

Der Boden als Waldstandort

	Didaktische Hinweise	178
1	Waldvorkommen – Bodenqualität und Landnutzung <i>Schüleraktivität C1: Wo steht der Wald?</i>	179 181
2	Die organische Auflage von Waldböden – Aufbau in Laub- und Nadelwäldern <i>Schüleraktivität C2: Der Boden unter den Bäumen</i>	182 183
3	Laubstreuersetzung – Humus- und Bodenbildung <i>Arbeitshilfe "Streuersetzung"</i> <i>Schüleraktivität C3: Blätter vergehen</i>	184 185 186
4	Stoffkreisläufe – Natur und Recycling <i>Schüleraktivität C4: Das perfekte Recycling!</i>	188 189
5	Bodenversauerung – Nadel- und Laubwälder <i>Schüleraktivität C5: Wer wird denn da gleich sauer oder aufbrausend?</i>	191 192
6	Nährstoffauswaschung in Waldböden <i>Schüleraktivität C6: Nährelemente auf Wanderschaft</i>	194 195
7	Nahrungsnetze im Waldboden <i>Schüleraktivität C7: Wer ernährt wen?</i>	197 198



Der Boden als Waldstandort

Didaktische Hinweise

C D | *Alle Grafiken der Arbeitsblätter.*

C24 | *Aufgrabung zum Zwecke der bodenkundlichen Standortaufnahme im Wald. – In Zusammenarbeit mit Revierförstern oder den Umweltbehörden eine besondere Möglichkeit, den Boden unter dem Wald kennenzulernen.*

Die Böden unserer Wälder unterscheiden sich oftmals von den anderen Böden in Deutschland. Für die Nutzung durch den Menschen sind sie meist ungünstig und dadurch auf den ersten Blick weniger interessant. Dennoch, oder gerade deswegen, soll diesen Böden ein gesondertes Modul zukommen.

Die wichtigsten Ziele und Inhalte in diesem Modul sind:

- den Einfluss des Menschen auf die Verbreitung der Wälder sowie die Verbreitung des Waldes in Abhängigkeit von geologischen Einheiten und Böden zu vermitteln;
- die Besonderheit von Waldböden und dabei vor allem die Stufen der Zersetzung als entscheidende Schritte im Element- und Nährstoffkreislauf des Waldes herauszustellen;
- den Schülern die Bedeutung und die Funktionen der Stoffkreisläufe im Wald (Nährstoff- und Wasserkreislauf) bewusst zu machen;
- den Schülern einen Einblick in das Thema Waldschäden zu vermitteln;
- ihnen die Vernetzung der Organismen im Wald aufzuzeigen.

C23 | *Böden im Wald zu untersuchen, eröffnet Schülern durch das Erlebnis Wald einen besonderen Zugang zu dem Thema.*



Diese Ziele sollen durch die verschiedenen Schüleraktivitäten mit Hilfe unterschiedlicher Methoden und Medien näher gebracht werden:

- Kartenarbeit (C1),
- Bodenprofil anlegen und beschreiben bzw. interpretieren (C2),
- Experimente (C2, C5, C6),
- Bestimmung der Zersetzung von Laubstreu (C3),
- Bodenproben untersuchen (C5),
- Internetrecherche (C6),
- Ausfüllen und Diskutieren von Arbeitsblättern (C4, C7).



Es bietet sich an, einige der Aktivitäten im Wald durchzuführen. Andere können im Klassenzimmer erarbeitet werden.

Im Wald:

C2, C3 (alternativ auch im Klassenzimmer), C5.

Im Klassenzimmer:

C1, C3 (alternativ auch im Wald), C4, C6, C7.

Es ist zu beachten, dass die Aktivitäten C5 und C6 erst in höheren Jahrgangsstufen durchgeführt werden sollten. Für beide sind Grundkenntnisse der Chemie von Vorteil. C7 eignet sich besonders fächerübergreifend mit dem Unterrichtsfach Biologie.

C1 Waldvorkommen – Bodenqualität und Landnutzung

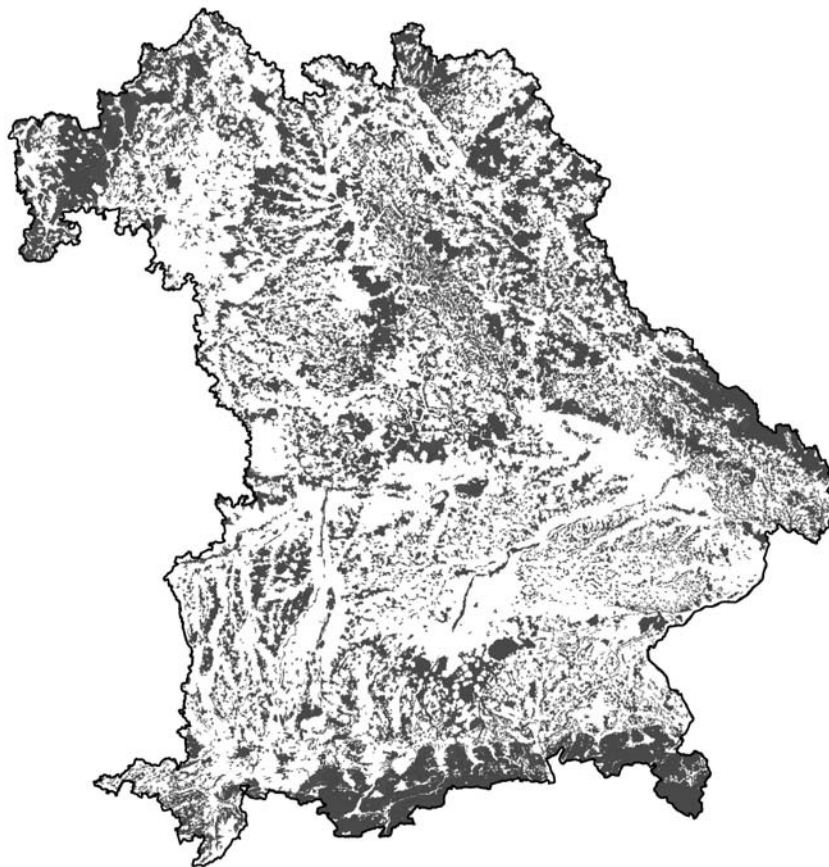
Hintergrund

Die heutige Verbreitung unserer Wälder ist das Ergebnis eines lang andauernden Entwicklungsprozesses, der mit der Wiederbewaldung Mitteleuropas nach der letzten Eiszeit begann. Unter unseren derzeitigen Klimabedingungen wäre Mitteleuropa größtenteils mit Wald bedeckt. Dieser natürliche Zustand wurde durch den Einfluss des Menschen jedoch immer weiter verändert. Die heutigen Wälder befinden sich so überwiegend auf Böden, die aufgrund ungünstiger Standortverhältnisse für eine andere Nutzung durch den Menschen (Siedlung, Landwirtschaft) wenig interessant sind.

Hinweise

Die Arbeitsgrundlagen für diese Schüleraktivität (Geologische Karte von Bayern, Karte der Böden Bayerns, Karte der Waldvorkommen) befinden sich auf der beiliegenden CD und können ohne vorherige Bearbeitung ausgedruckt werden. Alle Karten sind im gleichen Maßstab. Es liegt im Ermessen der Lehrkraft, ob den Schülern die vereinfachte Geologische Karte von Bayern bereits vorgegeben wird oder durch Ausmalen einer entsprechenden Umrissvorlage (ebenfalls auf der CD) in einem ersten Schritt selbst erstellt werden muss. Alternativ zum Erstellen einer Folie mit der Verbreitung des Waldes in Bayern kann die entsprechende Waldflächenkarte von der CD auf Folie gedruckt werden.

Ergänzend oder alternativ zum hier vorgeschlagenen Vergleich der Waldflächen mit der Geologischen Karte kann deren Verbreitung auch mit der Bodenübersichtskarte von Bayern verglichen werden. Aufgrund der Komplexität dieser Karte ist diese Aufgabe jedoch anspruchsvoller. Die Folie mit den Waldvorkommen wird in diesem Falle auf die Karte der Böden Bayerns gelegt. Die Schüler können alternativ auch darüber diskutieren, welche Bodentypen der Bodenkarte zusammengefasst werden könnten. Diese Einheiten werden anschließend auf eine Folie als vereinfachte (generalisierte) Bodenkarte übertragen und anschließend mit der Verbreitung der Waldflächen verglichen.



