Auge erkennbar, wenn man genau hinschaut. Sie ernähren sich von altem Laub und anderen toten Pflanzenteilen oder von Insekten, Asseln und anderen Tausendfüßern.



Shutterstock.com/bierchen

Spinnentiere: Dazu gehören die Echten Spinnen, Weberknechte und Milben sowie Skorpione und Pseudoskorpione. Für den Boden sind auf Grund ihrer Anzahl vor allem die Milben von großer Bedeutung. Viele Milben ernähren sich von abgestorbenen Pflanzen (wie die Hornmilbe) oder von Pilzen. Raubmilben mit scharfen Mundwerkzeugen jagen Fadenwürmer, Springschwänze, Fliegenlarven oder andere Milben.



Shutterstock.com/Cosmin Manciu

Springschwänze: Sie sind sehr häufig und leben auf dem Boden, in der Laubschicht und in der obersten Schicht des Bodens. Sie verwandeln Pflanzenreste in Humus und sind deshalb wertvoll in Ackerböden.



Shutterstock.com/Henrik Larsson

Insekten: Hier gibt es viele unterschiedliche Arten, wobei manche im Boden leben und andere hauptsächlich an der Bodenoberfläche. Zu den Insekten, die nahe der Oberfläche leben, gehören Larven von Fliegen, Mücken und Käfern. Zu den wichtigsten im Boden lebenden Insekten gehören die Ameisen und die Ohrwürmer.

Ameisen: Sie leben in Staaten von wenigen Hundert bis zu einer Million Ameisen. Viele Ameisenarten bauen an der Bodenoberfläche oder dicht darunter Ameisenhaufen. Diese Ameisenhaufen können teilweise sehr groß sein, man kann Hügel bis zu 1 Meter hoch bei Waldspaziergängen entdecken. Ameisen bringen viel organisches Material zum Bauen in ihr Nest. Dadurch durchmischen und belüften sie den Boden gut. Sie zählen außerdem als „Gesundheitspolizei des Waldes“, da sie Tierleichen und Pflanzenreste beseitigen.

Mit einem Bestimmungsschlüssel können wir herausfinden, welches Bodentier wir vor uns haben, wenn wir eines beobachten. Man orientiert sich an der Anzahl der Beine und vergleicht dann, mit welcher Abbildung das Aussehen des Tieres übereinstimmt. Einen solchen Bestimmungsschlüssel findet ihr in Arbeitsblatt 6 in der Arbeitsblätter-sammlung zu diesem Kapitel.



EXPERIMENT: BODENLEBEWESEN ENTDECKEN

In einer Hand voll Erde leben mehr Lebewesen als Menschen auf unserer Erde. Diese Fülle an Leben unter der Erdoberfläche bekommen wir selten zu sehen. Einige Tiere können mit dem freien Auge oder Becherlupen beobachtet werden; andere Lebewesen sind nur unter dem Mikroskop zu erkennen. Damit eröffnet sich uns eine unbekannte, spannende Welt. Die Bodenorganismen tragen maßgeblich zur Bodenentwicklung und zu Bodenfunktionen bei, zum Beispiel zum Nährstoffkreislauf, wodurch Nährstoffe für Pflanzen verfügbar werden.



Die Schüler:innen können die beobachteten Bodentiere skizzieren und im Bestimmungsschlüssel einordnen. Sie können die häufigsten Bodentiere auflisten und verstehen ihre Funktionen im Boden.

benötigte Materialien

- ✓ eine Kiste mit Kompost oder humusreichem Boden oder selbst mitgebrachte Bodenproben (in Kompost sind im Allgemeinen mehr Bodentiere zu finden)
- ✓ Becherlupen
- ✓ Petrischalen
- ✓ Binokulare und/oder Mikroskope
- ✓ Teelöffel, Holzspieße
- ✓ Bestimmungsschlüssel Bodentiere

Vorbereitung

- » Kompost besorgen oder den Schüler*innen vorab sagen, dass sie Bodenproben und/oder Kompost von zuhause mitbringen sollen. In frischem Kompost und in Waldböden sind die meisten Bodentiere zu finden.
- » Falls Binokulare und/oder Mikroskope verwendet werden, diese aufbauen, testen und einstellen.
- » Gegebenenfalls für die Mikroskope Präparate herstellen. Dafür eine kleine Menge Boden in Wasser lösen und einen Tropfen dieser Mischung auf einen Objektträger geben und abdecken.
- » Bestimmungsschlüssel und Arbeitsblatt ausdrucken.
- » Zeigen Sie den Schüler:innen, wie das Binokular und/oder Mikroskop zu verwenden und einzustellen ist.
- » Demonstrieren Sie mit einem Beispiel, wie man mit dem Bestimmungsschlüssel Bodentiere identifizieren kann.
- » Vorsicht: Unter dem Licht der Binokulare und Mikroskope wird es für die Lebewesen sehr warm und trocken. Daher sollte man die Proben anfeuchten und häufig wechseln.

Ablauf

Die Schüler:innen suchen in den Kompost-/Bodenproben nach lebenden Tieren. Diese können sie mit Becherlupen oder Binokularen beobachten (Achtung, dass es für die Tiere nicht zu warm und trocken wird).

Etwa einen Teelöffel der Bodenprobe in eine Becherlupe oder eine Petrischale geben und darin mit Hilfe von Lupe oder Binokular nach Bodentieren suchen. Die Bodenaggregate kann man dabei vorsichtig mit einem Holzspieß trennen und wenden.

