

HINTERGRÜNDE ZU DEN METHODEN DER EXPEDITION ERDREICH

EINE ERGÄNZUNG ZUM AKTIONSSHEFT

Alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Expedition Erdreich erhalten mit dem Aktions-Kit ein Faltblatt mit Schritt-für-Schritt-Anleitungen für die Durchführung der einzelnen Versuche. Zusätzlich kann das Aktionsheft bestellt oder heruntergeladen werden, in dem die einzelnen Methoden ebenfalls anschaulich erklärt werden.

Im Rahmen der Expedition Erdreich können zwei verschiedene Standorte mithilfe von unterschiedlichen Methoden untersucht werden. Die folgenden Erläuterungen zu den einzelnen Methoden und Versuchen (Standortwahl, Tea-Bag-Index, pH-Wert, Fingerprobe, Spatenprobe, Witterung) sollen dabei helfen, Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Standort- und Bodeneigenschaften zu verstehen. Darüber hinaus sollen sie zeigen, warum es in der Bodenforschung wichtig ist, den Boden mit verschiedenen Methoden genau zu untersuchen, bevor man seinen Zustand und die biologische Aktivität beurteilen kann.



DER STANDORT MACHT DEN UNTERSCHIED!

HINTERGRUNDINFORMATIONEN UND HINWEISE ZUR BEDEUTUNG DER WITTERUNG FÜR DEN TEA-BAG-INDEX

Wie ein Standort genutzt werden kann, bestimmen zum großen Teil die Eigenschaften des dort vorzufindenden Bodens. Nährstoffarme Böden eignen sich zum Beispiel nicht für den Ackerbau, aber sie können als Weideland oder für die Forstwirtschaft genutzt werden. Auf sehr fruchtbaren Böden wird man hingegen meist Ackerflächen vorfinden. Je intensiver Böden durch den Menschen genutzt werden, desto stärker werden sie verändert. Gartenböden sind beispielsweise das Ergebnis jahrzehnte- oder jahrhundertelanger intensiver Nutzung und Pflege. Regelmäßiges Umgraben und die Düngung mit Mist oder Kompost haben dazu geführt, dass sich Gartenböden oft sehr deutlich von den natürlichen Böden in der Umgebung unterscheiden. Die Nutzung wirkt sich also auch auf die Bodeneigenschaften aus. Durch Bodenbearbeitung und Düngung verändert der Mensch den Boden und seine Eigenschaften wie den pH-Wert, den Humusgehalt oder die biologische Aktivität.

Im Rahmen der Expedition Erdreich sollen deshalb möglichst unterschiedlich genutzte Böden untersucht werden. Je unterschiedlicher die Standorte sind, umso wahrscheinlicher wird es, dass sich Unterschiede in den Bodeneigenschaften zeigen. So wird auch die Auswertung der Ergebnisse spannender.

Worauf sollte bei der Standortwahl geachtet werden?

Im besten Fall unterscheiden sich die beiden gewählten Standorte deutlich voneinander. Wie oben beschrieben, prägt die Nutzung eines Standortes diesen und die Eigenschaften des Bodens stark. Daher kann eine unterschiedliche Landnutzung ein Anhaltspunkt für Unterschiede in weiteren Bodeneigenschaften sein. Es könnten also beispielsweise ein Standort im Wald und ein Ackerstandort ausgewählt werden.

Es ist aber auch möglich, innerhalb einer Nutzung nach unterschiedlichen Standorten zu suchen. Im Garten zum Beispiel könnte der eine Standort im Gemüsebeet und der andere Standort im Rasen oder unter einer Hecke liegen. Mit den Versuchen im Rahmen der Expedition kann festgestellt werden, in welchen Eigenschaften sich diese Standorte neben ihrer Nutzung noch voneinander unterscheiden.

Wichtige Hinweise zur Standortwahl

Wenn die Versuche nicht auf dem eigenen Grundstück oder auf öffentlichen Flächen durchgeführt werden, sondern zum Beispiel auf landwirtschaftliche Flächen oder in einem Privatwald, muss vor der Durchführung der Versuche die **Erlaubnis bei den Eigentümerinnen und Eigentümern oder Pächterinnen und Pächtern** eingeholt werden!

Standorte am Straßen- oder Wegesrand sind zu vermeiden, weil die Böden hier häufig verändert oder verschmutzt sind, zum Beispiel durch Reifenabrieb. Auch Blumenkästen oder -kübel auf Balkon oder Terrasse eignen sich für die Expedition Erdreich nicht.