Bezüglich der Geologischen Karte von Bayern ist mit den Schülern zu klären, welche Gesteine sich hinter welchen geologischen Einheiten „verbergen“. Dies ist zum Beispiel durch eine Zuhilfenahme der Legende der Karte der Böden Bayerns möglich.

Optional zum Waldvorkommen in Bayern kann die Waldverteilung auch im regionalen Raum behandelt werden. Als Vorlage dient in diesem Falle eine einfache „Landkarte“ oder topographische Karte der ausgewählten Gegend (Maßstab 1:25.000) mit der Verteilung von Siedlungsflächen, Feldern und Waldgebieten. Die Geologie der Region und die damit verbundenen Eigenschaften des Untergrundes im Hinblick auf die Waldverbreitung können entweder durch die Verwendung amtlicher geologischer Karten (ebenfalls im Maßstab 1:25.000, allerdings nicht flächendeckend vorhanden) oder anhand ausgesuchter Aufschlüsse im Rahmen einer Geländeexkursion erklärt werden. Die Lage sehenswerter Aufschlüsse und weitere Hin-

C25 | Die Verbreitung von Waldgebieten in Bayern. [CD](#)

CD | Karten und Folien

tergrundinformationen können z. B. beim Landesamt für Umwelt oder der regionalen Universität erfragt werden.

Interpretationshilfe: Heutige Waldverbreitung und geologischer Untergrund

Große Waldgebiete finden sich in Bayern meistens nur noch dort, wo außer der Forstwirtschaft keine andere Nutzungsform – besonders die Landwirtschaft – rentabel ist. Es sind hier vor allem der geologische Untergrund, das Relief, die Höhenlage und die klimatischen Verhältnisse, die Einfluss darauf haben. So spiegelt sich in der heutigen Verbreitung des Waldes und seiner Zusammensetzung der geologische Bau Bayerns und seine Topographie zum Teil sehr deutlich wider.

Die größten zusammenhängenden Waldflächen mit Nadelwaldbestand finden sich als NW-SE verlaufender Streifen entlang der östlichen Grenze Bayerns im Bereich der Mittelgebirgsregion zwischen Frankenwald über das Fichtelgebirge bis hin zum Bayerischen Wald. Hier sind es zum einen die überwiegend sauren und nährstoffarmen Böden auf den kristallinen Gesteinen des Grundgebirges (u. a. Schiefer, Gneise und Granite), das oft steile Relief und ein kontinental geprägtes Klima, das der landwirtschaftlichen Nutzung dieser Gebiete enge Grenzen setzt.





Im Gegensatz dazu steht das Molassebecken, das eine geringe Waldbedeckung aufweist. Hier sind es meist Parabraunerden und Braunerden auf Lössablagerungen oder mit Löss vermischte Sedimente des Tertiärs, die landwirtschaftlich – insbesondere durch die flache Reliefsituation – gut genutzt werden können. Im Alpenvorland haben sich die oft kalkhaltigen Parabraunerden und Braunerden auf den Sedimenten des Eiszeitalters entwickelt und bieten für die Landwirtschaft ebenfalls meist gute Bedingungen. Besonders im Bereich der Molasse heben

sich die (bis auf die flussbegleitenden schmalen Streifen von Mischwäldern) waldfreien Talzüge von Donau, Lech, Iller, Isar und Inn vom Rest der Molasse ab. Hier werden die oft lösslehmhaltigen pleistozänen Flussablagerungen (mit darauf entwickelten Braunerden und Parabraunerden) landwirtschaftlich genutzt. Im Süden zeigt sich der Anteil Bayerns an den Nördlichen Kalkalpen flächig mit Nadel- und Mischwald besetzt. Es sind hier vor allem das Relief und die Höhenlage, die die landwirtschaftliche Nutzung einschränken.


Besonders deutliche Differenzierungen im großflächigen Waldbestand zeigen sich im Bereich des Süddeutschen Schichtstufenlandes. Hier finden sich große Waldgebiete entlang des Anstieges zur Malmtafel (Steilstufe und sandige Böden, Dogger), im Bogen der Frankenalb zur Schwäbischen Alb (große Keuperflächen mit Sandsteinen und einer Auflage von Flugsanden, häufig podsolige Braunerden) und auf der Frankenalb (dort entweder geringmächtige Rendzinen auf Kalksteinen oder podsolige Braunerden auf Sanden der Kreide). Das sich ins nordwestliche Bayern verfolgbare Streifenmuster von weitflächig verbreiteten und nahezu fehlenden Waldflächen zeichnet in besonderem Maße den geologischen Aufbau der Schichtstufenlandschaft nach. Hier wechseln bewaldete Sandsteinflächen mit meist steilem Gelände (Schichtstufen) und flache Reliefelemente (Tonsteine und Mergel des Unteren Keupers, Pelosol-Braunerde, Braunerde). Die besonders waldfreien Flächen zwischen Sandstein-Keuperstufe im Osten und Spessart sind die landwirtschaftlich intensiv genutzten, da besonders fruchtbaren Flächen der Gäulandschaft mit ihren Lössdecken auf den Kalkgesteinen des Muschelkalks. Die nach Nordwesten zunehmenden Waldgebiete liegen auf den Sandsteinen des Buntsandsteins und besonders ausgeprägt auf den Kristallingesteinen (Gneise, Glimmerschiefer) des Spessarts.


Wo steht der Wald?

Materialien

-  Geologische Karte (als Umrisskarte zum Ausmalen oder Farbkopie)
-  Karte der Böden Bayerns
-  Karte über Waldvorkommen
-  Folien, Klebestreifen, Folienstifte

Durchführung

 Lege deine Folie auf die Karte der Verbreitung von Wald in Bayern und fixiere sie vorsichtig mit Klebestreifen.

 Markiere die großen Waldflächen, indem du sie umrandest und evtl. die Flächen schraffierst. Unterscheide je nach verwendeter Waldflächenkarte zwischen Laub-, Nadel- und Mischwald durch unterschiedliche Farben.

 Lege deine Waldflächenfolie auf die Geologische Karte von Bayern.



Gibt es geologische Einheiten, auf denen sehr viel oder sehr wenig Wald steht? Kennst du die wesentlichen Gesteine, die sich hinter den geologischen Einheiten verbergen? Benutze evtl. die Karte der Böden Bayerns, um zu klären, welche Gesteine in welcher geologischen Einheit typisch sind.



Suche in einem Atlas nach den Namen der Regionen. Notiere in einer Tabelle den Namen der Region, den geologischen Untergrund und ob es besonders viel oder besonders wenig Wald gibt (z. B. durch \ominus , $\ominus\ominus$, \oplus , $\oplus\oplus$).



Versuche anhand entsprechender Kartendarstellungen im Atlas auch zu klären, ob es evtl. topographische Gründe für das Vorkommen großer Waldflächen gibt (z. B. steiles Relief). Notiere dies in deiner Tabelle.



Bringe deine Waldflächenkarte mit der Karte der Böden Bayerns zur Deckung.



Gibt es Bodentypen, auf denen sehr viel oder sehr wenig Wald steht?



Europa wäre ohne den Eingriff des Menschen natürlicherweise fast vollständig mit Wald bedeckt. Wie ist die heutige Verteilung des Waldes zu erklären?

C2 Die organische Auflage von Waldböden – Aufbau in Laub- und Nadelwäldern

Hintergrund

Waldböden unterscheiden sich von anderen Böden vor allem durch die besonders mächtige Auflage von organischem Material über dem Mineralboden als Folge des erhöhten Streufalls unter Waldbedeckung. Dabei hängt die Ausbildung der organischen Auflage entscheidend von der Art der Waldbäume und den chemischen Bodeneigenschaften ab, wobei beide Faktoren eng miteinander verbunden sind. Während sich unter Nadelwäldern auf saurem Ausgangsgestein überwiegend die mächtigeren Humusformen Moder und Rohhumus entwickeln, bildet sich unter Laubwald auf basischen Kalkböden eher der geringer mächtigere Mull aus (► Modul C Waldböden).

