

Schadstoffe im Boden

	Didaktische Hinweise	330
1	Der Boden als Puffer und Ionenaustauscher <i>Schüleraktivität F1: Aus gelb mach blau</i>	331 333
2	Guter Boden reinigt Wasser <i>Schüleraktivität F2: Guter Boden reinigt Wasser – Die Entfärbung von Farbstoffen</i>	335 337
3	Langzeitwirkung des sauren Regens auf den Boden <i>Schüleraktivität F3: Von Schadstoffen und ihrem Weg im Boden</i>	339 340
4	Pufferwirkung von Böden gegenüber saurem Sickerwasser <i>Schüleraktivität F4: Pufferwirkung von Böden gegenüber saurem Sickerwasser</i>	341 343
5	Wirkung von Erdölprodukten auf die Atmungsaktivität von Bodenorganismen <i>Schüleraktivität F5: Haben die Mikroorganismen noch Luft zum Atmen?</i>	346 347
6	Wirkung von Erdölprodukten auf die Keimung von Kressesamen <i>Schüleraktivität F6: Wie beeinflusst Öl die Keimung von Pflanzen?</i>	348 349
7	Einfluss von (Streu-)Salz auf die Keimwirkung von Pflanzen <i>Schüleraktivität F7: Was bewirkt das Salz im Boden?</i>	350 351
8	Umweltdetektive ermitteln mögliche Schadstoffquellen	352
9	Luftschadstoffe und ihr Weg in den Boden <i>Schüleraktivität F9: Vom Verursacher über die Luft in den Boden</i>	353 354



Schadstoffe im Boden

Didaktische Hinweise

CD | Alle Grafiken der Arbeitsblätter.

Die Wirkung von Schadstoffen im Boden macht dem Schüler die Verletzlichkeit des Bodens im besonderen Maße begreifbar. Im Vordergrund steht zunächst jedoch in den Schüleraktivitäten F1 bis F4 die für das Ökosystem und damit für den Menschen wichtige Puffer- und Reinigungsfunktion des Bodens gegenüber Fremd- und Schadstoffen. Der Schüler lernt aber auch, dass diese Fähigkeiten des Bodens nicht unbegrenzt verfügbar sind. In den Aktivitäten F5 bis F7 steht die unmittelbare Schädigung von Fremdstoffen (Erdölprodukte, Salze), damit die Beeinträchtigung der Bodenlebewesen und folglich der Bodenqualität im Mittelpunkt. Die Aktivitäten F8 und F9 beschäftigen sich mit Schadstoffgruppen, deren Quellen und Auswirkungen (F8) sowie der Verbreitung von Luftschadstoffen (F9). Die Aktivitäten bieten eine Möglichkeit zur Abwechslung in der Unterrichtsmethodik.



Neben den Fächern Erdkunde/Geographie und Biologie lassen sich die Inhalte der Schüleraktivitäten im besonderen Maße in den Chemieunterricht integrieren. So sind z. B. bei den Aktivitäten F1 bis F4 einige chemische Grundkenntnisse erforderlich, z. B. über den pH-Wert, Kationen oder Anionen. F1 bis F4 erscheinen deshalb besonders für die Realschule und das Gymnasium geeignet. Die Aktivität F4 kann im Rahmen des Chemieunterrichts auch „isoliert“ von einem Schwerpunktthema Boden durchgeführt werden, z. B. zur Vertiefung der im Unterricht erlernten Methode der Titration. Die Schüler erkennen dabei die Bedeutung der Methodik in der Praxis. Die Aktivitäten F5 bis F8 eignen sich prinzipiell für einen Einsatz auch in den unteren Jahrgangsstufen, da sich die Wirkung der Schadstoffe (Erdölprodukte, Salze) direkt durch die Einschränkung der Atmungsaktivität der Mikroorganismen oder die Keimfähigkeit der Aussaat zeigt. In Versuch F5 bedarf die Wirkungsweise der Kalilauge als

„Filter“ für das von den Organismen ausgeschiedene Kohlendioxid in allen, besonders in den unteren Jahrgangsstufen, ausführlicher Erläuterung. Der Versuch bietet sich auch im Rahmen der Behandlung von Bakterien zur Stoffvertiefung im Biologieunterricht an.

Die Schüleraktivitäten F8 und F9 eignen sich aufgrund ihrer Komplexität für den Einsatz in höheren Jahrgangsstufen. Literatur- und Quellenstudium sind wichtige Grundfertigkeiten für die Aktivität F8.

Didaktische Reduktion

Im Text werden die Bezeichnungen H^+ -Ionen, Wasserstoffionen und Protonen verwendet. Das ist für Schüler nachvollziehbar, wenn auch chemisch gesehen nicht ganz korrekt, da Protonen alleine nicht auftreten (ebenso wenig wie Elektronen), sondern sich bei Reaktionen sofort an andere Teilchen binden. Beispiel: Bei Säurereaktionen entstehen H_3O^+ -Ionen (Oxoniumionen) als stabile Teilchen in wässriger Lösung. Diese didaktische Reduktion wurde durchgeführt, um die Transparenz bei der Auswertung der Experimente zu erhöhen. Sie wurde auf die gesamte Handreichung angewandt.

Hinweis zur Entsorgung der behandelten Bodenproben

Über die fachgerechte Entsorgung der mit den Erdölprodukten oder Salzen versetzten Bodenproben informieren die Fachlehrer für Chemie. In den Fachräumen der Chemie befinden sich dazu in der Regel entsprechende Behältnisse. Die Proben dürfen keinesfalls wieder in den Boden gegeben werden! Beim Umgang mit den Chemikalien ist auf die allgemeinen Laborvorschriften und die Sicherheitshinweise auf den Arbeitsblättern zu achten.

F1 Der Boden als Puffer und Ionenaustauscher

Hintergrund

Boden enthält große Mengen an Tonmineralen und organischer Substanz. Diese Bodenbestandteile besitzen die Eigenschaft, gelöste Ionen und Moleküle sowie Gase aus der Atmosphäre aufzunehmen und später wieder abzugeben. Zwischen der Atmosphäre und dem Grundwasser wirkt der Boden als Puffer und stellt darüber hinaus Nährstoffe für die Pflanzen zur Verfügung.

Zum Versuchsablauf

Der Versuch soll den Schülern die Bedeutung des Bodens als Puffer für Einträge von Säuren aus der Atmosphäre verdeutlichen. Um die Austauschvorgänge im Boden besser verstehen zu können, wird die Säure mit einem pH-Indikator „sichtbar“ gemacht. Bei der Auswahl des Indikatorfarbstoffs muss darauf geachtet werden, dass das Indikatorion sowohl im stark als auch im schwach sauren Bereich anionisch vorliegt. Wäre das Indikatorion positiv geladen, würde es von den meist negativ geladenen funktionellen Gruppen der meisten Bodenbestandteile (vor allem der Tonminerale und der organischen Substanz) adsorbiert werden. Der Farbumschlagbereich des Indikators muss ebenfalls zwischen dem stark und dem schwach sauren Bereich liegen, da die meisten Böden von Natur aus schwach sauer sind.

Als Indikatorfarbstoff eignet sich aufgrund dieser Voraussetzungen insbesondere Bromphenolblau, das zwischen pH 3,0 und 4,6 von gelb nach blauviolett umschlägt. Alternativ dazu kann der Versuch mit Bromkresolgrün (Umschlagintervall pH 3,8–5,4, von gelborange nach blau) oder Bromthymolblau (Umschlagintervall pH 1–2 von rot nach gelb und pH 6–7 von gelb nach blau) durchgeführt werden.