Hinweise für eine optimale Standortbeschreibung

Wichtig bei der Standortbeschreibung ist, dass der Standort ganz genau beobachtet wird. Neben der Bestimmung der Nutzung anhand der im Faltblatt vorgegebenen Kategorien ist auch interessant, welche **Pflanzen auf diesem Standort** wachsen. Vielleicht sind auch weitere Details zur Nutzung bekannt. So können zum Beispiel landwirtschaftliche Flächen (Acker und Grünland) nach der Art und Weise ihrer Bewirtschaftung unterschieden werden.

Neben der Nutzung wird außerdem die **Sonneneinstrahlung am Standort** bestimmt. Diese gibt an, ob der ausgewählte Standort – zum Beispiel durch Bebauung oder Vegetation – die meiste

Zeit des Tages im Schatten oder in der Sonne liegt. Hier sind also nicht die aktuelle Wetterlage und der Grad der Bewölkung gemeint, sondern die Lage des Standortes.

Die Sonneneinstrahlung beeinflusst die Bodenfeuchte. So bleibt der Boden eines Standortes, der auch bei sonnigem Wetter die meiste Zeit im Schatten liegt, bei gleicher Niederschlagsmenge länger feucht als der Boden eines Standortes, auf welchen den ganzen Tag die Sonne scheinen kann. Halbschattig sind Standorte, die im Tagesverlauf sowohl im Schatten als auch in der Sonne liegen.

Wie stelle ich sicher, dass ich den Standort wiederfinde?

An jedem Standort werden neben den Eigenschaften auch die **GPS-Daten** dokumentiert. Diese funktionieren wie eine Adresse und helfen dabei, den Standort nach drei Monaten wiederzufinden. Allerdings sind GPS-Daten nicht auf den Meter genau. Meist beschränkt sich die Genauigkeit auf einige Meter. Daher ist es wichtig, sich zusätzlich in der Umgebung gut **erkennbare Fixpunkte** wie einen Baum, einen Mast oder Ähnliches zu suchen und die Abstände zwischen Fixpunkt und Standort (zum Beispiel mit

Schritten) zu bestimmen und zu notieren. Auch eine **Skizze** in Form einer Schatzkarte kann beim Wiederfinden des Standortes hilfreich sein. Mit dem Wimpel und einem mitgebrachten Stock kann der Standort außerdem sichtbar markiert werden.



MIT TEEBEUTELN DEN BODEN ERFORSCHEN

HINTERGRUNDINFORMATIONEN UND HINWEISE ZUM TEA-BAG-INDEX

Was ist der Tea-Bag-Index?

Beim Tea-Bag-Index (TBI) handelt es sich um eine standardisierte, wissenschaftliche Methode, die weltweit in der Bürgerforschung (Citizen Science), aber auch von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern angewendet wird. Mit dem TBI kann die **Zersetzungsrate** von organischer Substanz (= abgestorbenes pflanzliches und tierisches Material) im Boden mit Teebeuteln bestimmt werden. Dazu werden die Teebeutel für drei Monate im Boden vergraben. In dieser Zeit wird der Tee langsam von Bodenorganismen zersetzt. Es handelt sich um spezielle Teebeutel aus Kunststoffgewebe, die nicht verrotten. Es ist deshalb wichtig, alle Teebeutel später wieder auszugraben und sie – nachdem der Versuch beendet ist – im Restmüll zu entsorgen.

Die TBI-Methode wurde in den Niederlanden entwickelt ([Keuskamp et al. 2013](#)). Sie basiert auf dem „**Litterbag**“-Verfahren, welches schon lange in der Wissenschaft zur Ermittlung der Zersetzungsrate angewendet wird. Hierbei werden mit Pflanzenabfällen („litter“ ist engl. für „Abfall“) gefüllte Nygonsäckchen (engl. „bags“) im Boden vergraben.

Wie funktioniert die Methode?

Der TBI wird mit zwei verschiedenen Teesorten – Grün- und Rooibos-Tee – bestimmt. Die Teebeutel werden vor dem Eingraben gewogen und anschließend in Paaren (einmal Grün- und einmal Rooibos-Tee je Standort) für 90 Tage vergraben. Nach dem Ausgraben werden die Teebeutel getrocknet und erneut gewogen. Der aus den Start- und Endgewichten berechnete Gewichtsunterschied bildet die Grundlage für die Bestimmung des TBI. Die Berechnung des TBI erfolgt automatisiert über die Website [expedition-erdreich.de](#).

Das Gewicht des Pflanzenmaterials wird vor dem Vergraben und nach dem Ausgraben trocken gewogen, um zu bestimmen, wie viel Pflanzenmaterial im Untersuchungszeitraum abgebaut wurde. Die Litterbag-Methode funktioniert im Prinzip genauso, ist aber aufwendiger und weniger günstig als der Tea-Bag-Index. Der TBI eignet sich deshalb besonders gut für Citizen Science und die Erhebung großer Datenmengen.