Hinweise

Um die Unterschiede in den Streuauflagen zu zeigen, müssen zwei kleinere Profile angelegt werden. Dabei ist unbedingt vorher das zuständige Forstamt zu kontaktieren. Oftmals sind im Forst bereits Profilgruben vorhanden, bei denen die Profilwände lediglich etwas gesäubert werden müssen. Wenn keine Aufschlüsse existieren, ist über den Förster mit seinen lokalen Kenntnissen am besten zu erfragen, wo zwei kleine Aufschlüsse angelegt werden können.

Als Profilstandorte eignen sich besonders reine Laub- bzw. Nadelwaldbestände, da dort die Unterschiede im Aufbau der organischen Auflage am deutlichsten gezeigt werden können. Damit die Horizontunterschiede in der organischen Auflage gut hervortreten, ist





beim Anlegen eines Humusprofils darauf zu achten, dass genügend Licht auf die Profilwand fällt, die senkrecht und sauber (mit einem großen Spaten) abgestochen werden muss. Es ist ausreichend, das Profil bis in die ersten Dezimeter des Mineralbodens zu graben (besteht nur noch aus mineralischen Bestandteilen). Nach Beendigung der Aktivität müssen alle Profilgruben wieder mit dem Aushubmaterial verfüllt werden! Es bietet sich an, das Profil im oberen Teil sauber als Block auszustechen, um diesen nach Abschluss wieder gut einsetzen zu können.

Die für die Beschreibung eines Humusprofils wichtigen Kriterien sollten zunächst von den Schülern selbst überlegt und danach vom Lehrer vervollständigt werden (► Modul C Waldböden, ↗ C6). Wichtige Parameter sind (in dieser Reihenfolge): Zahl an unterscheidbaren Horizonten; Eigenschaften der Einzelhorizonte: Mächtigkeit (in cm), Farbe, Geruch, Bestandteile (und Zersetzungsgrad des Materials); Identifizierung der Horizonte.




Der in der Erweiterung vorgeschlagene Schüttelversuch soll zeigen, dass die dunkle Wasserfärbung auf Huminsäuren beruht. Viele Waldbäche sind dagegen klar, weil die meisten mitgeführten Stoffe, insbesondere die Nährstoffionen der noch weiter abgebauten Huminsäuren, entweder an den Tonmineralen im Mineralboden festgehalten oder sofort wieder von den Feinwurzeln und ihren symbiontischen Mykorrhiza-Pilzen resorbiert werden. Nach starken Regenfällen kann die „Cola“-Färbung der Waldbäche jedoch oft gut beobachtet werden.


Der Boden unter den Bäumen

Materialien

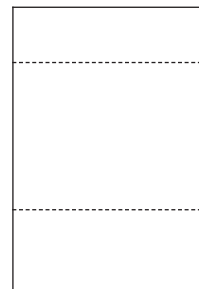
-  Spaten, großes Messer, Gartenschere (für Wurzeln)
-  Metermaß
-  Weithalsglas (Weißglas, durchsichtig) mit Schraubverschluss
-  Wasserkanister mit 2 – 3 Liter Inhalt

Durchführung

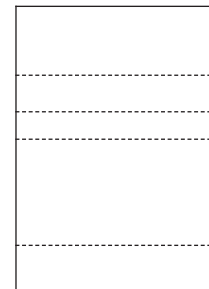
-  Lege (unter Anleitung deiner Lehrkraft oder eines Försters) je ein Humusprofil in einem Laub- und einem Nadelwald an.
-  Säubere die aufzunehmende Profilwand, indem du mit einem Messer oder einer Spachtel das Humusprofil freikratzt. Arbeite dabei von oben nach unten.
-  Diskutiere anhand der Merkmale deines Humusprofils mit deinen Mitschülern Eigenschaften, die für die Beschreibung eines Humusprofils wichtig sind. Setz dabei alle eure Sinne ein (verzichtet allerdings auf das Schmecken!).

-  Erstelle eine Skizze deiner beiden Profile und trage darin alle erkennbaren Horizonte ein. Vermerke in deiner Aufnahme auch die Gegebenheiten des Standortes, z. B. Baumart(en), Himmelsrichtung, Beschattung.



So könnten deine Skizzen mit den einzelnen Horizonten aussehen.




Laubwald



Nadelwald

-  **Beschreibe den Aufbau der Humusprofile. Wie sind die organischen Auflagen unter Laub- und Nadelwald aufgebaut und wie unterscheiden sie sich? Wo findet sich die mächtigere Auflage?**
-  **Welche Bedeutung hat die organische Auflage für den Waldboden und das Waldökosystem?**

Erweiterung

-  Gib eine Handvoll Humus (ohne Streu) in ein Glas. Fülle es mit klarem Wasser auf, verschließe es und schüttele kräftig. Beobachte und erkläre.

C3 Laubstreuzersetzung – Humus- und Bodenbildung

Hintergrund

Die Zersetzung der abgestorbenen und auf den Boden gefallen Pflanzenteile ist ein entscheidender Schritt im Element- und Nährstoffkreislauf des Waldes. Besonders an der Laubstreu lassen sich die einzelnen Stufen der Zersetzung anschaulich beobachten und die Beteiligung unterschiedlicher Destruenten (Zersetzer). (► Schüleraktivität C7).

Hinweise

Diese Aktivität kann sowohl in der Schule als auch beispielsweise im Rahmen einer Exkursion im Wald durchgeführt werden. Die benötigten Streuproben können bereits während der Aktivität C2 gesammelt werden. Ein ein-

facher Bestimmungsschlüssel über den Grad der Zersetzung der Laubstreu und eine Aufzählung über die beteiligten Tiere kann den Schülern zu Beginn der Aktivität ausgeteilt werden (↗ Arbeitshilfe „Streuzersetzung“, S. 185). Es ist aber auch möglich, die einzelnen Stadien der Blattzerersetzung von den Schülern selbst durch Vergleich von verschiedenen Blättern erarbeiten zu lassen.

Für höhere Jahrgangsstufen sind weiterführende Tätigkeiten wie die Einordnung und Bestimmung von an der Streuzersetzung beteiligten Bodenlebewesen denkbar bzw. eine Kombination mit der Schüleraktivität C7 (Destruenten) sinnvoll.

Als Sammelort für die Streu besonders geeignet sind Buchen- und Eichenwälder, da diese weit verbreitet und die beiden Laubarten aufgrund einer Zersetzungszeit von einigen Jahren ganzjährig verfügbar sind. Die Aktivität kann dahingehend erweitert werden, dass nur Laubstreu einer Baumart gesammelt werden soll. Ergänzend zu Laubblättern können auch Nadeln gesammelt werden; allerdings sind bei Nadeln die Zersetzungsstadien weniger eindrucksvoll.