V Versuchsergebnis

Die zunächst gelbe Indikatorflüssigkeit (Bromphenolblau mit Schwefelsäure versetzt) wird beim Durchsickern durch den Boden nach blau umgefärbt, da sich der pH-Wert der Lösung von ursprünglich $\text{pH} < 3,0$ nach

$\text{pH} > 4,6$ geändert hat. Die Erklärung ist, dass die negativ geladenen funktionellen Gruppen der Bodenbestandteile die Wasserstoffionen (H^+ -Ionen) der Säure adsorbieren und damit neutralisieren, die Indikatorlösung damit basischer wird. Da der verwendete Indikatorfarbstoff in den unterschiedlichen pH-Wertbereichen verschiedene Farbeigenschaften besitzt, erfolgt der Farbwechsel.

Die verschiedenen Böden unterscheiden sich untereinander in der Anzahl der funktionellen Gruppen der den Boden aufbauenden Teilchen. So besitzen Teilchen der Garten- bzw. Komposterde sowie des Tonbodens viele negativ geladene funktionelle Gruppen, wodurch Säuren in diesen Böden besser neutralisiert werden. Im Gegensatz dazu sind in einem Sandboden weniger negativ geladene und Wasserstoffionen abfangende Bodenbestandteile vorhanden, wodurch Säuren in diesen nicht im selben Umfang abgepuffert werden können.

Auswertung

Die Neutralisation der Säure im Boden erfolgt in zwei Schritten. Zunächst verdrängen die Wasserstoffionen (H^+ -Ionen) der eingebrachten Säure die an den Bodenbestand-

F26 | Versuchsanordnung zum Versuch Ionenaustauscher.



teilen angelagerten Kationen ins Bodenwasser. Dabei nehmen die Wasserstoffionen die Positionen der Kationen ein und verlieren damit ihre saure Wirkung. Die Wasserstoffionen können andererseits beim Durchgang durch den Boden basisch reagierende Teilchen mobilisieren, die an die sogenannten funktionellen Gruppen gebunden sind. In diesem Fall werden die Wasserstoffionen nicht an die Austauschplätze angelagert, sondern zusammen mit den Basen ausgeschwemmt. Dabei neutralisieren sich jedoch die mit dem Niederschlag eingetragenen Säuren.

Eine besonders effektive Form der Pufferung findet in kalkreichen Böden statt. Hier werden die eingetragenen Säuren durch chemische Reaktionen mit dem Kalk neutralisiert, wobei jedoch die Puffersubstanz, in diesem Fall der Kalk, verbraucht wird.

Durch die Neutralisation der Säure kommt es zum Farbumschlag der Indikatorlösung. Die Neutralisation kann dabei prinzipiell auf zweierlei Weise erfolgen:

1. Die Wasserstoffionen (H^+ -Ionen) der Säure verdrängen die an die Bodenbestandteile angelagerten Kationen ins Bodenwasser und nehmen deren Positionen ein.

2. Sie mobilisieren beim Durchgang durch den Boden die an die funktionellen Gruppen gebundenen und basisch reagierenden Teilchen und werden anschließend mit diesen zusammen ausgeschwemmt.

Um nachzuweisen, welcher Prozess stattgefunden hat, ist folgendes Vorgehen möglich: Nach Zugabe von hoch konzentrierter Kochsalzlösung (NaCl) auf die jeweilige, zuvor mit der Säure behandelte Bodenprobe wird die durchgesickerte Bodenlösung (das Eluat) aufgefangen und dessen pH-Wert bestimmt. Im ersten Fall verdrängen die zugeführten Na^+ -Ionen die an den Austauschplätzen verbliebenen Wasserstoffionen und das Eluat wird eine saure Reaktion zeigen. Im zweiten Fall sollte das Eluat keine Reaktion zeigen, da keine Wasserstoffionen freigesetzt werden. Der Nachweis der wieder freigesetzten Wasserstoffionen erfolgt am besten mit Bromthymolblau, da dessen Umschlagbereich (pH 6,0–7,6) im beginnend sauren Bereich liegt.








Bei der Gartenerde erfolgt ein stärkerer Farbumschlag nach blau als beim Sandboden. Dies liegt daran, dass die Teilchen der Gartenerde im Gegensatz zum Sandboden mehrere funktionelle Gruppen besitzen, die die Wasserstoffionen der Säure neutralisieren können.

Aus gelb mach blau


Gehe vorsichtig mit der Schwefelsäure um und achte auf die Sicherheitshinweise deines Lehrers!





Materialien


-  verschiedene Bodenproben (z. B. Sand, Ton, Gartenerde)
-  für jede Bodenart eine 1 Liter PET-Flasche mit abgeschnittenem Boden und durchbohrtem Schraubverschluss
-  kleine Bechergläser, Stative mit Klemmen, Watte
-  Bromphenolblau-Lösung oder andere Farbindikatorlösung
-  pH-Indikatorstäbchen oder pH-Meter
-  10%-ige Schwefelsäure ($c = 1 \text{ mol/l H}_2\text{SO}_4$) – **Gefahrenstoff!**
-  Aqua dest.

Durchführung


 Befestige die PET-Flasche mit dem Schraubverschluss nach unten an der Stativhalterung. Stelle ein Becherglas darunter.

 Lege über den durchbohrten Deckel einen Wattebausch und befülle die Flasche ca. 10 – 15 cm hoch mit einer Bodenprobe.

 Durchtränke den Boden mit Leitungswasser, bis er gleichmäßig befeuchtet ist.


 Stelle nun eine Indikatorlösung her, indem du 50 ml der Bromphenolblau-Lösung in ein Becherglas gibst und so lange 10 %ige Schwefelsäure zutropfst, bis die Lösung gerade gelb ist. Vorsicht beim Zugabe der Schwefelsäure! Der pH-Wert der Indikatorlösung liegt nun unter 3. Kontrolliere den pH-Wert mit Indikatorstäbchen oder dem pH-Meter.

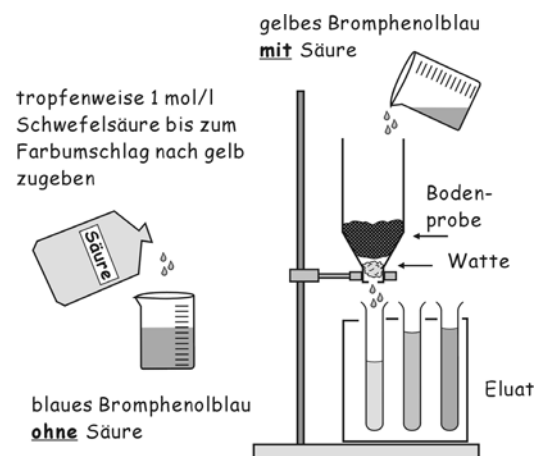
 Gib die gesamte Indikatorlösung langsam auf den Boden.

 Wasche den Boden nach dem Einsickern der Indikatorlösung mehrmals mit Aqua dest. vorsichtig nach und fange das durchsickernde Wasser so lange in mehreren Reagenzgläsern auf, bis ein sichtbarer Farbumschlag der durchgesickerten Lösung (= Eluat) eintritt.

 Führe den Versuch auch mit den anderen Bodenproben entsprechend durch.



 Befolge nach dem Ende des Versuchs die Hinweise deines Lehrers zum Entsorgen der Bodenproben und der Lösungen.



Auswertung



Wie kannst du dir den Farbumschlag des Indikators im Eluat erklären?
Diskutiere und notiere:





Kannst du Unterschiede im Farbumschlag zwischen den verschiedenen
Bodenarten beobachten?



Überlege dir, wie es möglich wäre zu überprüfen, ob die Wasserstoffionen der
Säure in das Eluat ausgewaschen wurden oder ob sie an den festen Boden-
bestandteilen adsorbiert wurden.