Ursprünglich wurde der TBI entwickelt, um weltweit „echte“ Zersetzungsraten für die Klimamodellierung zu gewinnen. Weiterführende Informationen hierzu sind auf [teatime4science.org](#) zu finden. Im Rahmen der Expedition Erdreich nutzen wir den TBI – oder genauer die mit der Methode bestimmte Zersetzungsrate – als **Indikator für die biologische Aktivität** im Boden. Zusammen mit weiteren Bodeneigenschaften kann anhand der Zersetzungsrate der Bodenzustand beurteilt werden. Nach Abschluss der Expedition Erdreich werden die gesammelten TBI-Daten an Teatime4Science übermittelt und für die **Klimamodellierung** zur Verfügung gestellt.



Wichtiger Hinweis zu den Teebeuteln

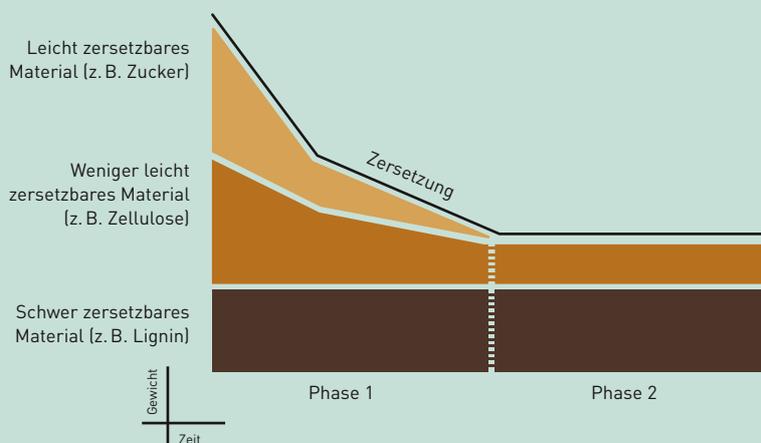
Für die Bestimmung des TBI dürfen nur die im Aktions-Kit zur Verfügung gestellten Teebeutel verwendet werden. Die Methode wurde speziell für diese Teebeutel (Kunststoffnetz) und Teesorten (gleichbleibende Zusammensetzung und Qualität des Tees) entwickelt. Teebeutel ande-

rer Hersteller sowie andere Teesorten erfüllen diese Standards nicht. Werden andere Teebeutel verwendet, sind die Ergebnisse wissenschaftlich nicht vergleichbar und können nicht ausgewertet werden.

Warum Grün- und Rooibos-Tee?

Organische Substanz, d. h. abgestorbenes pflanzliches und tierisches Material, wird im Boden in zwei Phasen zersetzt. Phase 1 ist die Zersetzungsphase und Phase 2 wird Stabilisierungsphase genannt (s. Abbildung). Weil sich Grün- und Rooibos-Tee in ihrer Zusammensetzung unterscheiden, werden sie von Bodenorganismen unterschiedlich schnell abgebaut. Grün-Tee besteht aus leicht zersetzba- ren Blättern der Teepflanze, während Rooi- bos-Tee aus verholztem und schwerer abbau- barem Material besteht.

Der Grün-Tee wird somit schneller abgebaut als der Rooibos-Tee und befindet sich nach drei Monaten im Boden bereits in der Stabilisie- rungsphase (Phase 2). Vom Grün-Tee ist nach drei Monaten nur noch ein Rest aus schwer ab- baubaren Stoffen übrig, der nur noch sehr lang- sam weiter zersetzt wird und somit „stabilisiert“ ist. Der Rooibos-Tee wird langsamer zersetzt und befindet sich nach drei Monaten noch in Phase 1, der Zersetzungsphase (s. Abbildung). Mit den beiden verschiedenen Teesorten ist es deshalb möglich, beide Zersetzungsphasen zeitgleich an einem Standort zu untersuchen.



Zersetzungsrate k und Stabilisierungsfaktor S

Der Tea-Bag-Index setzt sich aus der **Zersetzungsrate (k-Wert)** und dem **Stabilisierungsfaktor (S-Wert)** zusammen. Beide Werte können mit den Start- und Endgewichten der Teebeutel berechnet werden (Formeln siehe **Keuskamp et al. 2013**).

Die **Zersetzungsrate k** beschreibt, wie groß der durchschnittliche Anteil der abgebauten organischen Substanz pro Tag ist, und lässt Rückschlüsse auf die biologische Aktivität im Boden zu. In Europa liegt k üblicherweise zwischen 0,005 und 0,02. Je höher der k-Wert ist, desto schneller wird die organische Substanz zersetzt

und desto höher ist die zu erwartende biologische Aktivität im Boden. Ein Teil des zersetzten organischen Materials wird von Bodenorganismen direkt in Nährstoffe umgewandelt (Mineralisierung).