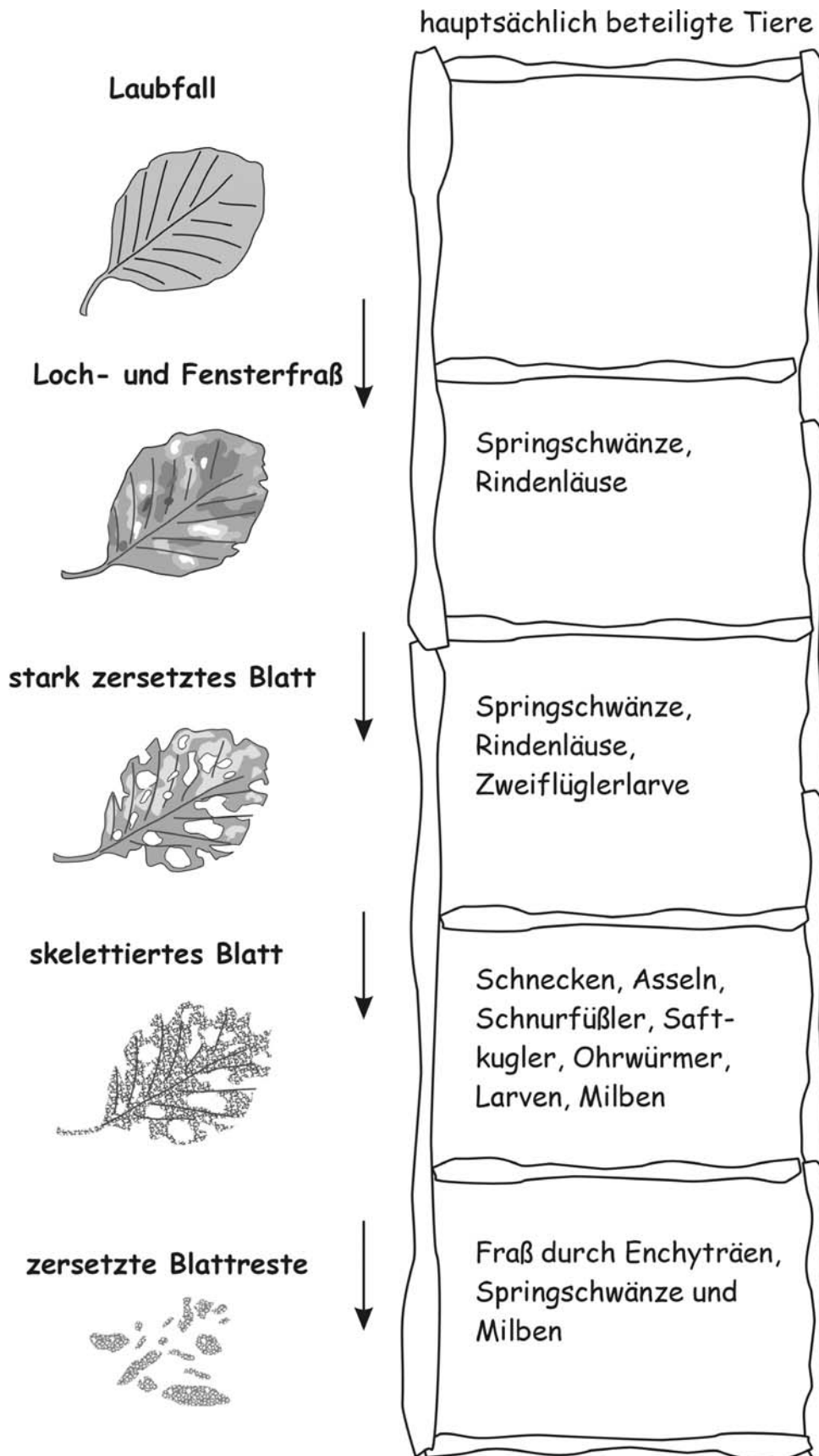
Der Tapetenkleister für das Aufkleben der Blätter sollte erst vor Ort in kleinen Mengen angerührt werden (nur bei Bedarf nachlegen). Es empfiehlt sich, als Behältnis einen Eimer mit fest schließendem Deckel zu verwenden, um einen problemlosen Rücktransport des restlichen Kleisters zu gewährleisten. Ein großer Müllbeutel eignet sich für den Rücktransport der klebrigen Gerätschaften, die in der Schule wieder gesäubert werden können.

CD | Arbeitshilfe
„Streuzersetzung“.











C26 | Bis zu 10 Jahre dauert der Abbau von Buchenblättern, die sich daher in unterschiedlichen Zersetzungsgraden gut finden lassen. CD

Streukette mit den verschiedenen Zersetungsstufen







Blätter vergehen

Materialien

-  eine Plastiktüte Streu aus allen Tiefen der Streuauflage in einem Laubwald
-  Karton oder Zeichenblock (A3 Format)
-  Tapetenkleister
-  Eimer mit dicht schließendem Deckel
-  Pinsel und Stock zum Rühren
-  Kanister mit Wasser (2–3 l)
-  dicker Filzstift, Müllbeutel
-  Bestimmungshilfe „Streuzersetzung“

Durchführung

-  Sammle unterschiedliche Streu aus allen Bereichen der Streuauflage aus einem Laubwald. Achte darauf, dass sich keine kleinen Tiere (z. B. Ohrwürmer, kleine Schnecken, Asseln) an den Laubblättern befinden.
-  Zeichne auf einem großen Karton oder Zeichenblock eine Streukette bestehend aus fünf Fächern (Fachgröße ausreichend für 3 - 5 Blätter).
-  Beschrifte die Fächer mit den Begriffen aus der Bestimmungshilfe nach zunehmendem Zersetzungsgrad.
-  Suche aus der Laubstreu Blätter mit verschiedenen Zersetzungsgraden aus und klebe diese in die passenden Fenster der Streukette.

Werte aus!



Beschreibe die verschiedenen Zersetzungsgrade der Laubstreu. Lassen sich für einzelne Stadien charakteristische Merkmale erkennen? Worauf könnten diese zurückgehen?



Zu welcher Jahreszeit bzw. unter welchen klimatischen Verhältnissen verläuft die Zersetzung der Streu schneller oder langsamer ab?



Was passiert mit den aus der Zersetzung entstandenen Stoffen? Denke dabei an die Möglichkeit der Auswaschung und an die Nährstoffkreisläufe! Vergleiche das Waldökosystem mit dem Wertstoff-Recycling unseres Hausmülls.



So könnte deine Streukette aussehen.

C4 Stoffkreisläufe – Natur und Recycling

Hintergrund

CD | Arbeitsblattvorlage.

Natur bedeutet immer auch perfektes Recycling, also den Kreislauf der Stoffe. Dies ist Grundprinzip eines jeden Ökosystems.

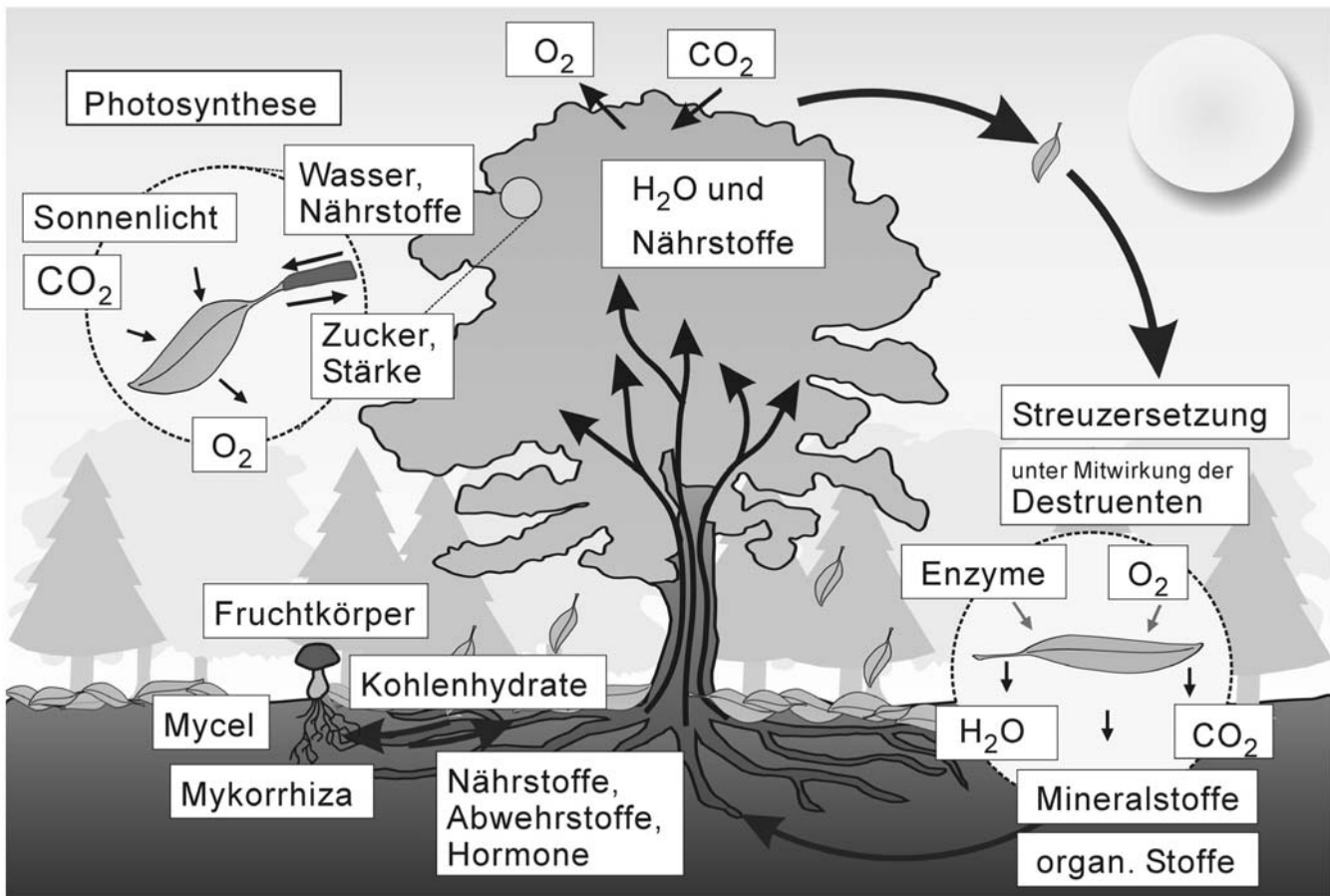
Erst der Mensch hat damit begonnen, bestehende Kreisläufe durch den Entzug eines oder mehrerer Stoffe zu beeinflussen und bisweilen sogar zu unterbrechen. Seit einiger Zeit wird dem in der Natur allgegenwärtigen Grundprinzip des Recyclings vom Menschen wieder vermehrt Beachtung geschenkt und in vielen Bereichen auch angewendet (z. B. Wertstoffrecycling). Die Idee solcher ge-