F2 Guter Boden reinigt Wasser

Hintergrund

Das wichtigste Grundnahrungsmittel des Menschen ist sauberes Trinkwasser. Dieses wird meist aus Brunnenbohrungen und Quellen gewonnen, in denen sich das durch den Boden sickende Niederschlagswasser sammelt. Erstaunlich dabei ist, dass das gewonnene Wasser nahezu ohne Schadstoffbelastung ist, auch wenn Schadstoffe im Niederschlag nachweisbar enthalten sind. Grund für die „chemische Reinigung“ des Niederschlagswassers ist die Pufferwirkung des Bodens.

Die mit dem Niederschlag eingetragenen Stoffe bestehen oftmals aus positiv oder negativ geladenen Ionen. Im Boden werden sie von entgegengesetzt geladenen Bodenteilchen adsorbiert und damit dem Sickerwasser entzogen. Dieser Vorgang ist jedoch reversibel, so dass bei sich änderndem Bodenmilieu (z. B. pH-Wert-Änderung) zuvor angelagerte Stoffe wieder desorbiert (freigesetzt) werden und in diesen Fällen letztendlich doch ins Grundwasser gelangen können.


Zum Versuchsablauf

Die Schüler sollen mit diesem Versuch verstehen, dass Verunreinigungen des Regenwassers im Boden zurückgehalten werden können und welche Bodenbestandteile für diese Reinigung verantwortlich sind.

Bei der Versuchsdurchführung werden die Eluate der beiden ersten Reagenzgläser vermutlich noch von ausgespülten Bodenteilchen getrübt oder von überschüssigem Farbstoff gefärbt sein. Aus diesem Grund können sie nur bedingt ausgewertet werden. Die eigentlich interessante Reagenzfüllung befindet sich im dritten Glas, in dem sich die Versuchsergebnisse am besten zeigen. Die aufgeführten Farbstoffe stellen lediglich eine Auswahl dar, der Versuch muss nicht mit jedem Farbstoff durchgeführt werden. Wird der Versuch mit Fuchsinlösung durchgeführt, sollte diese vor der Entsorgung mit etwas Natriumsulfit entfärbt werden, da die intensiv rote Farbe ansonsten alles verfärbt.

Wird der Versuch mit dem Tonboden durchgeführt, sollte darauf geachtet werden, dass



F27 | Versuchsaufbau mit zwei Bodenproben und vier verschiedenen Farbstoffen. 

kein reiner Ton vorhanden ist. Liegt reiner Ton vor, kann die Versuchslösung aufgrund der geringen Wasserleitfähigkeit des Bodens nicht gut durchfließen oder dringt an Grenzflächen (z. B. Boden – Glaswand) und Ma-

kroporen sehr schnell in den Ton ein. Tonreicher Boden sollte daher mit Sand durchmischt werden, so dass die Versuchslösung besser durch das Substrat sickern kann.

Versuchsergebnis:

	Kationenfarbstoffe	Anionenfarbstoffe	Neutralfarbstoffe
Tonboden	Wasser entfärbt	Wasser nicht entfärbt	Wasser entfärbt
Sandboden	Wasser nicht entfärbt	Wasser nicht entfärbt	Wasser entfärbt
Gartenerde	Wasser weitgehend entfärbt	Wasser etwas entfärbt	Wasser entfärbt

Wie der Versuch zeigt, adsorbiert die Gartenerde alle Farbstoffe. Sie besitzt die beste Reinigungsleistung, da Humusteilchen sowohl positive als auch negativ geladene Molekülgruppen besitzen, an die sich die verschiedenen Farbstoffe anlagern können. Tonböden mit pH-Werten $> 5,5$ hingegen vermögen zwar keine Anionen(-farbstoffe) zu adsorbieren, können jedoch Kationen(-farbstoffe) anlagern. Diese Beobachtung macht deutlich, dass Tonteilchen überwiegend negativ geladene Molekülgruppen an ihrer Oberfläche besitzen. Sand verfügt im Gegensatz dazu aufgrund sehr viel geringerer Ladungsträger an seinen Teilchen allgemein über eine nur





schwache Reinigungskraft und zeigt diese nur bei Neutralstoffen.

Auswertung

Die Schüler sollen ihre Ergebnisse in einer Tabelle eintragen und sich ggf. Daten zu den anderen Teilversuchen (z. B. bei Verwendung anderer Farbstoffe) von den anderen Gruppen einholen. Mit Hilfe der Übersicht sollen sich die Schüler erarbeiten, ob negative oder positive Molekülgruppen (so genannte funktionelle Gruppen) in den verschiedenen Bodenproben vorherrschen.


Guter Boden reinigt Wasser – Die Entfärbung von Farbstoffen


Materialien


-  verschiedene Bodenproben (z. B. Sandboden, Ton- oder Lehmboden, Gartenerde)
-  pro Bodenart eine 1-Liter PET-Flasche mit abgeschnittenem Boden und durchbohrtem Schraubverschluss
-  Bechergläser, Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Stative mit Klemmen, Watte
-  Farbstoffe (ein Farbstoff pro Kategorie reicht aus, die anderen stellen Alternativen dar)

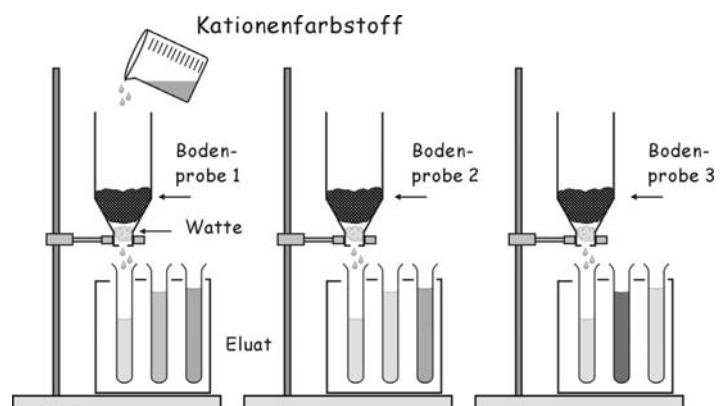
Kationenfarbstoffe	Anionenfarbstoffe	Neutralfarbstoffe
Traubensaft	Rote-Beete-Saft	Möhrensaft
Rotwein	Rote Tinte	β -Carotin-Suspension
Johannisbeersaft	Eosin-Lösung	
Methylenblau	Bromthymolblau	
Fuchsin-Lösung		

Durchführung




-  Bildet zunächst verschiedene Gruppen, die den Versuch mit jeweils einer Bodenprobe und einem Farbstoff durchführen.



-  Befestige die PET-Flasche mit dem Schraubverschluss nach unten an dem Stativ über einem Reagenzglasständer.


-  Lege etwas Watte über den durchbohrten Schraubverschluss, damit der Boden später nicht aus der Flasche herausfallen kann.



Durchführung (Fortsetzung)

-  Befülle die Flasche etwa 10 – 15 cm hoch mit einer der verschiedenen Bodenproben und gib so viel Leitungswasser hinzu, dass der Boden gleichmäßig durchfeuchtet ist.
-  Gib danach jeweils 20 – 25 ml einer der oben genannten Farbstoffe auf den Boden.
-  Gib nach dem Einsickern des Farbstoffs mehrmals etwas Wasser auf den Boden und fange das durchgesickte Wasser in mehreren Reagenzgläsern auf.