In Arbeitsblatt 6 tragen die Schüler:innen ihre Beobachtungen ein. Ein Bestimmungsschlüssel kann bei der Zuordnung der Tiere helfen.

Zusätzlich können auch Präparate von Bodenlebewesen in einem Mikroskop angesehen und erforscht werden. Besonders bei jungen Schüler:innen müssen diese von der Lehrperson vorbereitet werden.



Bodentier-Kartei:

<https://hypersoil.uni-muenster.de/1/05.htm>

Regenwurm-Werkstatt mit ausführlichen Informationen und Experimenten:

<https://hypersoil.uni-muenster.de/1/02/01.htm>



STATIONENBETRIEB BODEN

Dieser Stationenbetrieb behandelt unterschiedliche Aspekte rund um das Thema Boden und bringt sie den Schüler:innen auf praktische und kreative Weise näher. Die aufgelisteten Stationen sind ein Vorschlag, woraus die für die jeweilige Klasse passenden Stationen ausgewählt werden können.

Die Stationen beruhen auf den Aktivitäten der Bildungsapp Tea Bag Index App (TBI App). Diese ist frei verfügbar und kann hier ebenfalls inkludiert werden.

Der Tea Bag Index, welcher dieser App ihren Namen gibt, ist eine einfache standardisierte Methode zur Messung der Zersetzung organischen Materials im Boden mithilfe von Teebeuteln. Bei der Zersetzung wird pflanzliches und anderes organisches Material abgebaut und aufgespalten, wodurch Nährstoffe für Pflanzen und Mikroorganismen verfügbar werden. Bei diesem Prozess wird auch das Treibhausgas Kohlendioxid (CO₂) an die Atmosphäre abgegeben. Das bedeutet, dass Veränderungen in der Zersetzung auch Auswirkungen auf das Klima haben können.

In der Tea Bag Index App können die Schüler:innen aus 3 Aktivitätskategorien wählen:

- » grundlegende Bodeneigenschaften (Bodenfarbe, Bodenleben und Landnutzung),
- » Bodenbeobachtungen (Bodenart durch Fingerprobe, Bodenbeschreibung durch Spatentest),
- » Tea Bag Index Experiment durchführen



LERNZIEL EINFACH

Die Kinder können wichtige Bodentiere auflisten und können ihre Funktion mit eigenen Worten erklären. Sie können die Fingerprobe ausführen und ihr Resultat der Darstellung einer Bodenart zuordnen.

LERNZIEL FORTGESCHRITTEN

Die Kinder können wichtige Bodentiere auflisten, verstehen die Zusammenhänge des Nahrungsnetzes im Boden und können diese mit eigenen Worten erklären. Sie können die beobachteten Bodentiere skizzieren und im Bestimmungsschlüssel einordnen.

Materialtyp/Methodik: Stationenbetrieb mit Experimenten

Sozialform: Gruppenarbeit

Raum: Indoor

Dauer der Einheit: ca. 2 UE



Download TBI App für Android:

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.spotteron.teabagindex>

Download TBI App für iOS:

<https://itunes.apple.com/us/app/tea-bag-index-spotteron/id1465181150>

benötigte Materialien

- ✓ Diverse (getrocknete) Bodenproben mit unterschiedlichen Farben
- ✓ Munsell-Farbtafeln oder Ausdrücke der häufigsten Bodenfarben Österreichs (in TBI App zu finden)
- ✓ Kompostprobe
- ✓ Binokulare und/oder Becherlupen
- ✓ Ein Würfel frisch ausgehobener Boden (ca. 30x30x30 cm)
- ✓ Eine oder verschiedene frische Bodenproben
- ✓ Kopien der Infografik „Fingerprobe“
- ✓ [Blumentöpfe mit vergrabenen Lipton Teebeuteln (ein paar Wochen davor vergraben)]
- ✓ [Taschenwaage mit Genauigkeit 0,01g]
- ✓ Bilder, die Bodenverschmutzungen zeigen

Vorbereitungen

- » 6 leere Tische oder Tischinseln bereitstellen (bzw. die Anzahl der geplanten Stationen).
- » Tisch 1: Unterschiedliche Bodenproben und ein Munsell-Farbsystem oder Ausdrücke der häufigsten Bodenfarben Österreichs bereitlegen. Auch die TBI App kann hier zur Unterstützung herangezogen werden.
- » Tisch 2: Vorbereitungen wie beim Experiment „Bodenleben entdecken“.
- » Tisch 3: Eine frische Bodenprobe oder – noch besser – mehrere frische Bodenproben mit unterschiedlicher Textur bereitstellen; Infografik ausdrucken.
- » Tisch 4: Einen Bodenwürfel mit dem Spaten ausstechen und auf einem Tischtuch oder einer Folie auf den Tisch legen. ODER: Spaten bereitstellen und einen geeigneten Ort suchen, um mit der Klasse gemeinsam die Spatenprobe durchzuführen (Anleitung ist in der TBI App zu finden).
- » Tisch 5: Die Anleitung des Tea Bag Index Experiments ausdrucken und die Arbeitsschritte einzeln ausschneiden, die dann in die richtige Reihenfolge gebracht werden sollen. ODER: 1-2 Monate zuvor Lipton-Teebeutel (Grüntee und Rooibostee) in Blumentöpfen vergraben und z.B. Gras darauf anbauen. Anmerkung: Die standardisierte Dauer des TBI Experiments im Freiland sind 3 Monate, doch zur Veranschaulichung in diesem Stationenbetrieb reichen 1-2 Monate.
- » Tisch 6: Ausdrucken von Bildern, die Bodenverschmutzungen unterschiedlicher Art zeigen.
- » Benötigte Arbeitsblätter ausdrucken: Bodenlebewesen entdecken (AB 6), Boden erforschen (AB 5).