schlossenen Stoff- und Produktionskreisläufe bedeutet also nichts anderes, als das Kreislaufprinzip der Natur zu übernehmen.

Hinweise


Kernpunkt dieser Aktivität ist es, den Schülern zu verdeutlichen, dass alle in der Natur ablaufenden Prozesse auf einfachen oder komplexen Kreisläufen beruhen und diese oftmals miteinander verzahnt sind. Je nach Jahrgangsstufe kann der Schwierigkeitsgrad vom einfachen Ergänzen einiger Begriffe bis hin zur selbstständigen Erstellung eines Stoffkreislaufs variiert werden.

Musterlösung: 



Das perfekte Recycling

Durchführung

-  Ergänze den Nährstoff- und Wasserkreislauf zwischen Baum und Waldboden. Vervollständige auch die Richtung des Nährstoff- und Wasserkreislaufs durch Eintragen von Pfeilsymbolen. Verwende die folgenden Begriffe:

„CO₂“, „H₂O“, „Nährstoffe und Wasser“, „Photosynthese“,
 „Nährstoffe und Wasser“, „Zucker und Stärke“,
 „Sonnenenergie“, „CO₂“, „O₂“, „Streuzersetzung“,
 „Destruenten“, „Enzyme“, „O₂“, „CO₂“, „Mineralstoffe“,
 „organische Stoffe“, „H₂O“, „Nährstoffe und Wasser“,
 „Mykorrhiza“, „Fruchtkörper“, „Mycel“, „Kohlenhydrate“,
 „Nährstoffe“, „Abwehrstoffe und Hormone“.

-  Beschreibe mit eigenen Worten den Stoffkreislauf im Wald.



Konzentriere dich dabei auf die Perspektive der Nährstoffe, überlege aber, welche Rolle das Wasser spielt. Am besten stellst du dir vor, du wärst ein Nährstoffteilchen.



Wohin geht deine Reise?

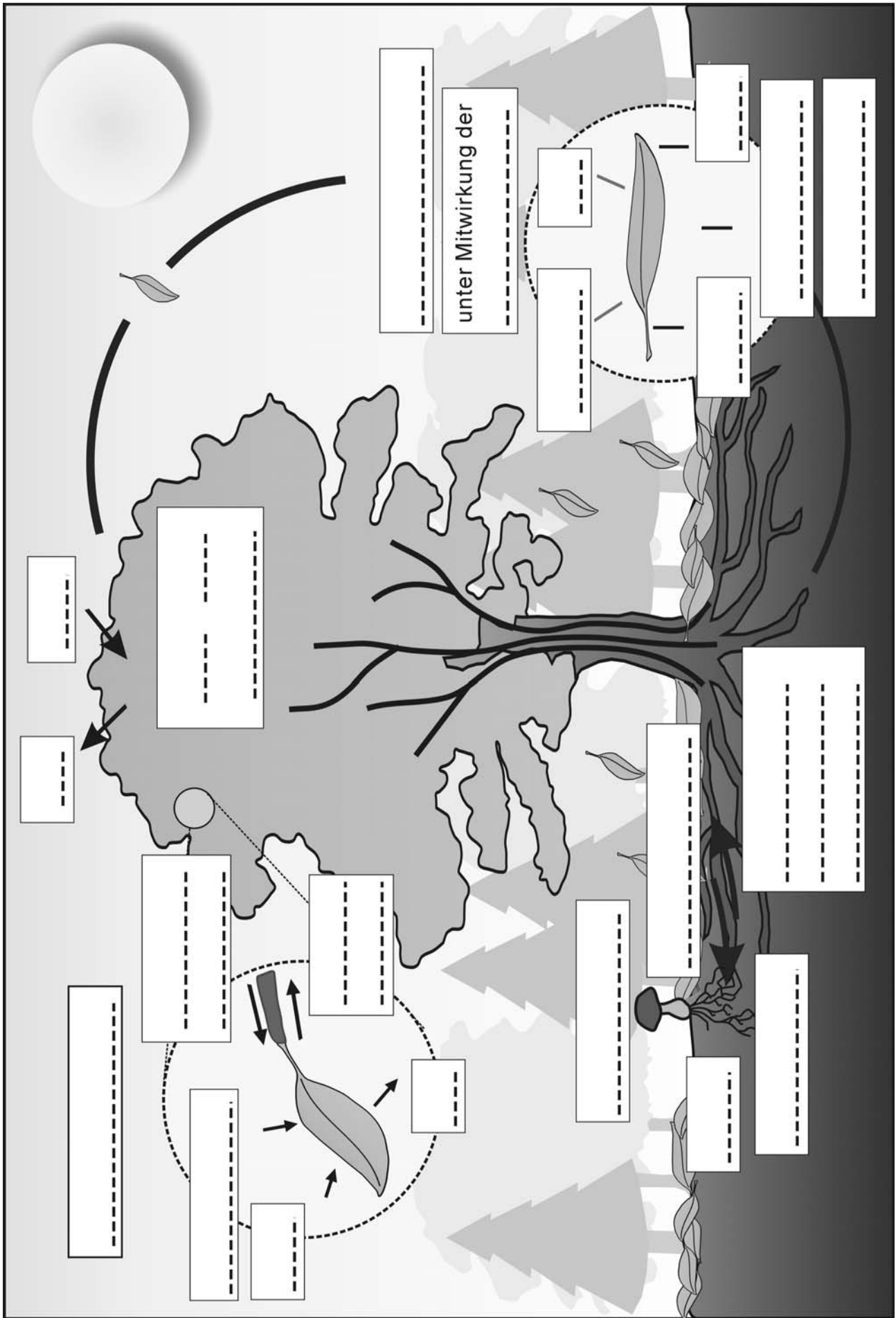


Gibt es Verbindungen bzw. Abzweigungen zu anderen Kreisläufen?



Berücksichtige dabei folgende Stadien und ihre Funktionen:

- **Boden**
- **Wasser und Nährstoffe**
- **Wurzeln, Blätter**
- **Photosynthese**
- **Blattabwurf**
- **Streuzersetzung**
- **Streubewohner (Destruenten)**
- **Nährstoffe.**



C5 Bodenversauerung – Nadel- und Laubwälder

Hintergrund

Bodenversauerung (► Modul C Waldboden) mindert die Bodenqualität und kann über die damit einhergehende Nährstoffverarmung zu Waldschäden führen. Die in den meisten Böden zu beobachtenden schwach bis stärker sauren pH-Werte können auf ein primär saures Ausgangsgestein, die natürlichen Versauerungsprozesse im Zuge der Bodenentwicklung und den Einfluss der Vegetation zurückgehen. An vielen Standorten haben sich die Pflanzen an solche natürlich sauren Bodenbedingungen angepasst.