  **Trage das Ergebnis eures Versuchs in die unten stehende Tabelle ein. Stufe die Ergebnisse gegeneinander ab (z. B. Wasser entfärbt, Wasser weitgehend entfärbt, Wasser etwas entfärbt, Wasser nicht entfärbt). Hole dir die restlichen Ergebnisse von den anderen Gruppen.**

  **Erkläre, warum die verschiedenen Farbstoffe in manchen der Bodenproben adsorbiert werden, in anderen jedoch nicht.**



	Kationenfarbstoffe	Anionenfarbstoffe	Neutralfarbstoffe
Tonboden			
Sandboden			
Gartenerde			

F3 Langzeitwirkung des sauren Regens auf den Boden

Hintergrund

Bestimmte Bodenpartikel wirken als Ionenaustauscher und sind daher in der Lage, Säuren und Schadstoffe aus dem Niederschlagswasser zu binden. Dies geschieht im Austausch gegen Nährstoffionen, die zuvor an den Austauscherplätzen der Bodenbestandteile adsorbiert waren. Die Nährstoffionen werden mit dem Sickerwasser in tiefere Bodenschichten und das Grundwasser ausgewaschen, wo sie nicht mehr für die Pflanzenwurzeln verfügbar sind. Ist der Boden nicht mehr in der Lage, die Schadstoffionen an die Austauscherplätze zu binden (bei weiterer Zufuhr der Schadstoffe und Säuren, insbesondere wenn alle Austauscherplätze belegt sind), kommt es zur Mobilisierung der

zuvor fixierten Schadstoffe. Wie im Falle der Nährstoffionen werden dann auch diese in die Tiefe und ins Grundwasser ausgewaschen, von wo aus sie ins Trinkwasser und in die Oberflächengewässer gelangen können.

Zum Arbeitsblatt

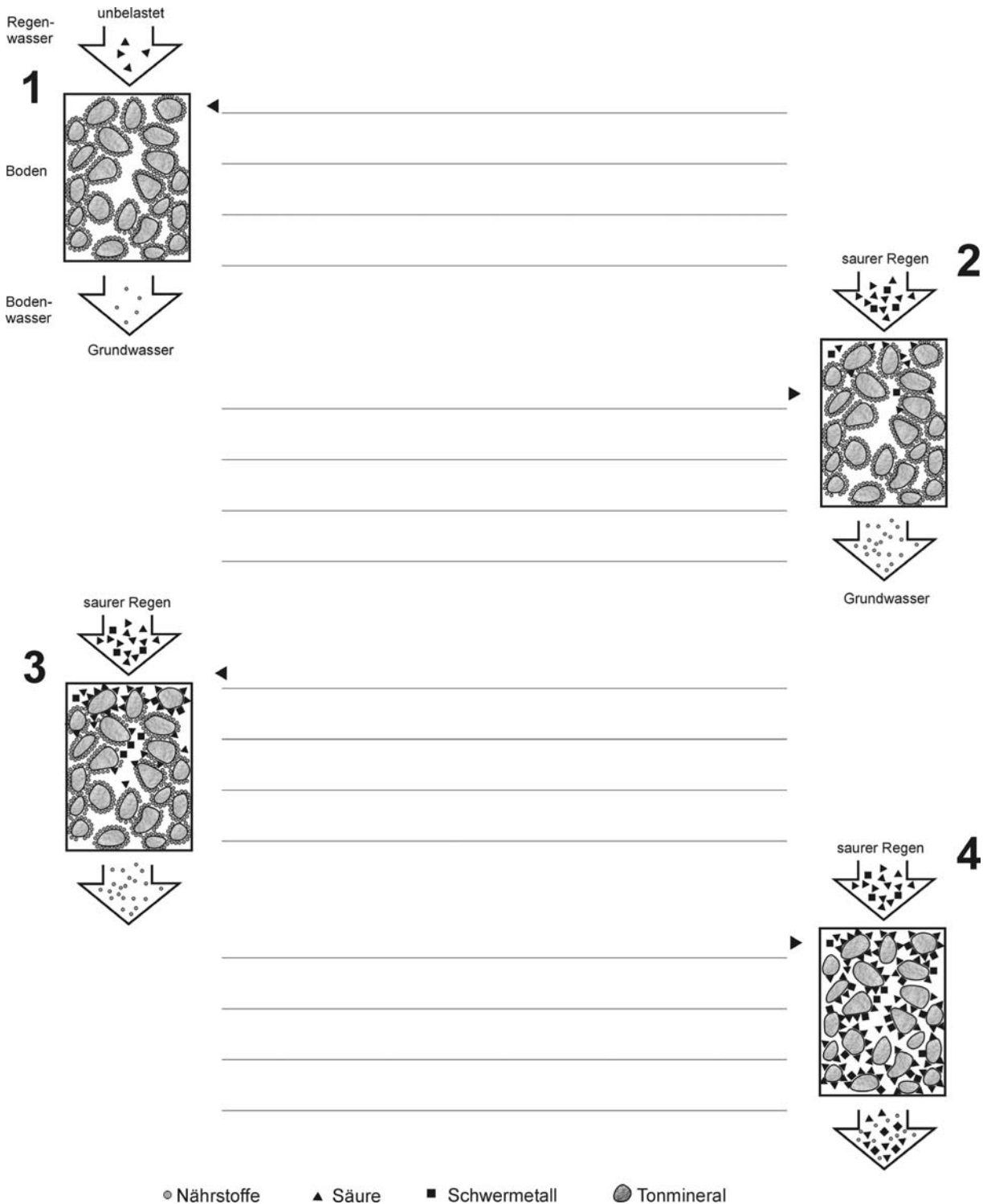
Der Schüler soll das Verhalten von Nährstoff- bzw. Schadstoffionen im Boden bei längerem Eintrag von Säuren und anderen Schadstoffen nachvollziehen. Anhand dieses Schemas soll er in der Lage sein, die Begriffe Filter und Puffer erklären zu können. Zusätzlich soll sich der Schüler überlegen, welche Gefahren für andere Umweltmedien (Wasser, Luft etc.) entstehen können.

Lösungen

1. Das von Natur aus nur mäßig saure Niederschlagswasser trifft auf den Boden, wobei die wenigen enthaltenen Säuremoleküle beim Durchgang durch den Boden von den Bodenteilchen adsorbiert und zurückgehalten werden. In das Grundwasser wird dadurch nur eine geringe Menge der vorher an den Austauscherplätzen vorhandenen Nährstoffionen ausgewaschen.
2. Trifft Niederschlagswasser mit einem geringen pH-Wert und somit einer großen Anzahl an Wasserstoffionen (H^+ -Ionen, Saurer Regen) auf den Boden, werden die an den Bodenteilchen adsorbierten Nährstoffionen durch die Wasserstoffionen verdrängt. Die Austauscherplätze sind nun vorrangig von den Wasserstoffionen belegt, die Nährstoffionen werden mit dem Sickerwasser ins Grundwasser ausgewaschen.
3. Gelangen mit dem sauren Regen noch mehr Wasserstoffionen und z. B. infolge einer Belastungssituation auch Schwermetalle auf den Boden, verdrängen diese wiederum die vorher an die Tonmineralen angelagerten Säureprotonen, die daraufhin in tiefere Bodenschichten und das Grundwasser verlagert werden.
4. Erhöht sich der Säureeintrag weiter, so dass ein Wasserstoffionen-Überschuss im Bodenwasser vorliegt, werden letztendlich auch die zuvor adsorbierten Schwermetalle von den Austauscherplätzen durch die Wasserstoffionen verdrängt und ausgewaschen. Das Grundwasser wird in diesem Falle nicht nur durch die Wasserstoffionen, sondern auch durch Schwermetalle belastet.

CD | Powerpoint-Präsentation „Kationenaustausch“.