Munsell - Farbtafeln: Standardisierte Referenztafeln zur objektiven Bestimmung der Bodenfarbe

Fossilien: Überreste oder Spuren von Lebewesen, die älter als 10.000 Jahre sind. Das können z.B. versteinerte Reste, Skelette, Abdrücke, Grabgänge usw. sein.

ABLAUF

Mehrere (Unter-)Kategorien der Tea Bag Index App werden an Aktivitätstischen in der Klasse aufbereitet. Gruppen von vier Schülern rotieren von einem Tisch zum anderen (ca. 15 min pro Tisch), bis jede Gruppe die Aktivitäten besucht und abgeschlossen hat. Die folgende Liste ist eine Anregung für die Gestaltung von Aktivitätstischen, und Anpassungen können je nach den Ressourcen und der verfügbaren Zeit angepasst werden.

1. Bodenfarben: Bodenproben unterschiedlicher Farben werden zusammen mit einem Munsell-Farbsystem auf dem Tisch vorbereitet. Anstelle des Munsell-Buchs kann auch eine Darstellung der häufigsten Bodenfarben Österreichs (wie in der TBI App) verwendet werden. Die Schüler:innen ordnen die Bodenproben den passenden Farben der Farbkarte zu und bekommen ein Gespür dafür, dass Böden eine Vielfalt an Farben haben.

2. Bodenlebewesen entdecken: Eine frische Kompostprobe wird in die Mitte des Tisches gelegt. Die Schüler:innen sammeln Bodentiere und beobachten sie unter dem Binokular oder mit der Becherlupe. Sie versuchen die gefundenen Tiere anhand von Bildern und Ausdrucken zu identifizieren. Eine detailliertere Beschreibung findet sich im Experimente-Blatt „Bodenleben entdecken“

3. Fingerprobe: Die Schüler:innen stellen die Textur an einer oder mehreren Bodenproben anhand der Infografik „Fingerprobe“ fest.

4. Spatenprobe: Am einfachsten ist es, wenn ein Bodenblock in die Klasse mitgebracht wird, an dem die Schüler:innen ihre Beobachtungen anstellen. Alternativ dazu kann man auch gemeinsam einen Bodenblock mit einem Spaten ausheben und diesen gemeinsam erforschen. [Arbeitsblatt 6: Boden erforschen]

5. TBI Experiment: Durch das Vergraben von zwei Teesorten mit unterschiedlichen Eigenschaften (Grüner Tee, Rooibos) können die Schüler:innen Informationen darüber erhalten, wie schnell und wie viel organisches Material im Boden abgebaut wird. In dieser Station kann man z.B. die ausgedruckten Arbeitsschritte des Experiments in die richtige Reihenfolge bringen lassen und danach diskutieren. Anschließend kann das Experiment in Kleingruppen oder als ganze Klasse gestartet werden. Dafür müssen je drei Teebeutel von Grüntee und Rooibostee (Marke Lipton) im Boden vergraben werden. Die detaillierte Anleitung findet sich auf: www.teatime4science.org

Eine andere Möglichkeit (für jüngere Schüler:innen) ist, dass die Lehrperson Blumentöpfe mit vergrabenen Teebeuteln vorbereitet, und die Kinder diese ausgraben und das Gewicht des Tees wiegen.

6. Bodenverschmutzung: In einer Gruppendiskussion identifizieren die Schüler:innen unterschiedliche Arten von Bodenverschmutzung und die jeweiligen Quellen. Dies wird am besten durch Abbildungen unterstützt.

THEMA 3: BODENFUNKTIONEN - WAS KANN DER BODEN?

Der Boden hat vielfältige Funktionen: Er filtert und speichert Wasser und ist eine Lagerstätte für Kohlenstoff, Stickstoff und andere Nährstoffe. Außerdem leben unzählige Lebewesen im Boden, nämlich ungefähr ein Viertel der Tier- und Pflanzenarten der Welt. Diese Bodenorganismen halten viele Prozesse am Laufen und produzieren Humus. Mit dem Humus wird die Struktur des Bodens verbessert und auch die Fähigkeit zum Filtern und Speichern von Wasser.

All diese Funktionen machen die Bodenfruchtbarkeit aus und sind damit die Grundlagen für optimales Pflanzenwachstum. Mit fruchtbaren Böden kann die Versorgung mit Nahrungsmitteln, Tierfutter und Rohstoffen gesichert werden. Böden leisten also wichtige Ökosystemdienstleistungen für den Menschen, wie etwa Lebensmittelsicherheit, Milderung des Klimawandels, Erhalt der Biodiversität und Sicherung der menschlichen Gesundheit (Montanarella et al., 2016).

Produktion von Pflanzen: Boden bietet Wasser und Nährstoffe, die Pflanzen, Tiere und Bodenorganismen zum Leben brauchen. Er bietet den Pflanzen Wurzelraum, gewährleistet ihre Verankerung im Bodenraum, ihre Versorgung mit Wasser, Sauerstoff, Nährstoffen und mit Wärme. Auf dem Boden wachsen Pflanzen, die als Nahrung für uns Menschen und unsere Nutztiere dienen. Aus den Pflanzen können außerdem wichtige Rohstoffe produziert werden (Holz, Fasern für Leinen, Rapsöl, Sonnenblumenöl usw.).