Hinweise

Bei der Auswahl der Untersuchungsstandorte sollten je zwei Proben aus einem dichten Fichtenjungforst mit massiver Nadelstreu (wenn möglich auf saurem Podsol) und je zwei unter reinem Laubholzbestand (wenn möglich auf basischer Kalk-Rendzina) genommen werden. Gegebenenfalls kann bei einer Exkursion auch auf Säure- und Kalkzeigerpflanzen hingewiesen werden (► Modul B Bodenleben, ↗ Exkurs „Zeigerpflanzen“). Für die Standortwahl mit den unterschiedlichen Böden und die nötige Grab- und Bohrerlaubnis muss Kontakt zu

einem Revierförster aufgenommen werden. Dieser kann zu den Standortbedingungen und zu den Zeigerpflanzen im Wald weiterführende Erläuterungen geben.

Die Bodenproben können gewonnen werden, indem mit einer Schaufel ein kleines Loch gegraben und das Material aus den verschiedenen Horizonten entnommen wird oder – wenn vorhanden – mit einem Pürckhauer-Bohrstock. Bei letzterer Methode (ausführliche Beschreibung von Gerät und Vorgehensweise ► Modul A Grundlagen, ► Schüleraktivität AB4) ist jedoch etwas Übung in der Ansprache von Bodenhorizonten Voraussetzung.

Der vorgesehene Test mit Salzsäure beruht auf der Reaktion von Kalk im Boden mit der Säure. Dabei ist zu beachten, dass feste Kalkbestandteile, besonders in Rendzina-Böden, bei Kontakt mit der Säure heftig aufschäumen und Spritzer verursachen können. Daher sollte bei diesem Reaktionstest immer eine große Wasserflasche (oder Kanister) bereit stehen, um verschüttete Salzsäuretropfen oder auch Spritzer zu verdünnen und abzuspolen. **Generell ist Vorsicht (!) beim Umgang mit der Säure geboten.**











Für den Säuretest gelten folgende Richtwerte:

Reaktion des Bodens auf Säure	Kalkgehalt in %	Beurteilung des Kalkgehalts
keine Reaktion	0	kalkfrei
keine sichtbare Reaktion, evtl. sehr leise Geräusche	< 0,5	sehr kalkarm
schwache Reaktion, kaum sichtbares Aufbrausen	0,5 – 2	kalkarm
deutliches Brausen, nicht anhaltend	> 2 – 10	kalkhaltig
starkes, anhaltendes Brausen	> 10	kalkreich bis extrem kalkreich

Wer wird denn da gleich sauer oder aufbrausend?




Materialien

-  Bodenproben aus einem Nadel- und einem Laubwald
-  pH-Indikatorstäbchen
-  destilliertes Wasser
-  kleine Plastikschraubflaschen oder Filmdöschen
-  kleine Gartenschaufel (oder Pürckhauer Bohrstock mit Hammer und Ziehgerät)
-  Spachtel oder Messer
-  10 %-ige Salzsäurelösung in Spritzflache mit sicherem Verschluss
-  Kanister mit Wasser (1–2 l)

Gehe beim Umgang mit der Salzsäure vorsichtig vor und befolge die Sicherheitsvorschriften sehr genau.



Durchführung


-  Nimm an je zwei verschiedenen Standorten unter dichtem Nadel- und unter Laubbaumbestand Bodenproben (jeweils 2 Sätze) aus der organischen Auflage und dem Mineralboden.
-  Protokolliere den Standort (Baumart) in der Tabelle.
-  Rühre je einen Satz der Proben in destilliertes Wasser und schüttele beide gut auf. Miss den pH-Wert der Probe mit den Indikatorstäbchen, indem du dieses kurz (1 – 2 Sekunden) in die Bodenlösung hältst, anschließend das überschüssige Wasser vom Teststreifen abschüttelst und die Farbe am Stäbchen mit der Farbskala auf der Verpackung des Indikatorstäbchens vergleichst.

Notiere die Ergebnisse



Baumart	Nadelwald 1		Nadelwald 2		Laubwald 1		Laubwald 2	
	pH	Säure-test	pH	Säure-test	pH	Säure-test	pH	Säure-test
Organische Auflage								
Mineralboden								

Weitere Durchführung

 Übergieße den zweiten Satz der trockenen Bodenproben nacheinander mit ein paar Tropfen 10 %-iger Salzsäure (Vorsicht!) und beobachte jeweils die Reaktion. Sollte keine Reaktion zu sehen sein, lausche mit dem Ohr nahe an der Bodenprobe.



 Unterscheide die Reaktion der Säure mit der Bodenprobe nach den Kriterien:

- keinerlei Reaktion
- keinerlei Aufbrausen (aber leise Geräusche)
- schwaches (nicht anhaltendes) Aufbrausen
- deutliches Brausen (nicht anhaltend)
- starkes (anhaltendes) Brausen.

Wenn „0“ der Wert für kein Kalkgehalt, „1“ der Wert für den geringsten und „4“ der Wert für den höchsten Kalkgehalt sein soll, wie würdest du diese Werte zuordnen? Übernimm diese Kriterien für deine Tabelle.



Kalkstufe	Kalkgehalt	Reaktion
_____	kalkfrei	_____
_____	kalkarm	_____
_____	gering	_____
_____	mäßig	_____
_____	hoch	_____

 Notiere die Ergebnisse in deine Tabelle.



Diskutiere mit deinen Mitschülern die Ergebnisse deiner Beobachtungen bzw. der Tabelle. Wie beeinflusst der Kalkgehalt deiner Bodenproben deren pH-Wert?

C6 Nährstoffauswaschung in Waldböden

Hintergrund

Unser Waldökosystem ist durch den Eintrag von Säuren durch den Niederschlag gefährdet („saurer Regen“). In dem gesamten Prozessgefüge, das im Boden durch diesen Säureeintrag ausgelöst wird, spielt neben der Mobilisierung von toxisch wirkenden Metallkationen (z. B. Aluminium Al^{3+} , ► Modul C Waldboden) die Auswaschung von basischen Nährkationen wie Ca^{2+} , Mg^{2+} und K^+ eine große Rolle.

Zur Versuchsdurchführung

Den Einstieg in das Versuchsthema kann eine Diskussion über das „Waldsterben“ bieten. Hier können die Schüler zum Beispiel selbst im Internet recherchieren, was darunter verstanden wird und welche Ursachen dafür in Betracht gezogen werden (zu den heute vor allem diskutierten Gründen ► Modul C Wald-

boden). Je nach Jahrgangsstufe können die komplexen Zusammenhänge unterschiedlich tief diskutiert und erläutert werden.

Für die Durchführung des Versuches können verschiedene Böden herangezogen werden. Diese sollten nicht zu tonig sein, damit die zugefügten Lösungen nicht gestaut werden. Sehr gut durchlässige Böden, wie z. B. grobkörnige Sandböden, weisen einerseits geringe Kontaktzeiten zwischen Lösung und Bodenpartikeln auf und haben andererseits meist keinen oder einen nur geringen Calciumgehalt. Sie sind daher für den Versuch weniger geeignet. Besonders gut eignen sich lehmige, leicht kalkhaltige Böden. Die Menge des ausgewaschenen Ca^{2+} -Gehaltes hängt vom Calciumgehalt des Bodens (besonders hoch in Rendzinen) und von dessen pH-Wert ab. Es sind damit starke Abweichungen der Messergebnisse von den hier vorgestellten möglich.

Für den Säuretest gelten folgende Richtwerte:











pH-Werte	Bodenprobe	pH-Wert	Ca^{2+} -Gehalt des Aqua dest.-Filtrats	Ca^{2+} -Gehalt des H_2SO_4 -Filtrats	Quotient beider Ca^{2+} -Gehalte
Aqua dest. 5.5	1 Lehm (Braunerde)	4.1	0,2 mmol/l	1,3 mmol/l	6,5
	2 Lehm (Rendzina)	6.4	1,5 mmol/l	20 mmol/l	13,3
H_2SO_4 4.2	3 Sand (Podsol)	3.5	0,1 mmol/l	0,9 mmol/l	9

Als Ca^{2+} -Testset eignet sich beispielsweise das Visocolor-Testset der Firma Macherey-Nagel GmbH & Co. KG, Düren. Die Funktionsweise des Testes (siehe Packungsbeilage) ist den Schülern ggf. zu erläutern.