Ein anderer Teil wird im Boden in Humus umgewandelt und so stabilisiert (Humifizierung). Wie groß dieser Anteil ist, wird über den S-Wert ermittelt. Je höher der **S-Wert** ist, desto größer ist der Anteil des Materials, das bei der Zersetzung stabilisiert wird. Die Stabilisation liegt üblicherweise zwischen 0,05 und 0,45.

Was verrät uns die Zersetzungsrate über den Boden?

Die Zersetzungsrate ist ein wichtiger Indikator für die biologische Aktivität und die Bodenfruchtbarkeit. Um die Zersetzung kümmern sich winzige Bodentiere und Mikroorganismen wie Pilze, Bakterien und Einzeller, die den Kohlenstoff in der organischen Substanz zur Energiegewinnung nutzen und dabei andere Pflanzennährstoffe wie Nitrat (NO_3^-), Ammonium (NH_4^+) oder Phosphat (PO_4^{3-}) freisetzen.

Ist die Zersetzungsrate hoch, kann davon ausgegangen werden, dass viele Organismen im Boden leben und die biologische Aktivität hoch ist. Niedrige Zersetzungsraten deuten demnach auf eine geringere biologische Aktivität hin.

Da die biologische Aktivität jedoch von weiteren Bodeneigenschaften abhängt, darf die Zersetzungsrate nicht allein herangezogen werden, um den Bodenzustand zu beurteilen.

Wie beeinflussen andere Bodeneigenschaften und die Witterung die Zersetzung?

Die Zersetzung organischer Substanz ist von zahlreichen Faktoren abhängig und unterscheidet sich von Standort zu Standort. Grundsätzlich steigt die Zersetzungsrate mit der Aktivität der Bodenorganismen. **Bodenorganismen finden optimale Lebensbedingungen vor**, wenn der Boden warm, feucht und gut mit Sauerstoff versorgt ist. Ist es zu kalt, zu nass (Sauerstoffmangel) oder zu trocken (Wassermangel), kann die biologische Aktivität fast vollständig zum Erliegen kommen.

Da die Versuche im Rahmen der Expedition Erdreich im Frühjahr und Sommer durchgeführt werden, spielt die Bodenfeuchte bzw. die Witterung im Versuchszeitraum eine wichtige Rolle für die Beurteilung der ermittelten Zersetzungsraten. Regnet es im Versuchszeitraum gar nicht oder nur wenig, kann es passieren, dass der Tee nur wenig oder gar nicht zersetzt wird.

Ist es hingegen zu feucht, füllen sich alle Hohlräume im Boden mit Wasser und den Mikroorganismen fehlt der Sauerstoff. In beiden Fällen könnte es passieren, dass nach drei Monaten keine oder nur geringe Gewichtsunterschiede gemessen werden.

Neben der Witterung bzw. der Bodenfeuchte spielt auch der pH-Wert für die Zersetzung eine große Rolle. Für Bakterien und andere Mikroorganismen sind schwach alkalische bis schwach saure pH-Werte ideal. Weitere Informationen zur Bedeutung des pH-Wertes sind in den Methodenhinweisen zum Modul „Sauer oder alkalisch“ zu finden.



SAUER ODER ALKALISCH?

HINTERGRUNDINFORMATIONEN UND HINWEISE ZUR PH-WERT-BESTIMMUNG

Was beschreibt der pH-Wert?

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

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

Wie wird der pH-Wert im Boden bestimmt?

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

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

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

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

Wodurch wird der pH-Wert eines Bodens beeinflusst?

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

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

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

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



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

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

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



BESCHAFFENHEIT ERFÜHLEN

HINTERGRUNDINFORMATIONEN UND HINWEISE ZUR FINGERPROBE

Was wird mit der Fingerprobe untersucht?

Der Boden setzt sich aus festen Bodenteilchen zusammen, dazu gehören Mineralkörnchen, und aus organischer Substanz sowie Wasser und Luft. Letztere füllen die Hohlräume (Poren) zwischen den festen Bestandteilen, wobei sich der Anteil an Luft und Wasser ständig durch Niederschlag, Versickerung und Verdunstung verändert.

Mit der Fingerprobe wird der Feinboden untersucht, um die **Bodenart** (Bodentextur) zu bestimmen. Zum Feinboden gehören alle festen Mineralkörnchen, die im Durchmesser kleiner sind als zwei Millimeter.