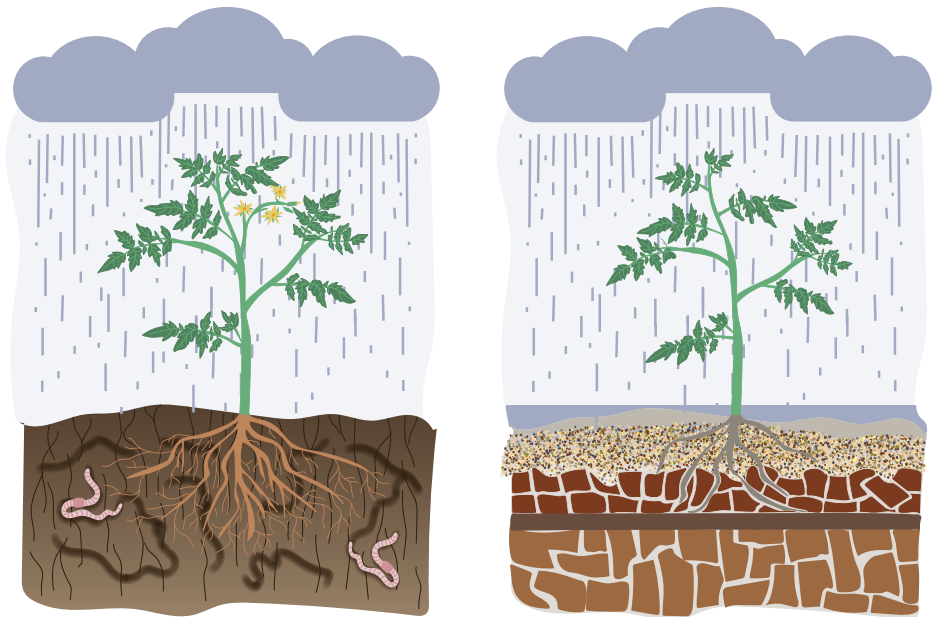
Nährstoffkreislauf: Der Boden beinhaltet Nährstoffe und andere Elemente und kann sie in eine Form umwandeln, die Pflanzen aufnehmen können. Nach und nach werden die Nährstoffe so freigesetzt, und von Pflanzen und anderen Lebewesen aufgenommen. Sie können auch in die Luft oder ins Wasser abgegeben, oder im Boden gespeichert werden.

Lebensraum für Artenvielfalt: Böden sind Lebensgrundlage und Lebensraum für Pflanzen, Tiere und den Menschen. Böden sind Standorte für unglaublich viele Pflanzen(arten). Die Bodenorganismen tragen zu vielen Prozessen im Boden bei. Sie zersetzen z.B. Pflanzenreste und tote Organismen; damit werden die Nährstoffe frei und können wieder von Pflanzen aufgenommen werden.

Klimaregulierung: Der Boden beeinflusst das Klima im Großen und im Kleinen. Im kleinen Maßstab hilft natürlicher Boden dabei die Luft bei Hitze abzukühlen. Das geschieht, indem Wasser aus dem Boden verdunstet: dabei wird das flüssige Wasser im Boden zu Wasserdampf in der Luft. Durch diesen Vorgang wird die Luft kühler. Auf der anderen Seite hängt das Klima der gesamten Erde mit dem Boden zusammen. Denn Böden speichern unglaublich große Mengen Kohlenstoff – doppelt so viel wie in unserer Atmosphäre ist. Der Kohlenstoff kommt zum Beispiel durch Pflanzenwurzeln und tote Pflanzen, die verrotten, in den Boden. Bei Abbauprozessen wird der Kohlenstoff also CO_2 (Kohlendioxid) wieder freigesetzt. Dieses Gas (CO_2) ist ein Treibhausgas und trägt zum Klimawandel bei.

Wasserhaushalt (Regulierung und Reinigung): Der Boden kann viel Wasser speichern, also im Inneren festhalten. Je nach seinen Bestandteilen und Bodenstruktur kann er mehr oder weniger Wasser bzw. für längere oder kürzere Zeit festhalten. Ein natürlicher Boden mit viel organischem Material, also Humus, Mikroorganismen, und anderen Bodenlebewesen, kann das Wasser am besten halten und gibt es dann nach und nach wieder ab. Dieses Wasser können dann Pflanzen aufnehmen, wenn es zum Beispiel eine ganze Weile nicht geregnet hat. Zudem reinigt der Boden das Wasser von allerlei Schadstoffen – der Boden filtert das Wasser.

So hält er das Grundwasser sauber und schützt uns Menschen, da Grundwasser oft unser Trinkwasser ist. Jedoch können Böden nicht unendliche viele Schadstoffe binden oder umwandeln. Dann können Schadstoffe zum Beispiel in die Nahrung von Menschen und Tieren gelangen und Effekte auf deren Gesundheit haben.



Beispiel: Im Boden, der viele Gänge und Hohlräume von Bodentieren und alten Wurzeln aufweist (links), kann das Wasser gut versickern. Auch die Pflanzenwurzeln können sich in einem gut strukturierten (krümeligen) Boden gut entfalten. Somit hilft eine gute Bodenstruktur auch der Funktion „Produktion von Pflanzen“. Wenn der Boden verdichtet ist, z.B. durch eine Pflugsohle (rechts), können sowohl Pflanzenwurzeln als auch Wasser nicht weiter in den Boden eindringen. Die Folgen können z.B. großer Oberflächenabfluss und Wasseransammlungen sein.