Von Schadstoffen und ihrem Weg im Boden



Notiere in Stichworten, wie sich die Reaktion des Bodens bei einem längeren Eintrag von Säuren und Schwermetallen im Laufe der Zeit verändert.



Erkläre anhand des Modells den Begriff Puffer. Welche Gefahren bestehen durch die erhöhte Säurezufuhr für das Grund- und Trinkwasser?

F4 Pufferwirkung von Böden gegenüber saurem Sickerwasser¹

Hintergrund

Mit Beginn der Industrialisierung und der damit verbundenen Nutzung fossiler Brennstoffe hat der pH-Wert des Regenwassers stetig abgenommen. Infolgedessen wurde der Begriff des „sauren Regens“ geprägt, dessen mittlerer pH-Wert heute zum Teil bei pH 4 liegt und in Extremfällen noch 100-mal saurer sein kann (pH 2). Trotz einer langfristigen Belastung sind einige Böden in der Lage, diese Säureinträge auszugleichen und ihren pH-Wert kaum zu verändern. Diese Eigenschaft der Böden, Säuren zu neutralisieren, nennt man Pufferung. Böden besitzen allerdings nur eine begrenzte Möglichkeit, Säure zu neutralisieren. Ist diese so genannte Pufferkapazität erschöpft, ändert sich der pH-Wert sprunghaft. Verantwortlich für die Pufferung im Boden sind die verschiedenen im Boden vorhandenen Puffersubstanzen, die unter eigenem Verbrauch die zugeführten Wasserstoffionen der Säuren neutralisieren (→ Kapitel 5, ► Modul F Schadstoffe).

Zum Versuchsablauf

Der Versuch soll den Schülern die Einwirkung von Säuren auf den Boden deutlich machen. Dazu soll einerseits verglichen werden, welchen Einfluss die Säure auf die verschiedenen Arten von Boden hat (Gartenerde und Sandboden), andererseits kann auch der Unterschied zwischen Dauerregen und kürzeren Regenschauern herausgearbeitet werden.

V Versuchsergebnis

Beim Vergleich der beiden Versuche (Dauerregen und Schauerregen) wird deutlich, dass sich der Boden in den Regenspauzen erholen kann. Der pH-Wert hat gegen Ende der Erholungszeit Werte erreicht, die denen zu Versuchsbeginn vergleichbar sind. Diese verzögerte Neutralisation zeigt, dass der Boden in einem bestimmten Zeitraum nur eine bestimmte Menge an Säure puffern kann, obwohl die Reaktion einer Säure mit einer Lauge im Reagenzglas recht schnell verläuft. Diese in einer bestimmten Zeit neutralisierte Menge

wird Pufferrate genannt und wird meist auf ein Jahr bezogen.

In den Auswertegraphen sind Bereiche zu erkennen, in denen sich der pH-Wert nur geringfügig ändert. In diesen Pufferbereichen reagieren bestimmte Bodenbestandteile mit den Säuren und puffern diese ab. Aus dem Vorhandensein dieser Pufferbereiche kann letztendlich auf die Zusammensetzung des Bodens geschlossen werden. Gartenerde besitzt im Gegensatz zu Sandboden sehr verschiedene Puffersubstanzen. Dies hat zur Folge, dass eine größere Menge an Säure neutralisiert werden kann. Die Abnahme des pH-Werts der Gartenerde erfolgt verzögert. Der Sandboden dagegen besitzt von Natur aus meist schon einen niedrigeren pH-Wert als die Gartenerde. Durch die geringe Menge an Puffersubstanzen führt eine stetige Säurezufuhr daher sehr rasch zum Absinken des pH-Wertes. Hier ist zudem keine Erholung während der Regenspauzen erkennbar.


Hinweise

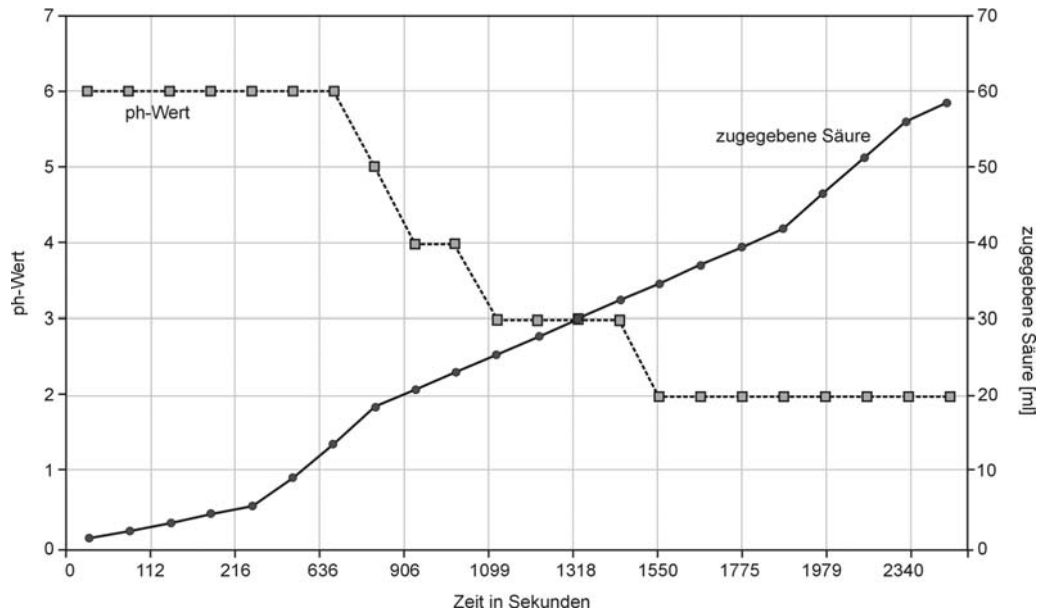
Sollte es vorkommen, dass kein Wasser durch die Bodenprobe sickert, sollte der Boden gut mit Sand durchmischt werden. Ändert sich der pH-Wert während der → Titration nicht wesentlich, kann der Boden mit einer 0,5 mol/l Schwefelsäure (pH 0) titriert werden. Dazu 50 ml konz. Schwefelsäure auf 1 l dest. Wasser geben. Dieser Versuch sollte nur im Beisein einer Aufsichtsperson durchgeführt werden! Als Bodenprobe eignet sich besonders lehmiger Boden, da dieser ausreichend Puffersubstanzen besitzt und das Wasser weitgehend problemlos hindurchsickern sollte.

Um möglichst gut kontrastierende Ergebnisse zu erzielen, kann der Versuch einmal mit einem Sandboden und zum Vergleich mit Gartenerde durchgeführt werden. Der silikatische Sandboden besitzt dabei im Gegensatz zur Gartenerde weniger Puffersubstanzen und sollte daher eine schnellere und deutlichere pH-Wert-Änderung im Versuchsverlauf zeigen.


¹ | In Anlehnung an Enßlin, Krahn & Skupin (2000): *Böden untersuchen* (Quelle & Meyer).