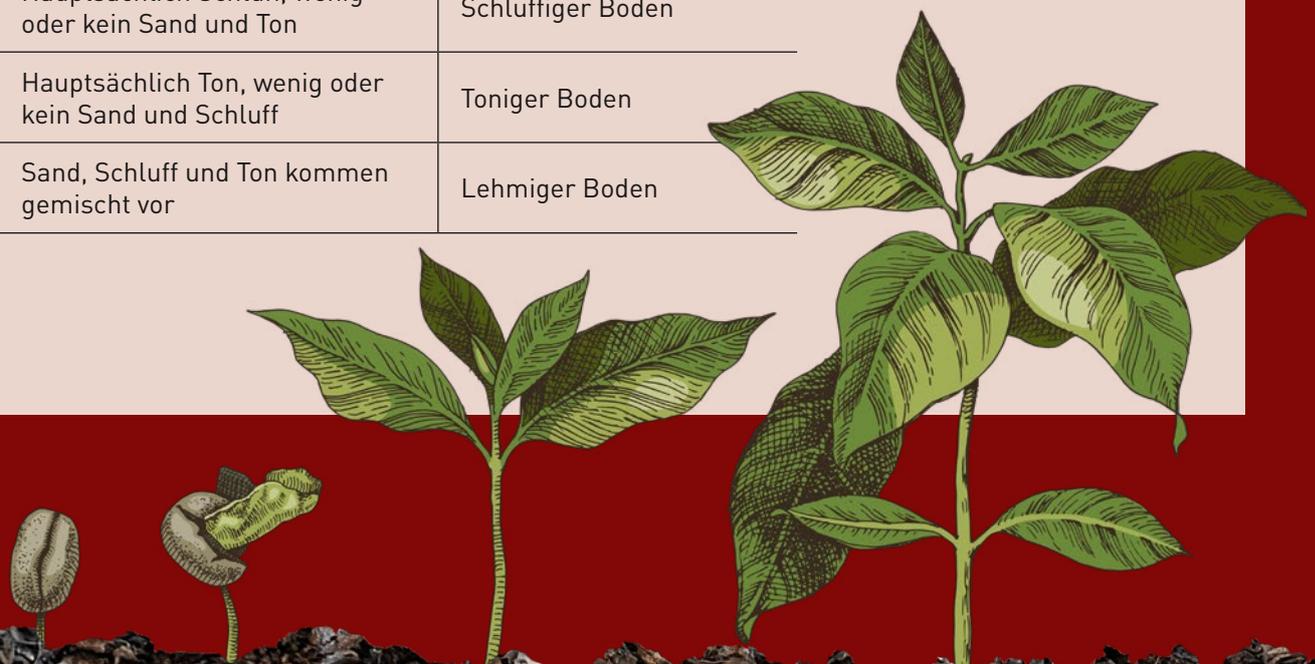
Man unterscheidet den Feinboden von grob nach fein in den Korngrößen Sand, Schluff und Ton. Das Verhältnis, also die Mischung, dieser drei Korngrößen im Boden wird Bodenart genannt.

In der Bodenforschung werden vier Hauptbodenarten unterschieden: **sandiger**, **schluffiger**, **toniger** und **lehmiger** Boden. Von Lehm spricht man, wenn die drei Korngrößen Sand, Schluff und Ton in etwa gleichen Teilen im Boden vorkommen.

Korngröße	Durchmesser der Teilchen
Sand	2 – 0,063 Millimeter
Schluff	< 0,063 – 0,002 Millimeter
Ton	< 0,002 Millimeter

Die Fingerprobe ist eine wichtige bodenkundliche Feldmethode und wird auch in der Landwirtschaft angewandt. Im Rahmen der Expedition Erdreich ist eine vereinfachte Fingerprobe nach Vorgaben des Verbands Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA) vorgesehen. Damit werden die Hauptbodenarten Sand, Schluff, Ton und Lehm bestimmt.

Korngrößenzusammensetzung	Bodenart
Hauptsächlich Sand, wenig oder kein Schluff und Ton	Sandiger Boden
Hauptsächlich Schluff, wenig oder kein Sand und Ton	Schluffiger Boden
Hauptsächlich Ton, wenig oder kein Sand und Schluff	Toniger Boden
Sand, Schluff und Ton kommen gemischt vor	Lehmiger Boden



Wovon hängt die Bodenart ab?

Die Bodenart hängt stark vom Ausgangsgestein ab, welches mit seinen Eigenschaften auch die bodenbildenden Prozesse beeinflusst. Voraussetzung für die Bodenbildung ist die **Verwitterung**. Diese kann physikalisch (mechanische Zerkleinerung) und chemisch (Lösung) ablaufen. Wenn Festgesteine wie Granit oder Basalt verwittern, werden sie mit der Zeit in immer kleinere Mineralkörnchen zerlegt. In diesem verwitterten Material kann dann ein Boden entstehen. Böden können aber auch direkt in Sedimenten

wie Sand oder Löss entstehen. In beiden Fällen beeinflussen die Eigenschaften des Gesteins die Bodenart. So entwickeln sich auf Kalkstein durch Lösungsverwitterung meist tonige Böden. Aber auch während des Prozesses der Bodenbildung entsteht Ton.