Archäologisches Archiv: Wieso wissen wir, wie zum Beispiel die Römer vor 2000 Jahren gelebt haben? Oder wieso wissen wir, wie Dinosaurier ausgesehen haben? Im Boden können Gegenstände lange aufbewahrt und viel später ausgegraben werden. Der Boden ist also wie ein Archiv der Erdgeschichte. Oft enthält der Boden Pflanzen- und Tierreste, Algen, Schnecken, Muscheln, Holzreste oder Tonscherben und Werkzeuge von Menschen aus früheren Zeiten. Damit kann man herausfinden, wie die Menschen früher gelebt haben. Fossilien im Boden zeigen uns, wie Tiere und Pflanzen vor vielen Tausend Jahren ausgesehen und wie sie gelebt haben. Fossilien entstehen oft, wenn die Tiere oder Pflanzen schnell und ohne Luft von Schlamm oder Sand begraben wurden.

Standort für Bebauungen: Auf dem Boden bauen wir Gebäude, Straßen, Eisenbahnschienen, Spielplätze usw.

Rohstofflagerstätte: Boden bietet Kies, Sand, Ton und Minerale (z.B. für Ziegel und Porzellanherstellung), Medikamente, genetische Ressourcen.

i

Um die Bodenfunktionen zu verdeutlichen, kann man mit der Klasse einen gemeinsamen Spaziergang in der Umgebung der Schule machen und die Bodenfunktionen der Flächen, an denen man vorbei kommt, besprechen.



EXPERIMENT: FILTERVERSUCH

Es geht bei diesem Experiment darum, die Bodenfunktion Wasserregulierung und -reinigung zu veranschaulichen.

Niederschlagswasser sickert in den Boden ein und speist schließlich das Grundwasser. Ein Teil des Wassers wird im Boden festgehalten und diese Fähigkeit nennt man Wasserkapazität. Dies ist wichtig, um Pflanzen in Zeiten ohne Niederschlag mit Wasser zu versorgen, Überschwemmungen zu verhindern und zur Kühlung der Umgebung beizutragen. Zudem können Schadstoffe im Boden durch die feinen Poren gefiltert, von Tonmineralien und Humus gebunden und durch Bodenorganismen (besonders Pilze und Bakterien) abgebaut werden. Dadurch wird das Grundwasser vor schädlichen Stoffen geschützt.

Die Durchfließgeschwindigkeit, die Wasserkapazität und die Filterleistung hängen von der Bodenart ab. Feinkörnige und humusreiche Böden können das Wasser länger speichern und besser reinigen, weil es in den zahlreichen engen Poren haften bleibt. Dahingegen fließt bei z.B. kiesigen Böden das Wasser schneller durch und wird weniger gereinigt. Dies kann im Klassenraum deutlich gemacht werden, indem gefärbtes Wasser durch zwei unterschiedliche Bodenproben gegossen wird. Die Tinte stellt in diesem Fall eine Verschmutzung dar. Kies kann die Tinte nicht herausfiltern und das durchfließende Wasser ist noch blau, wohingegen feinkörniger und humusreicher Boden das Wasser reinigt.

Darüber hinaus kann die Verknüpfung zu den Themen Flächenversiegelung und Bodenschutz hergestellt werden, denn versiegelte Flächen können gar kein Wasser mehr aufnehmen. Regenwasser fließt daher an der Oberfläche ab und es kann einfacher zu Überschwemmungen kommen, weil es weniger Versickerungsflächen gibt.



LERNZIEL

Die Schüler:innen können das Experiment mit Hilfe des beiliegenden Protokolls selbst vorbereiten und durchführen.

Sie können aus ihren Beobachtungen die relevanten Bodeneigenschaften für die Bodenfunktionen Wasserspeicher und -reinigung schlussfolgern und erläutern.

Die Schüler:innen verstehen die Wasserregulierungsfunktion des Bodens und den Einfluss der Bodenbeschaffenheit darauf.

benötigte Materialien

- ✓ 2 Papierfilter
- ✓ 2 Trichter
- ✓ 2 Becher oder Bechergläser
- ✓ 2 Messbecher
- ✓ Blaue Tinte (Flaschen + Pipette)
- ✓ Wasser
- ✓ Proben von zwei unterschiedlichen Böden, z.B. feinkörnige Erde und Keis, Gartenerde und Sand

Materialtyp/Methodik: Experiment

Sozialform: Gruppenarbeit

Raum: Indoor

Dauer der Einheit: 20 -30 Minuten inkl. Diskussion

Vorbereitungen

- » Zwei verschiedene Bodenproben besorgen: Kies und feine Erde, oder Sand und humusreiche Erde

- » Am besten das Experiment mit den beabsichtigten Bodenproben vorab testen. Gibt es Unterschiede bei der Durchfließgeschwindigkeit des Wassers und der Filterleistung (Reinigung) zwischen den beiden Böden?

- » Protokoll für alle Schüler:innen ausdrucken

- » Kübel oder anderes Behältnis für die nassen Bodenproben bereitstellen. Idealerweise werfen Sie die Bodenproben nicht in den Mistkübel, um den Schüler:innen nicht zu vermitteln, dass Boden Müll ist, sondern bringen den Boden zurück in die Natur oder trocknen ihn und verwenden ihn für weitere Experimente wieder.