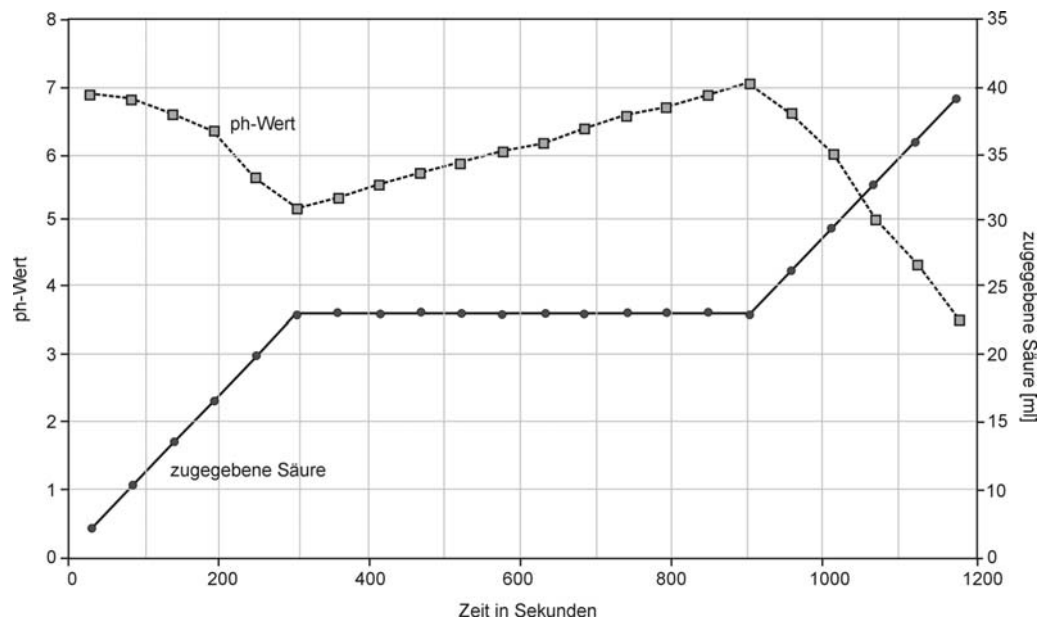
Beispiel „Dauerregen“

F28 | Beispiel des Versuchsergebnisses für den „Dauerregen“ auf Komposterde. Die stetige Zufuhr des sauren Regens (Säure) lässt keine Erholung des pH-Wertes im Boden zu. Der pH-Wert der Bodenlösung bleibt in denjenigen Intervallen konstant, in denen jeweils für das Intervall typische Puffer die Säure neutralisieren. 









Beispiel „Schauerregen“

F29 | Beispiel des Versuchsergebnisses für den „Schauerregen“ auf Komposterde. Die „Regenpause“ (ohne Zufuhr von Säure) ermöglicht es den in der Komposterde vorhandenen Puffersubstanzen, die zugegebene Säure zu neutralisieren. Der pH-Wert „erholt“ sich. 



Pufferwirkung von Böden gegenüber saurem Sickerwasser






Materialien

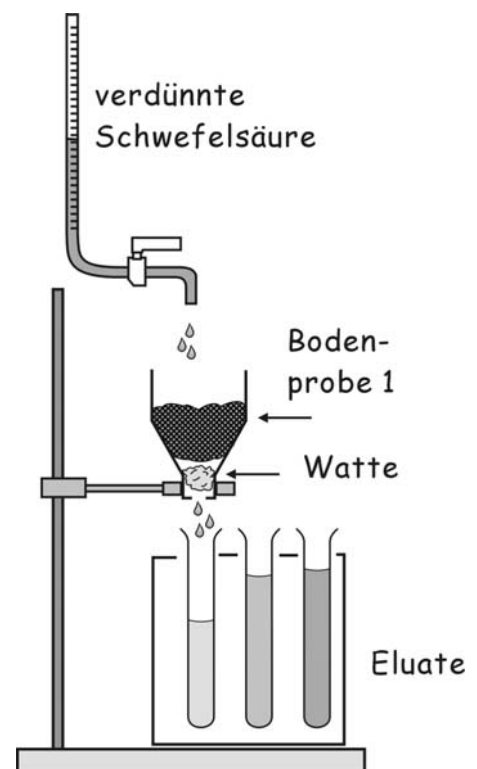
-  Sandboden, Gartenerde
-  pro Boden eine 1-Liter PET-Flasche mit abgeschnittenem Boden und durchbohrtem Schraubverschluss
-  Bechergläser, Reagenzgläser, Reagenzglasständer, 50 ml Büretten
-  Stative mit Klemmen, Watte
-  pH-Meter oder pH-Teststäbchen
-  verdünnte Schwefelsäure (c = 0,05 ml konz. Schwefelsäure auf 1 l dest. Wasser = pH 3).
Stets die Säure in das Wasser geben, **nie umgekehrt! Verpuffungsgefahr!**

Gehe vorsichtig mit der Schwefelsäure um und achte auf die Sicherheitshinweise deines Lehrers!







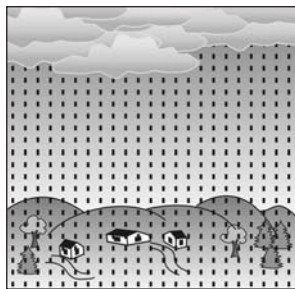
Durchführung

-  Befestige die PET-Flasche mit dem Schraubverschluss nach unten an der Stativvorrichtung über einem Reagenzglasständer. Beschrifte die einzelnen Reagenzgläser.
-  Lege über den durchbohrten Deckel einen Wattebausch, damit später kein Boden herausrutschen kann. Befestige über der Flasche eine 50 ml Bürette und fülle die Schwefelsäure dort hinein. **Vorsicht ätzend!**
-  Fülle die PET-Flasche mit etwa 50 g des luftgetrockneten Sandbodens und gib so viel Leitungswasser hinzu, bis er gleichmäßig durchfeuchtet ist.
-  „Dauerregen“: Tropfe aus der Bürette gleichmäßig die Schwefelsäure zu. Gib hierbei so schnell Schwefelsäure zu, wie das Bodenwasser in die Reagenzgläser abtropft.
-  Fange die Eluate in den Reagenzgläsern auf und bestimme den jeweiligen pH-Wert mit den Teststäbchen oder dem pH-Meter. Führe die Messungen dabei in bestimmten Zeitabständen (z. B. alle 30 Sekunden) durch und notiere die jeweils zugegebene Säuremenge.

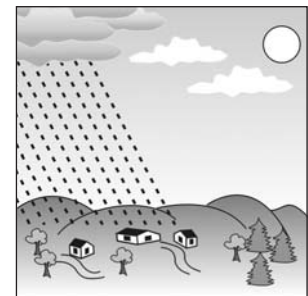


Durchführung (Fortsetzung)




-  Befülle nach obiger Versuchsbeschreibung eine neue Flasche mit Sandboden und baue die Anordnung auf.
-  **„Schauerregen“:** Tropfe die Schwefelsäure aus der Bürette wiederum gleichmäßig auf den Boden. Gib ebenfalls so schnell Säure zu, wie das Bodenwasser abtropft. Unterbreche jedoch nach ca. 5 min. die Säurezugabe für 10 min. und tropfe erst danach wieder Säure zu.
-  Fange die Eluate wieder in den beschrifteten Reagenzgläsern auf und bestimme deren pH-Wert.
-  Führe den gleichen Versuch (d. h. Dauerregen und Schauerregen) noch einmal mit Gartenerde durch. Benutze dabei wiederum obige Versuchsbeschreibung.



Dauerregen: Das saure „Niederschlagswasser“ tropft gleichmäßig auf den Boden bzw. die Bodenprobe.