Auf Gesteinen wie Granit entstehen meist sandig-lehmige Böden und aus Sandstein entstehen Sandböden. Typische Schluffböden entstehen im feinen und gelblichen Sediment, dem Löss.

Wie beeinflusst die Bodenart die anderen Bodeneigenschaften und die Nutzung?

Bodenart und Wasserhaushalt

Zwischen den einzelnen festen Bodenteilchen finden sich Hohlräume, die **Poren**. Der Porenraum macht zwischen 40 und 60 Prozent des Bodenvolumens aus und ist sehr wichtig für den Wasserhaushalt eines Bodens.

In Sandböden sind die Poren größer als in schluffigen, lehmigen oder tonigen Böden. Deshalb kann Niederschlag in sandigen Böden zwar schnell versickern, aber nicht gut „festgehalten“ werden. Sandige Böden neigen deshalb zu Trockenheit. Ein anderes Extrem sind Tonböden. In ihren winzigen Poren können sie zwar große Mengen Wasser speichern, gleichzeitig wird das Wasser durch Unterdruck in den kleinen Poren so festgehalten (Saugspannung), dass Pflanzen an dieses Wasser nicht mehr herankommen. Schluffige und lehmige Böden haben im Vergleich dazu einen besseren Wasserhaushalt.

Bodenart, pH-Wert und Nährstoffe im Boden

Neben der Bodenart wird auch der pH-Wert in natürlichen Böden stark vom Ausgangsgestein beeinflusst. Das Gestein Basalt enthält beispielsweise viel mehr basisch wirkende, puffernde Elemente (wie Kalium, Calcium oder Magnesium) als Granit. Und reiner Sand(stein) besteht praktisch nur aus saurem Quarz (Siliciumdioxid). Quarzsand bleibt übrig, wenn alle anderen Minerale bereits verwittert sind. Sandböden sind deshalb häufig sauer und nährstoffarm.

Bodenart und Zersetzung

Die Bodenart bestimmt den Wasserhaushalt eines Bodens und beeinflusst auch den pH-Wert. Somit wirkt sie sich auch auf die biologische Aktivität und die Zersetzung im Boden aus. Bodenorganismen bevorzugen schwach saure bis neutrale pH-Werte und feuchtwarme Bedingungen (siehe Methodenhinweise zum pH-Wert im Kapitel „Sauer oder alkalisch“). Saure und zu Trockenheit neigende sandige Böden bieten Bodenorganismen tendenziell schlechtere Lebensbedingungen als andere Böden, weshalb dort geringere Zersetzungsraten zu erwarten sind. Auf schluffigen, tonigen und lehmigen Standorten sind je nach pH-Wert höhere bzw. hohe Zersetzungsraten möglich.



BODENFARBE BESTIMMEN

HINTERGRUNDINFORMATIONEN UND HINWEISE ZUR BODENFARBE

Was kann mit der Bodenfarbe erfasst werden?

Die Bodenfarbe fällt sofort ins Auge und kann bereits erste Hinweise auf einzelne Bodeneigenschaften geben. So können Bodenprozessen und -horizonten typische Bodenfarben zugeordnet werden, die zum Beispiel etwas über die klimatischen Bedingungen während der Bodenbildung verraten. In Mitteleuropa sind Böden meist in unterschiedlichen **Brauntönen** gefärbt. Das liegt an der Verwitterung von Eisen unter gemäßigten Klimabedingungen. In wärmeren und trockeneren Regionen sind beispielsweise rote Farbtöne häufiger.

Im Rahmen der Expedition Erdreich wird nur die Bodenfarbe des Oberbodens bestimmt, welche

vom Humusgehalt beeinflusst wird. **Humus** färbt stark und schon geringe Humusmengen im Boden reichen aus, um die braune oder graue Farbe des Mineralbodens zu überdecken. Oberböden haben im feuchten Zustand in der Regel eine dunkelgraue oder dunkelbraune bis schwarzbraune Farbe.

Die Bodenfarbe wird im Feld mit standardisierten **Farbtafeln** bestimmt. Im Faltblatt und im Aktionsheft ist eine vereinfachte Farbtafel abgebildet, die typische Bodenfarben Deutschlands enthält. Diese Farbtafel basiert auf der „Munsell Soil Colour Chart“, dem Standardwerk für die Bestimmung der Bodenfarbe im Feld.

Warum soll die Bodenfarbe bestimmt werden?