Nährelemente auf Wanderschaft ¹

¹ | Versuch in Anlehnung an Arning & Lethmate, Praxis Geographie 10/2004.

Materialien

-  2 Erlenmeyerkolben (100 ml) und 2 Messzylinder (50 ml)
-  1 Trichter (Durchmesser ca. 70 mm)
-  1 Faltenfilterpapier (Durchmesser 180 mm)
-  2 Bechergläser eng 50 ml (für pH-Messung)
-  wasserfester Stift
-  pH-Meter oder Indikatorpapier
-  Ca-Testset
-  dest. Wasser (= Aqua dest.)
-  verdünnte Schwefelsäure (0,1 mol/l, das heißt 2,5 ml 98 %-ige H₂SO₄ in 1 Liter dest. Wasser geben, niemals umgekehrt! Verpuffungsgefahr!)
-  verschiedene Bodenproben (mineralischer Oberboden)

Durchführung

Gehe beim Umgang mit der Schwefelsäure vorsichtig vor und befolge die Sicherheitsvorschriften sehr genau.



 Beschrifte zunächst deine Gefäße:

- Erlenmeyerkolben 1 = Filtrat Aqua dest.
- Erlenmeyerkolben 2 = Filtrat H₂SO₄
- Becherglas 1 = Aqua dest.
- Becherglas 2 = H₂SO₄

 Gib in die beschrifteten Gefäße etwas Aqua dest. bzw. etwas verdünnte Schwefelsäure.





 Bestimme den pH-Wert der Flüssigkeiten und notiere diesen in der Tabelle.

Setze einen Papierfilter in den Trichter und gib das Bodenmaterial hinein (fülle den Trichter zu gut 4/5 auf). Feuchte den Boden mit Aqua dest. gut an, bis etwas Wasser unten austritt.




Überlege, welchen Zweck das Anfeuchten haben könnte.


 Setze den Trichter nach dem Abtropfen auf den Erlenmeyerkolben (1) und „beregne“ deine Bodenprobe mit ca. 30 ml dest. Wasser. Warte bis die Flüssigkeit durch den Boden gesickert ist und unten keine Lösung mehr austritt. Setze danach den Trichter auf den Erlenmeyerkolben (2) um.

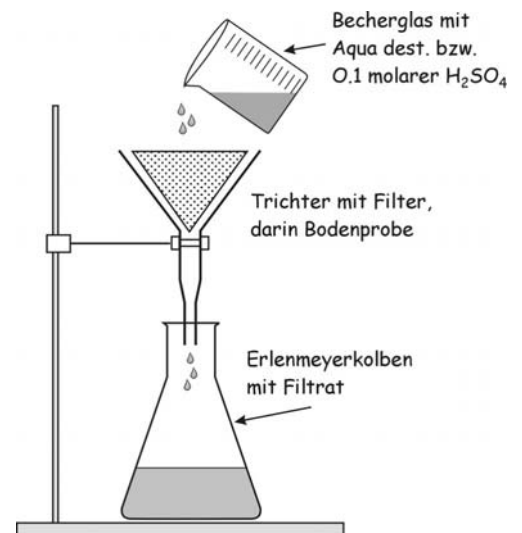
-  Gib nun auf deine Bodenprobe im Trichter ca. 30 ml der verdünnten Schwefelsäure, die nun durch die Bodenprobe hindurch und in den Erlenmeyerkolben (2) tropft.



Überlege dir, welche „Arten“ von Regenniederschlag (chemisch gesehen) diese beiden Schritte nachstellen sollen.

-  Miss nun den Calciumionen-Gehalt (Ca^{2+}) in den beiden Filtraten mit Hilfe des Calcium-Testsets.

-  Trage die gemessenen Werte in die Tabelle ein.



pH-Werte	Bodenprobe	Ca^{2+} -Gehalt des Aqua dest.-Filtrats	Ca^{2+} -Gehalt des H_2SO_4 - Filtrats	Quotient beider Ca^{2+} -Gehalte
Aqua dest.	1			
	2			
H_2SO_4	3			



Diskutiere mit deinen Mitschülern das Ergebnis und übertrage dieses auf die „Natur“. Ergänze den nachfolgenden Lösungstext mit den Begriffen „Schädigung“, „Versauerung“, „Waldökosystem“, „ausgewaschen“, „Calcium“, „Unterboden“. Streiche das Nicht-Zutreffende.



Durch den natürlich schwach sauren / basischen Regen (im Experiment verdünnte Schwefelsäure) werden Nährstoffe im Boden aus dem Oberboden in den
, in unserem Beispiel das Nährelement
 Dies führt zu einer natürlichen des Bodens. Der pH-Wert des Bodens steigt / sinkt. Durch den sauren Regen (im Experiment verdünnte Schwefelsäure) wird deutlich mehr/weniger des Nährelementes ausgewaschen. Der pH-Wert des Bodens steigt / sinkt. Durch die Verlagerung der Nährelemente in die tieferen / höheren Bodenschichten können diese von den Baumwurzeln nicht mehr / besonders gut erreicht werden. Dies kann langfristig zu einer des beitragen.



Überlege dir, wie die Schwefelsäure in das Regenwasser kommt.

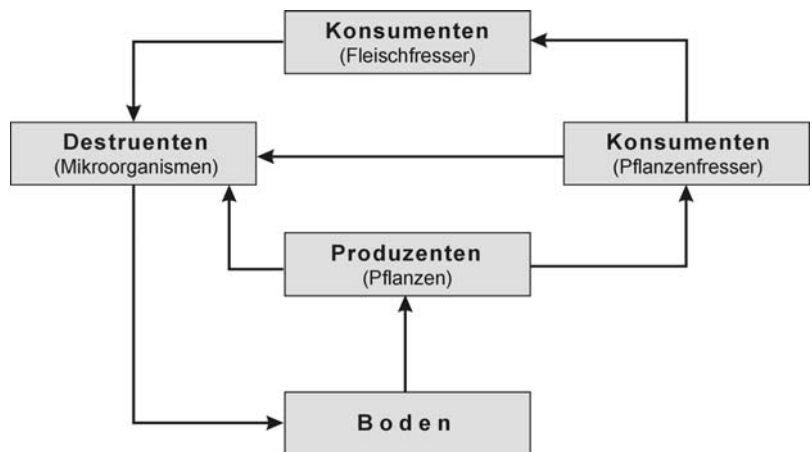
C7 Nahrungsnetze im Waldboden

Hintergrund

Der Abbau der Laubstreu (► Schüleraktivität C3) erfolgt in mehreren Schritten durch das Zusammenspiel vieler Organismen, die über vielfältige Nahrungsketten und Nahrungsnetze miteinander in Verbindung stehen (► Modul B Bodenleben, ► Modul C Waldboden). Einen Ausschnitt aus diesem komplexen Geflecht stellt das folgende Arbeitsblatt dar. Es zeigt schematisch die verschiedenen Schritte des Laubstreuabbaus, vor allem aber einen großen Teil der Organismen, die daran beteiligt sind. Daneben werden exemplarisch und ohne Anspruch auf Vollständigkeit die Nahrungsbeziehungen zu weiteren Ebenen der Nahrungskette dargestellt. Hier wird deutlich, dass es sich in der Natur meist um Nahrungsnetze mit zahlreichen Querverbindungen handelt.