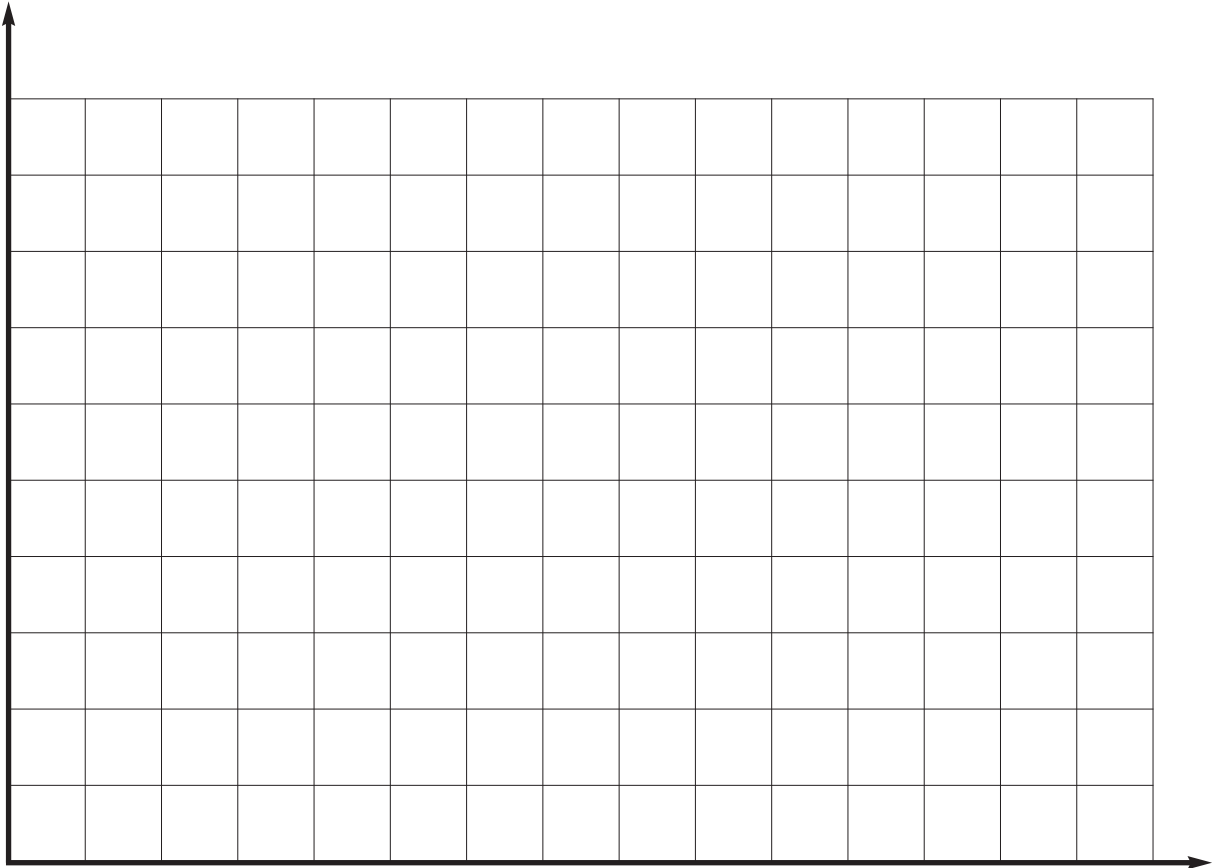


Schauerregen: Das saure „Niederschlagswasser“ wird schubweise mit dazwischen liegenden Pausen zugegeben.

-   Trage für den Sandboden und die Gartenerde die Titrationskurven für den „Dauerregen“ und den „Schauerregen“ in ein eigenes Diagramm ein.
-  Trage dabei jeweils den gemessenen pH-Wert bzw. die zugegebene Säuremenge auf der y-Achse an und benutze die x-Achse als Zeitachse. Beschrifte die Achsen.



Zeit t [s]						
pH-Wert						
zugegebene Säure [ml]						



Auswertung



Beschreibe in kurzen Worten die Ergebnisse der einzelnen Titrationen.





Wie lassen sich im Versuch „Dauerregen“ jene Bereiche erklären, in denen sich die pH-Werte trotz weiterer Säurezugabe nicht wesentlich ändern?



Begründe, warum sich der pH-Wert wieder erhöht, wenn bei der Titration des Bodens mit Säure eine Pause eingelegt wird.

F5 Wirkung von Erdölprodukten auf die Atmungsaktivität von Bodenorganismen

Hintergrund

Neben einer unmittelbaren Schädigung von Bodenorganismen unterbinden Erdölprodukte den Gasaustausch zwischen Boden und Atmosphäre. Eine ungestörte Durchlüftung ist jedoch ein wichtiges Kriterium für die biologische Unversehrtheit eines Bodens, da die verschiedenen Bodenorganismen auf eine ausreichende Versorgung mit Sauerstoff angewiesen sind. Sinkt der Sauerstoffgehalt des Bodens unter 10 Prozent, ist nur noch eine eingeschränkte Aktivität der Bodenorganismen und der Pflanzen möglich. Sinkt er unter 5 Prozent, kommt es im ungünstigen Fall zu anaeroben (Fäulnis-)Prozessen. In einem intakten Boden sinkt der Sauerstoffgehalt erst ab einer Tiefe von ca. 15 cm unter 5 Prozent.

Zum Versuchsablauf

Der Versuch soll den Schülern zeigen, welchen Einfluss Öl auf die Atmungsaktivität von

Bodenorganismen hat. Die während des Versuches zu beobachtende Verschiebung der Manometerflüssigkeit erklärt sich aus der Druckänderung innerhalb des Gefäßes durch die Sauerstoffaufnahme bzw. Kohlendioxidabgabe durch die Mikroorganismen. Das durch die Mikroorganismen abgegebene Kohlendioxid reagiert mit der Kalilauge zu Kaliumkarbonat und wird dadurch der Atmosphäre im Gefäß entzogen. Da die Aktivität der Mikroorganismen im einen Kolben nicht eingeschränkt ist, wird dort im Vergleich zum anderen mehr Sauerstoff verbraucht bzw. mehr Kohlendioxid freigesetzt und als Kaliumkarbonat gebunden. Der in diesem Kolben entstehende Unterdruck ist daher für die Verschiebung der Manometerflüssigkeit in Richtung des unbehandelten Bodens verantwortlich. Ein Ergebnis des Versuchs kann sich je nach biologischer Aktivität der Mikroorganismen schon nach wenigen Stunden, evtl. auch erst nach einigen Tagen einstellen.

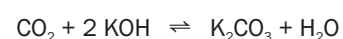


F30 | Links: Versuchsbeginn des U-Rohrexperiments: Flüssigkeit in der Mitte des Rohres.

Rechts: U-Rohrexperiment nach 12 Stunden: Flüssigkeit deutlich nach rechts verschoben. **CD**







Für das Gelingen des Versuchs ist es notwendig, dass alle Dichtungen gut sitzen, damit sich ein Unterdruck aufbauen und die Manometerflüssigkeit sich verschieben kann. Der Versuch kann alternativ auch mit einem gasundurchlässigen, durchsichtigen Plastikschlauch durchgeführt werden.

Den Schülern sollte vor Beginn des Versuches ggf. erklärt werden, welche Funktion die Kalilauge hat. Die chemische Reaktion der Umsetzung des Luft-Kohlendioxids zu Kaliumkarbonat durch die Kalilauge lautet:



Haben die Mikroorganismen noch Luft zum Atmen?

Materialien

-  2 Erlenmeyerkolben, 2 zweifach durchbohrte Stopfen
-  1 U-Rohr, 2 Gashähne, 2 kleine Reagenzgläser
-  humusreiche Garten- oder Komposterde
-  Kalilauge (konzentriert)
-  Farbstoff (Methylenblau oder Eosin)
-  Dieselöl / Altöl / Maschinenöl







ACHTUNG!! Leicht entzündliche Materialien!