Ablauf

Die Schüler:innen werden bei allen Schritten aktiv eingebunden oder sie führen das Experiment selbständig mit Hilfe des Protokolls durch.

Zuerst bereiten sie zwei Sätze von Trichtern mit Filterpapier auf einem Becher(glas) vor. Jemand gibt ca. 5 Löffel Erde auf einen Filter; jemand anderes gibt etwa 5 Löffel Kies / Sand in den zweiten Filter. Danach werden zwei Messbecher mit je 50 ml Wasser und 2-3 Tropfen Tinte vorbereitet. Die Tinte stellt eine Verschmutzung dar, die mit dem Wasser in den Boden kommt.

Dann gießen zwei andere Schüler:innen das gefärbte Wasser langsam und gleichzeitig über die zwei vorbereiteten Proben. Zwei Schüler:innen messen die Durchfließzeit des Wassers in den beiden Proben (z.B. mit einer Stoppuhr) und die Gruppe beobachtet, was passiert. Die Ergebnisse werden in das Protokoll (Arbeitsblatt 7) eingetragen.

Anschließend diskutiert die Gruppe oder die gesamte Klasse über die Beobachtungen und was diese in Bezug auf die Bodenfunktion bedeuten. Dabei können sich die Schüler:innen an den Fragen im Protokoll orientieren. Letztendlich soll schlussgefolgert werden, wo das Wasser und die Farbe geblieben sind und warum.

THEMA 4: GEFAHREN UND STÖRUNGEN FÜR DEN BODEN

Die Menschen haben Einfluss auf den Boden, zum Beispiel durch die Landwirtschaft, den Bau von Gebäuden und Straßen, die Ernährungsweise oder das Verhalten in der Natur. Diese Einflüsse können positiv oder negativ sein. Leider gibt es viele Gefahren und Störungen, die der Bodengesundheit schaden.

Flächenverbrauch und Flächenversiegelung: Das Bedecken von natürlichem Boden mit Bauwerken von Menschen heißt Versiegelung. Große Flächen werden versiegelt durch den Bau von z.B. Supermärkten mit großen Parkplätzen, Autobahnen und Straßen zu abgelegenen Häusern. Das ist ein Problem, weil dadurch Ackerflächen und Naturflächen weniger werden. In Österreich werden pro Tag ca. 12 ha Fläche verbraucht (davon ca. 5 ha komplett versiegelt). Das sind etwa 17 Fußballfelder pro Tag! Wenn man ein Gebäude oder eine Straße baut, dann kann dieses Stück Boden keine anderen Funktionen mehr erfüllen. Das heißt, dort können keine Pflanzen mehr wachsen und daher keine Nahrung produziert werden. Der Boden kann dort kein Wasser mehr aufnehmen und das Wasser fließt ab, wodurch das Risiko für Überschwemmungen steigt. Außerdem können keine (Boden)Tiere mehr dort leben und dadurch nimmt die biologische Vielfalt ab.

Verdichtung: Wenn es genügend Hohlräume mit Wasser und Luft im Boden gibt, dann ist der Boden gesund und Pflanzenwurzeln können gut wachsen. Hohlräume im Boden sind auch wichtig für Bodenlebewesen, die in diesen leben und sich bewegen. Der Boden kann jedoch fest zusammengedrückt werden, wenn sehr schwere Traktoren und Maschinen auf einem Feld fahren, vor allem wenn es zu nass ist. Auch wenn häufig Kühe auf einer Wiese trampeln, kann das passieren. Der Boden wird verdichtet, sagen die Landwirte. Wenn der Boden verdichtet ist, dann wachsen Pflanzen nur sehr schwierig, weil ihre Wurzeln keinen Platz mehr haben und für die meisten Tiere ist es nicht mehr möglich dort zu leben.

Verschmutzung:

Verschiedene schädliche Stoffe können in den Boden gelangen und verursachen Probleme vor allem für Bodenlebewesen und Pflanzen. Sie können aber auch das Wasser in Flüssen, Seen und im Grundwasser verschmutzen. Das passiert zum Beispiel, wenn Müll in die Natur und in den Boden gelangt. Die Abfälle können die Bodentiere stören und das Regenwasser kann schädliche Stoffe in das Grundwasser spülen. Auch ungeplantes Ausrinnen von Stoffen aus Fabriken kann den



Shutterstock.com/chrupka

Boden und die Bodenlebewesen schädigen. Auf den Feldern können zum Beispiel überschüssige Dünger, Pflanzenschutzmittel und Medikamentenrückstände landen und mit dem Regenwasser in Seen, Flüsse oder das Grundwasser geschwemmt werden. (Siehe Kapitel Pflanzenernährung)

Am wirksamsten ist es, Verschmutzungen von vornherein zu vermeiden. Wenn Boden einmal stark belastet ist, kann/muss der Standort saniert (gereinigt) werden, was oft

schwierig und teuer ist. Möglichkeiten dafür sind: chemische Reinigung, biologische Reinigung mit Mikroorganismen (nur bei bestimmten Stoffen möglich), Ausgraben und Wegbringen der verschmutzten Erde und Errichten von Schutzwänden rund um die Verschmutzung.