Im Oberboden lässt die Bodenfarbe Rückschlüsse auf den Humusgehalt zu. Stark vereinfacht kann man sagen, je dunkler grau, braun oder schwarz ein Boden ist, desto höher ist in der Regel sein Humusgehalt. Wenn man die Bodenart und die Bodenfarbe zusammen betrachtet, kann man grob den **Humusgehalt** im Boden abschätzen (siehe Tabelle auf der folgenden Seite).

Tonige Böden haben bei vergleichbarer Bodenfarbe aufgrund ihrer größeren inneren Oberfläche einen höheren Humusgehalt als sandige Böden. Die Humusgehalte der meisten Böden in Deutschland liegen zwischen 1 Prozent (schwach humos) und 8 Prozent (stark humos).



	Bodenart			
Bodenfarbe	(Sehr) sandige Böden	Schluffige Böden	Tonige Böden	Lehmige Böden
Braun	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %
Graubraun	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %
Dunkelgrau	< 1 %	< 1 bis 2 %	< 1 bis 2 %	< 1 bis 2 %
Dunkelbraun	1 bis 4 %	1 bis 8 %	1 bis 8 %	1 bis 8 %
Dunkelgelblichbraun	< 1 bis 2 %	< 1 bis 4 %	< 1 bis 4 %	< 1 bis 4 %
Dunkelgraubraun	< 1 %	< 1 bis 2 %	< 1 bis 2 %	< 1 bis 2 %
Schwarz	bis < 8 %	> 8 %	> 8 %	> 8 %

Schätzung der Humusgehalte (in Masseprozent) anhand von Bodenfarbe (feucht) und Bodenart; < 1 % = sehr schwach humos bis > 8 % sehr stark humos (vereinfachte Zusammenstellung nach Munsell Soil Colour Chart, bodenkundliche Kartieranleitung KA5)

Wie hängt die Bodenfarbe mit der Zersetzung von organischem Material im Boden zusammen?

Durch die Bodenbildung kommt es im Oberboden zu einer Anreicherung organischer Substanz, die durch Bodenlebewesen zersetzt und als Humus in den Mineralboden eingearbeitet

wird. Humus verbessert die **Nährstoffverfügbarkeit** im Boden, erhöht das Wasserspeichervermögen und wirkt sich somit positiv auf die biologische Aktivität aus.



BODENLEBEN ERKUNDEN

HINTERGRUNDINFORMATIONEN UND HINWEISE ZUR SPATENPROBE

Was wird mit der Spatenprobe untersucht?

Die Spatenprobe ermöglicht es, einen Blick unter die Erdoberfläche zu werfen, und ist gut geeignet, um den **Aufbau des Bodens** (Bodenstruktur oder Bodengefüge), aber auch die Pflanzenwurzeln und wie sie in den Boden wachsen, einmal genauer zu betrachten. Mit etwas Glück lassen sich auch ein paar „große“ Bodentiere wie Regenwürmer, Ameisen oder Springschwänze beobachten.

Je nach Bodenart und Nutzung verfügen Böden über charakteristische Eigenschaften. Dazu gehört auch die **Bodenstruktur** bzw. das **Bodengefüge**. Sandböden haben in der Regel kein sehr ausgeprägtes Gefüge: Die Sandkörner liegen lose nebeneinander, der Boden ist locker (Einzelkorngefüge). Gibt es eine stärkere Bindung zwischen den Bodenteilchen, zum Beispiel

durch Humus oder Ton, entsteht ein Aggregatgefüge, das aus größeren oder kleineren, mehr oder weniger festen „Bodenklumpen“ besteht. Diese Aggregate geben dem Boden Stabilität. Durch Bearbeitung in der Landwirtschaft oder im Garten kann die Bodenstruktur verbessert (Lockerung), aber auch verschlechtert werden (Verdichtung).

Die Spatenprobe wird sowohl in der Wissenschaft als auch in der Landwirtschaft zur Beurteilung der Bodenstruktur eingesetzt und dient dazu, negative Bodenveränderungen wie beispielsweise **Verdichtungen** zu erkennen und zu bewerten. Die genaue Gefügebewertung ist sehr anspruchsvoll und kann nicht ohne Vorkenntnisse und Erfahrung durchgeführt werden.

Was verrät die Spatenprobe über den Bodenzustand?

Bodenstruktur, Dichte und Durchwurzelung

Pflanzenwurzeln und die Art und Weise, wie sie in den Boden wachsen, verraten zunächst etwas über die Dichte des Bodens. Betrachtet werden hier die Feinwurzeln mit einem Durchmesser kleiner als zwei Millimeter. Wenn die Wurzeln sich gleichmäßig im Boden verteilen und vor allem nach unten wachsen, zeigen sie gute **Wuchsbedingungen** an. Der Boden ist locker und gut durchwurzelbar. Wachsen die Wurzeln hingegen eher waagrecht, knicken in einer bestimmten Tiefe seitlich ab oder verlaufen nur auf festen Aggregatoberflächen, kann dies auf einen dichten, schlecht durchwurzelbaren Boden hinweisen. Ob der Boden eher fest oder eher locker ist, kann man schon bei dem Ausstechen der Bodenprobe mit dem Spaten beobachten.