Hinweise zum Arbeiten mit dem Schülerblatt

Die Schüler sollten die Organismen (am besten mit Hilfe des Bestimmungsschlüssels, ► Modul B Bodenleben, ► Arbeitshilfe S. 155) benennen. Je nach Altersstufe, Zeitplanung und Artenkenntnis der Schüler können aus der vollständig ausgefüllten Vorlage (► CD) mehr oder weniger viele Namen gelöscht werden. Dies kann durch einfaches Abkleben vor dem Kopieren der Abbildung B23 oder elektronisch mit einem Bildbearbeitungsprogramm erfolgen. Ein den Schülern bereits vollständig beschriftet ausgegebenes oder von den Schülern bearbeitetes Arbeitsblatt kann zur Erarbeitung verschiedener Trophieebenen von Nahrungsketten und Nahrungsnetzen eingesetzt werden. In der verwendeten Abbildung des Arbeitsblattes ist zu beachten, dass die Pfeilspitzen zu denjenigen Organismen weisen, die den jeweils vorangehenden fressen oder von ihm profitieren.



Die Schüleraktivität kann durch eine Diskussion des Kreislaufes von Stoffen in Ökosystemen erweitert werden. Diesen Kreislauf stellt obenstehende Abbildung in Kombination mit den Ebenen der Nahrungskette vereinfacht dar.


C27 | Kreislauf Konsumenten. [CD](#)


Als Idee aus der Umweltpädagogik lassen sich die dargestellten Zusammenhänge sehr unterhaltsam und spielerisch mit einem Seilnetz verdeutlichen. Jeder Schüler übernimmt dabei die Rolle eines Organismus aus dem Nahrungsnetz. Alle Schüler stellen sich in einem großen Kreis auf, ohne dabei auf die Reihenfolge nach der Nahrungskette zu achten. Durch Herumgeben eines langen Seiles (oder mehrerer Seilstücke) in der Reihenfolge der Nahrungsketten und Festhalten durch die entsprechenden Schüler entsteht ein Nahrungsnetz, in dem verschiedene Organismen miteinander verbunden sind. Wenn nun eines der beteiligten Lebewesen ausfällt, kommt es im Netz zu Störungen. Bei gravierenden Störungen kann das Nahrungsnetz vollständig unterbrochen und zahlreiche weitere Organismen können dadurch betroffen werden. So lässt sich im analogen Schluss zeigen, dass Eingriffe in die Nahrungsnetze und damit in das empfindliche ökologische Gleichgewicht der Natur zu schwerwiegenden Folgen für viele Lebewesen führen können.

CD | Arbeitsblattvorlage.

Wer ernährt wen?


Beispielaufgaben zum Schaubild


 Bestimme die beispielhaft für das Nahrungsnetz „Waldboden/Wald“ dargestellten Lebewesen. Verwende ggf. einen Bestimmungsschlüssel oder ein Bestimmungsbuch. Schreibe die Namen in das Schaubild oder ergänze sie dort.


 Ordne die nachfolgend genannten Namen den im Schaubild dargestellten Lebewesen/Organismen zu. Verwende ggf. einen Bestimmungsschlüssel oder ein Bestimmungsbuch.







„*Assel*“, „*Bakterien*“, „*Einzeller*“, „*Erdkröte*“, „*Fadenwürmer*“, „*Haarmückenlarve*“, „*Hornmilbe*“, „*Kreuzotter*“, „*Laufkäfer*“, „*Ohrwurm*“, „*Pilze*“, „*Raubmilben*“, „*Regenwurm*“, „*Rotfuchs*“, „*Schmetterlingsmückenlarve*“, „*Schnakenlarve*“, „*Schnecke(n)*“, „*Springschwanz*“, „*Steinkriecher*“, „*Vogel*“.



 Finde heraus, welche Organismen an der Laubzersetzung beteiligt sind. Ordne sie in einer Tabelle den Zersetzungsstadien der Laubstreu zu (I = Laubfall, II = Loch- und Fensterfraß, III = starker Blattsatz, IV = starke Blattskelettierung, V = zersetzte Blattreste).

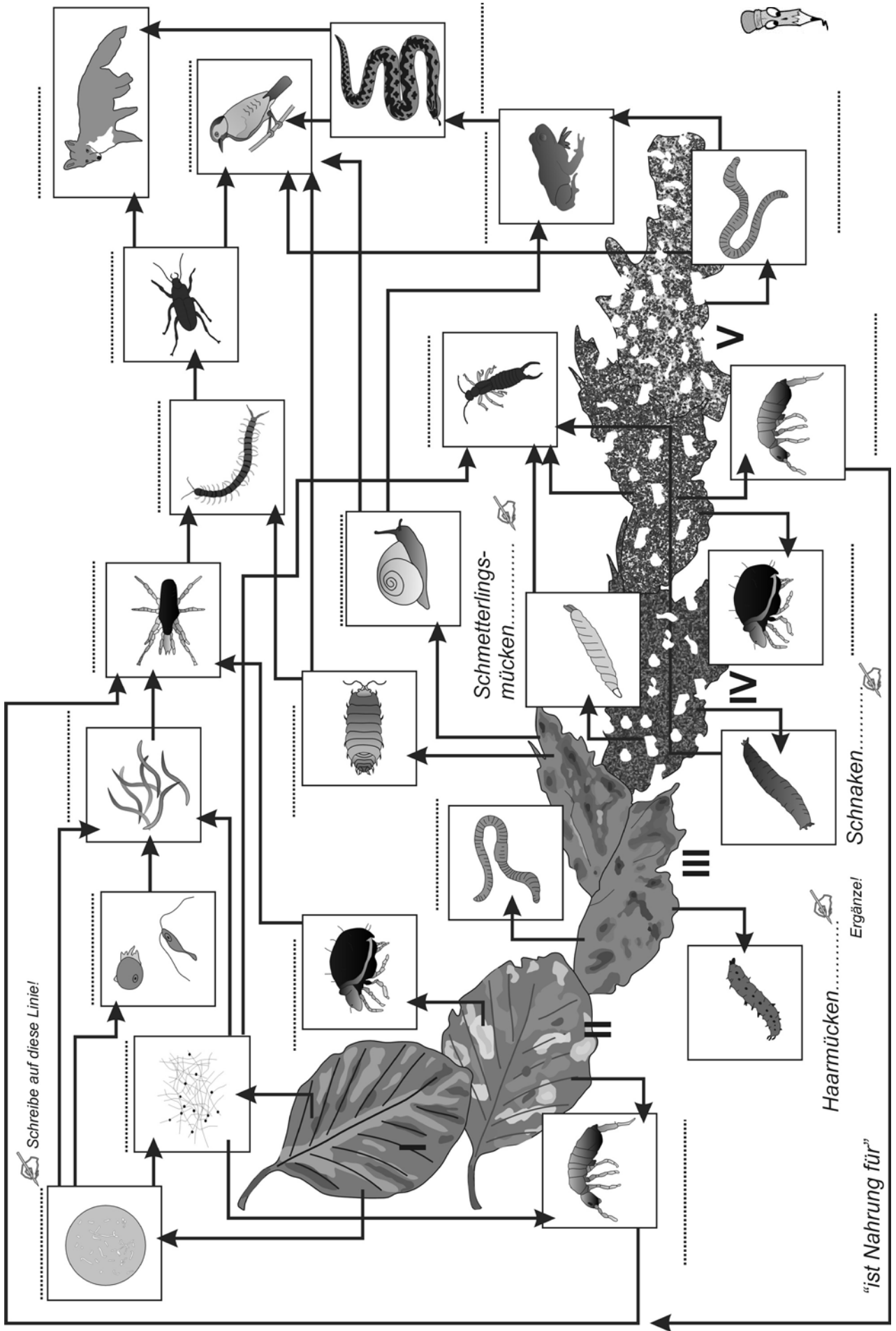
 Suche eine möglichst lange Nahrungskette heraus und schreibe die beteiligten Organismen in eine Reihe.

 Suche aus dem Schaubild einige Nahrungsketten heraus und ordne die beteiligten Organismen (und die Pflanzen) einzelnen Ebenen zu. Überlege dabei, welche Organismen sich von der Pflanze, welche sich wiederum von diesen usw. ernähren.

  Erkläre an einem geeigneten Beispiel, weshalb man von Nahrungsnetzen spricht.

  Überlege, wodurch Nahrungsnetze gestört oder sogar zerstört werden. Welchen Anteil kann der Mensch daran haben?

  Das Schaubild zeigt beispielhaft ein Nahrungsnetz. Wie ließe es sich erweitern, um einen Stoffkreislauf darzustellen?



Herausgeber

Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (StMUGV)
Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung (ISB)