Erosion ist der Abtrag von Bodenmaterial mit dem Wind oder mit Wasser. Dadurch geht oft fruchtbarer Boden verloren, der für Pflanzen und Bodenlebewesen wichtig ist. Da Boden viel langsamer entsteht, als er durch Erosion verloren geht, gefährdet dies auf lange Sicht unsere Versorgung mit Nahrungsmitteln. Im Allgemeinen ist Erosion ein natürlicher Prozess, aber das Risiko dafür kann auf bestimmten Feldern (z.B. Mais) und an Hängen höher sein.



Shutterstock.com/Meryll

Klimaveränderungen: Hitzeperioden, trockene Phasen und extreme Wetterereignisse (z.B. sehr starker Regen) werden häufiger. Sehr starker Regen und Wind erhöhen die Erosion und mehr Boden geht verloren. Durch die Trockenheit ist auch weniger Wasser im Boden, was zu schlechten Lebensbedingungen für Pflanzen und Lebewesen führt. Die Pflanzen auf unseren Feldern sind nicht angepasst an diese neuen Bedingungen. Deshalb werden die Ernten in vielen Gebieten Österreichs kleiner und die Arbeit in der Landwirtschaft wird immer schwieriger.

Verlust von Artenvielfalt: Das heißt, dass die Anzahl der Arten von Tieren und Pflanzen, die im und auf dem Boden vorkommen, weniger werden. Die biologische Vielfalt des Bodens ist durch Landnutzungsänderungen, Übernutzung des Bodens, Verschmutzung, Klimawandel und invasive Arten bedroht. Man sieht also, dass die Artenvielfalt von vielen Faktoren beeinflusst wird und ihr Verlust von anderen Störungen oder von einer Verschlechterung der Bodenqualität verursacht wird, wie z.B. Erosion, Verschmutzung, Klimawandel, Verdichtung. Durch den Erhalt von Naturflächen, vielfältige Fruchtfolgen am Acker, geringe/keine Verwendung von chemischen Substanzen auf Feldern und in Gärten kann die Artenvielfalt geschützt werden.



Invasive Arten: Invasive bzw. gebietsfremde Arten sind Pflanzen, Tiere und Mikroorganismen, die durch den Menschen in Gebiete gelangen, die sie ohne fremde Hilfe nicht erreicht hätten.



Führe ein Interview mit deinen Eltern, Großeltern, Geschwistern oder anderen Personen aus deiner Familie. Was wissen sie über die Funktionen von Böden? Habt ihr Verschmutzungen oder andere Gefährdungen beobachtet? Welche Maßnahmen zum Bodenschutz fallen euch gemeinsam ein?

Tragt dann in der Klasse eure Ideen zusammen: Was können wir tun, damit der Boden geschützt wird und gesund bleibt?

THEMA 5: BODENSCHUTZ - WIE KÖNNEN WIR UNSERE BÖDEN GESUND HALTEN?

Wie wir nun wissen, ist Boden sehr kostbar und kann von uns Menschen nicht vermehrt oder erneuert werden. Es dauert über 100 Jahre bis 1 cm Boden entsteht. Es ist daher sehr wichtig, sorgsam mit dem Boden umzugehen und ihn sauber und gesund zu halten. Jede und jeder kann dazu beitragen, dass der Boden geschützt wird und gesund bleibt.

Es gibt auch diese Möglichkeiten für den Bodenschutz:

» Halte die Umwelt und den Boden sauber: Wirf deinen Abfall nur in Mülleimer und lasse nichts in der Natur zurück. Nimm Müll mit, den du in der Natur findest und entsorge ihn richtig.

» Verzichte auf Fleisch und iss so oft wie möglich vegetarisch. Die Produktion von Fleisch benötigt viel mehr Ackerfläche als von vegetarischen Produkten, weil zuerst das Futter für die Tiere angebaut werden muss. Dafür braucht man große Flächen und oft werden dafür Wälder abgeholzt.

Zudem verursacht die Produktion von Fleisch viel mehr Emissionen - ein großer Faktor ist z.B. Methan bei der Rinderhaltung.



Shutterstock.com/Markus Mainka

» Wegwerfen von Lebensmitteln verhindern: Nur so viel einkaufen, wie man auch essen wird. Auch wenn das Haltbarkeitsdatum überschritten ist, genau hinsehen und riechen. Oft sind die Lebensmittel noch genießbar.

» Lebensmittel aus Bio-Landwirtschaft und aus der Region kaufen: Bio-Landwirtschaft ist gut für die Bodengesundheit, weil sie den Humusgehalt und die Vielfalt des Bodenlebens erhöht. Lebensmittel aus der Region haben einen kürzeren Transportweg und verursachen daher weniger Emissionen.

» Mülltrennung: Was du in der Biotonne sammelst, wird zu wertvollem Kompost. Dieser bringt Nährstoffe und organisches Material in den Boden. Achte immer darauf, dass keine Plastiksackerl oder anderer Müll mit in den Biomüll kommen, denn Plastik kann nicht zersetzt werden und kann so in die Umwelt und in unsere Nahrung gelangen.

» Fahre mit dem Rad und mit den Öffis anstatt mit dem Auto so oft es geht. Dadurch gelangen weniger Abgase und Schadstoffe in die Umwelt und in den Boden.

WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN

Sammlung von Lehrmaterialien zum Thema Boden(schutz) in Form von Postern und Broschüren vom Umweltbundesamt: www.umweltbundesamt.at/seminare-schulungen/boden-und-bildung/boden-lehr-material

Sammlung von Lern- und Arbeitsunterlagen zum Themenfeld Boden inkl. Versuche, Experimenten, Arbeitsblättern und weiteren Materialien: hypersoil.uni-muenster.de/

Handreichung „Lernort Boden“: Umfangreiche Unterrichtsmaterialien zu unterschiedlichen Aspekten des Themenbereichs Boden mit Sachinformationen und Schüleraktivitäten www.stmuv.bayern.de/themen/boden/lernort_boden/

Vielfältige Informationen, Anregungen, (digitale) Ressourcen und Filme rund um die Themen Bodenentstehung, Bodenschutz und Bodennutzung www.bodenwelten.de

Broschüre „Boden schützen leicht gemacht“, herausgegeben vom Umweltbundesamt Deutschland (2019), zum Download verfügbar: www.umweltbundesamt.de/publikationen

ARBEITSBLÄTTER ZUM KAPITEL



Arbeitsblatt 1: Ringa Regenwurm macht einen Ausflug



Arbeitsblatt 2: Bodenwelten - einfach



Arbeitsblatt 3: Bodenwelten - fortgeschritten



Arbeitsblatt 4: Wunderwelt Boden



Arbeitsblatt 5: Boden erforschen



Arbeitsblatt 6: Bodenlebewesen entdecken



Arbeitsblatt 7: Filterversuch

QUELLENVERZEICHNIS

Baumgarten, A. (2013). Unser Boden – das unbekannte Wesen. Vortrag.

Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz & Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung (2006). Lernort Boden. Modul B: Der Boden als Lebensraum. München, Deutschland.

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (Hrsg.). Neobiota in Österreich. URL: www.neobiota-austria.at

Montanarella, L., Pennock, D.J., McKenzie, N., Badraou, M., Chude, V., Baptista, I., Mamo, T., Yemefack, M., Aulakh, M.S., Yagi, K., Hong, S.Y. (2016). World's soils are under threat. *SOIL* 2 (1), 79–82.

Hypersoil (Westfälische Wilhelms-Universität Münster). „Interaktionen“ u.a. URL: hypersoil.uni-muenster.de/0/06/11.htm

Sandén, T., Wawra, A., Birli, B., Schwarz, S., Ziss, E., Hood-Nowotny, R., Daebeler, A., Kinz, E. et al. (2020). Good practices in DIY soil activities in Austria. In: Kosaki, T., La, R.I; Sánchez, L. B. R. (Eds.)

Soil Sciences Education: Global Concepts and Teaching. *GeoEcology Essays*.

Schulte, R. P., Creamer, R. E., Donnellan, T., Farrelly, N., Fealy, R., O'Donoghue, C., & O'huallachain, D. (2014). Functional land management: A framework for managing soil-based ecosystem services for the sustainable intensification of agriculture. *Environmental Science & Policy*, 38, 45-58.

Abbildungsverzeichnis

Anmerkung: Quellenangabe nach Kapitel in der Reihenfolge der Erscheinung in den Dokumenten

Titelbild (Foto): Frames of Life

Leitfaden:

Bodenprofil: Shutterstock.com/keantian: <https://www.shutterstock.com/de/image-photo/beneath-asphalt-layer-soil-road-87678442>

Aufschlüsselung der Bodenbestandteile: AGES (Denise Seitner)

Korngrößenverhältnisse: AGES (Denise Seitner)

Plakat Fingerprobe: AGES

Nahrungsnetz: AGES (Denise Seitner)

Myzel im Boden: PHOTO FUN/Shutterstock: <https://www.shutterstock.com/de/image-photo/mycels-growing-under-rotten-tree-bark-101026813>

Regenwurm: MarynaPleshkun/Shutterstock: <https://www.shutterstock.com/de/image-photo/earthworm-soil-closeup-shot-379588192>

Milbe: bierchen/Shutterstock: <https://www.shutterstock.com/de/image-photo/red-velvet-mite-trombidium-holosericeum-181972472>

Pseudoskorpion: Cosmin Mancu/Shutterstock: <https://www.shutterstock.com/de/image-photo/pseudoscorpion-photographed-nature-86802892>

Springschwanz: Henrik Larsson/Shutterstock: <https://www.shutterstock.com/de/image-photo/springtail-collembola-sitting-on-wet-ground-96074714>

Bodenverhältnisse (locker): AGES (Denise Seitner)

Bodenverhältnisse (verdichtet): AGES (Denise Seitner)

Bodenverschmutzung: chrupka/Shutterstock: <https://www.shutterstock.com/de/image-photo/plastic-bottle-on-forest-floor-devastation-705043951>

Erosion: Meryll/Shutterstock: <https://www.shutterstock.com/de/image-photo/soil-erosion-damage-field-by-water-109017713>

pflanzliche Ernährung: Markus Mainka/Shutterstock: <https://www.shutterstock.com/de/image-photo/healthy-eating-smiling-face-vegetables-fruits-207680158>

Arbeitsblätter:

Ringa Regenwurm Illustrationen: AGES (Lydia Seelmann)

Bodentyp Schema körnig: AGES (Denise Seitner)

Bodentyp Schema plattig: AGES (Denise Seitner)

Bodentyp Schema blockig: AGES (Denise Seitner)

Bodenverhältnisse (locker): AGES (Denise Seitner)

Bodenverhältnisse (verdichtet): AGES (Denise Seitner)

Bestimmungsschlüssel Bodentiere: Umweltdetektive.de: https://www.umweltdetektive.ch/images/Boden/Bestimmungsschl%C3%BCsse_Bodentiere_20150227.pdf

Filterversuch Anleitung: AGES (Julia Milozcki)