Spatenprobe und Bodenleben

Wenn man den bei der Spatenprobe gewonnenen Bodenquader vorsichtig auseinanderbricht, ist es möglich, einzelne größere Bodenlebewesen zu beobachten. Typische Vertreter, die man mit bloßem Auge erkennen kann, sind verschiedene Würmer, Käfer, Asseln oder Larven. Schaut man ganz genau hin oder benutzt eine Lupe, kann man kleinere Exemplare wie Milben oder Springschwänze erkennen.

Sollten keine Bodentiere sichtbar sein, bedeutet das aber nicht, dass es im Boden keine Lebewesen gibt. Die meisten Bodenorganismen sind so klein, dass man sie nur unter dem Mikroskop sehen kann. Diese Mikroorganismen sind es auch, deren **Aktivität** mit dem Tea-Bag-Index bestimmt wird.



WETTER, WITTERUNG UND KLIMA

HINTERGRUNDINFORMATIONEN UND HINWEISE ZUR BEDEUTUNG DER WITTERUNG FÜR DEN TEA-BAG-INDEX

Warum ist das für die Expedition Erdreich wichtig?

Unter **Klima** versteht man den Zustand der Atmosphäre, also Temperatur, Niederschlag und Sonneneinstrahlung, im Durchschnitt von Jahrzehnten oder Jahrtausenden. Das Klima spiegelt sich in den Klimazonen (tropische, subtropische, gemäßigte, polare Klimazone) wider.

Von **Witterung** spricht man, wenn der Zustand der Atmosphäre in einem Gebiet über mehrere Tage oder Wochen hinweg unverändert bleibt (es bleibt zum Beispiel mehrere Wochen lang sonnig und regnet nicht oder es regnet über einen längeren Zeitraum immer wieder).

Als **Wetter** wird immer nur der aktuelle Zustand (Augenblickszustand) der Atmosphäre bezeichnet, der sich sehr schnell ändern kann. Umgangssprachlich werden Wetter und Witterung oft synonym verwendet.

Um die Ergebnisse des **Tea-Bag-Index (TBI)** besser einordnen und auswerten zu können, ist es wichtig, die Witterung des Versuchszeitraumes, also der drei Monate, in denen die Teebeutel im Boden vergraben waren, zu berücksichtigen.

Das funktioniert mithilfe der Niederschlags- und Temperaturdaten des Deutschen Wetterdienstes für die jeweils **nächstgelegene Wetterstation**. Neben den Tagesmitteltemperaturen in Grad Celsius ist vor allem die Niederschlagsmenge wichtig für die Auswertung des TBI, da die Zersetzung im Boden stark von der Temperatur und Bodenfeuchte abhängt.

Die Witterungsdaten werden nach der Dateneingabe im Auswertebereich auf der Website expedition-erdreich.de angezeigt.

Wie beeinflusst die Witterung die Zersetzungsrates?

Es ist davon auszugehen, dass im Frühjahr und Sommer, also in dem Zeitraum, in dem die Versuche für die Expedition Erdreich durchgeführt werden sollen, warme Temperaturen herrschen und somit auch die **Bodentemperatur** für die Bodenorganismen angenehm sein wird. Wie in den Hinweisen zum TBI ausführlicher erklärt wird, sind Bodenorganismen unter warmen Bedingungen am aktivsten. Sollte es deutlich kälter sein als für die Jahreszeit üblich, kann sich dies negativ auf die Zersetzung auswirken.

Noch wichtiger als die Temperatur wird der Niederschlag im Versuchszeitraum sein, denn Bodenorganismen brauchen vor allem ausreichend Wasser. Trockenheit kann dazu führen, dass die Böden zeitweise austrocknen, wodurch die Zersetzung zum Erliegen kommt.

Sollte es im Versuchszeitraum hingegen sehr viel regnen, könnte es dazu kommen, dass sich die Bodenporen mit Wasser füllen und es zu Sauerstoffmangel im Boden kommt. Auch das würde die biologische Aktivität verlangsamen und die Zersetzung negativ beeinflussen.

Falls nur geringe oder keine Gewichtsunterschiede der Teebeutel gemessen werden können, also wenig oder kein Tee zersetzt wurde, sagt das also nicht ausschließlich etwas über die biologische Aktivität im Boden und den Bodenzustand aus. **Die Witterungsverhältnisse müssen bei der Auswertung der TBI-Ergebnisse unbedingt berücksichtigt werden.**