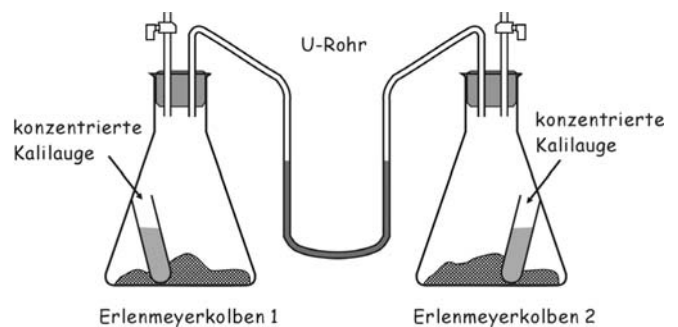


Achte nach Ende des Versuchs auf die ordnungsgemäße Entsorgung der Ölrückstände und Ölreste!



Durchführung

-  Fülle das U-Rohr zwischen den beiden Erlenmeyerkolben mit einer farbigen Sperrflüssigkeit (Eosin- oder Methylenblaulösung) auf.
-  Gib in beide Erlenmeyerkolben jeweils 50 cm³ gut durchfeuchtete humusreiche Gartenerde.
-  Versetze eine der beiden Bodenproben mit 2 ml des Erdölproduktes.
-  Stelle in beide Erlenmeyerkolben ein kleines Reagenzglas mit der konzentrierten Kalilauge.
-  Öffne zunächst die Gashähne, damit sich ein Gleichstand der Manometerflüssigkeit einstellen kann.
-  Schließe danach die Hähne und beobachte, was in den nächsten Stunden und Tagen mit dem Flüssigkeitsstand geschieht.



Kontrolliere nach einigen Stunden und danach jeden Tag, ob sich die Manometerflüssigkeit verschoben hat. Notiere deine Beobachtungen:



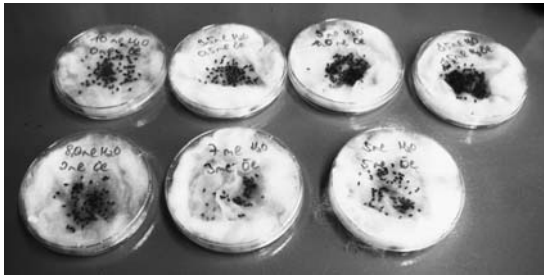


Überlege dir, warum es zur Verschiebung der Manometerflüssigkeit kommt.

F6 Wirkung von Erdölprodukten auf die Keimung von Kressesamen



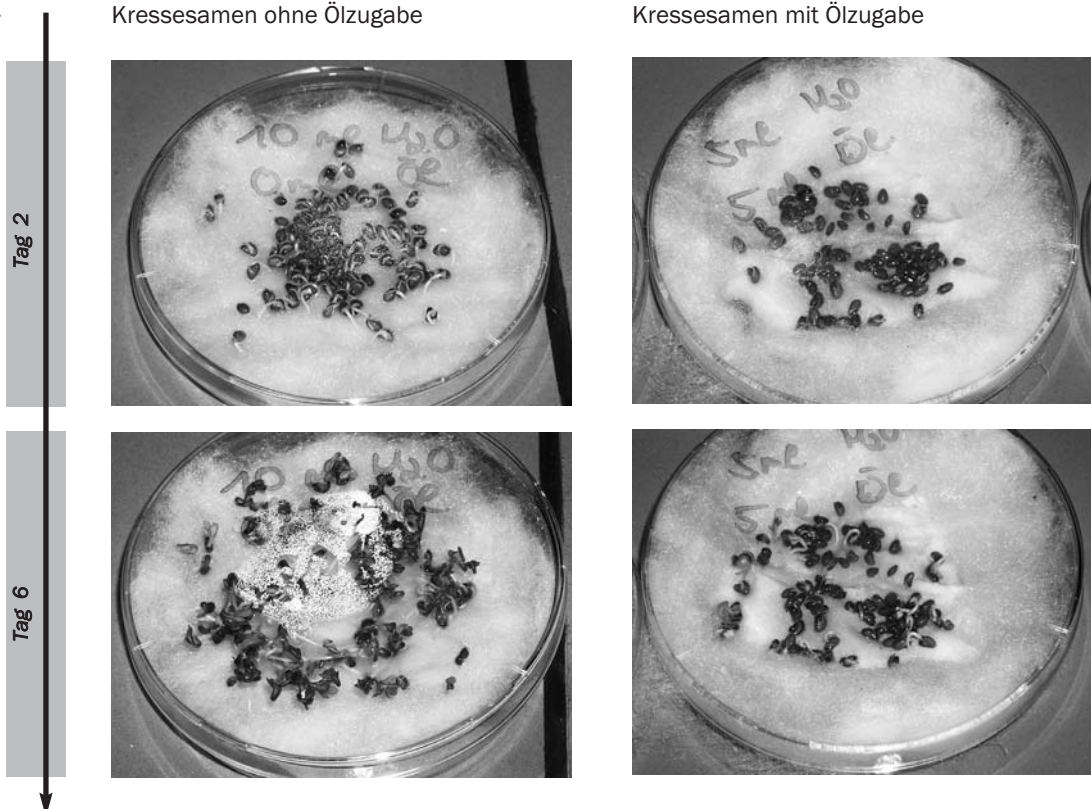
F31 | Oben: Vorbereitungen zum Versuch F6 mit Kressesamen.
Unten: Versuchsaufbau für Schüleraktivität F6.



F32 | Versuchsablauf.

Versuchsverlauf und Ergebnis:

Zeitverlauf



Hintergrund






Ebenso wie die biologische Aktivität der Bodenorganismen sind die Keimung der Pflanzen und das Wurzelwachstum von einer guten Durchlüftung des Bodens abhängig. Durch die Verunreinigung des Bodens mit Öl oder ähnlichen Stoffen sinkt daher die Keimfähigkeit von Pflanzen in Abhängigkeit von der Menge der einwirkenden Schadstoffe ab. Der hier beschriebene Versuch soll dies den Schülern anhand der reduzierten Keimfähigkeit von Kressesamen aufzeigen.

Bei der Versuchsdurchführung ist darauf zu achten, dass die zur Keimung angesetzten Kressesamen zunächst zwei Tage abgedeckt sind. Danach können sie offen aufbewahrt werden. Besteht die Gefahr der Austrocknung, muss die Watte mit Wasser besprüht werden.

Als Versuchsergebnis sollte sich qualitativ eine mit der zugegebenen Ölmenge abnehmende Keimfähigkeit der Kressesamen zeigen.

Wie beeinflusst Öl die Keimung von Pflanzen?

Materialien

-  4 Petrischalen, Watte oder Fließpapier
-  10 ml Messzylinder oder Pipetten
-  kleine Bechergläser
-  Kressesamen
-  Erdölprodukt (z. B. Maschinenöl, Heizöl, Dieselöl, Altöl, Benzin)


ACHTUNG!! Leicht entzündliche Materialien!






Achte nach Ende des Versuchs auf die ordnungsgemäße Entsorgung der verölten Watte und Ölreste.



Durchführung

-  Stelle in verschiedenen kleinen Bechergläsern 10 ml der nebenstehenden Emulsionen (Mischungen) her.

Öl	Wasser
0 ml	10 ml
1 ml	9 ml
2 ml	8 ml
5 ml	5 ml

-  Lege die 4 Petrischalen vollständig mit Watte aus. Gib in die verschiedenen Schalen jeweils 10 ml der soeben hergestellten Gemische, so dass die Watte durchfeuchtet ist.
-  Lege in jede der Petrischalen 30 Kressesamen und decke die Schalen ab.
-  Beobachte während der nächsten 7 Tage die Keimung der Kressesamen.



Protokolliere alle auftretenden Veränderungen im Keimungsverhalten im Vergleich zu derjenigen Probe, der kein Erdölprodukt zugesetzt wurde:





Gibt es Unterschiede in der Keimungsrate, der Keimungslänge oder im Wachstum? Beschreibe diese.

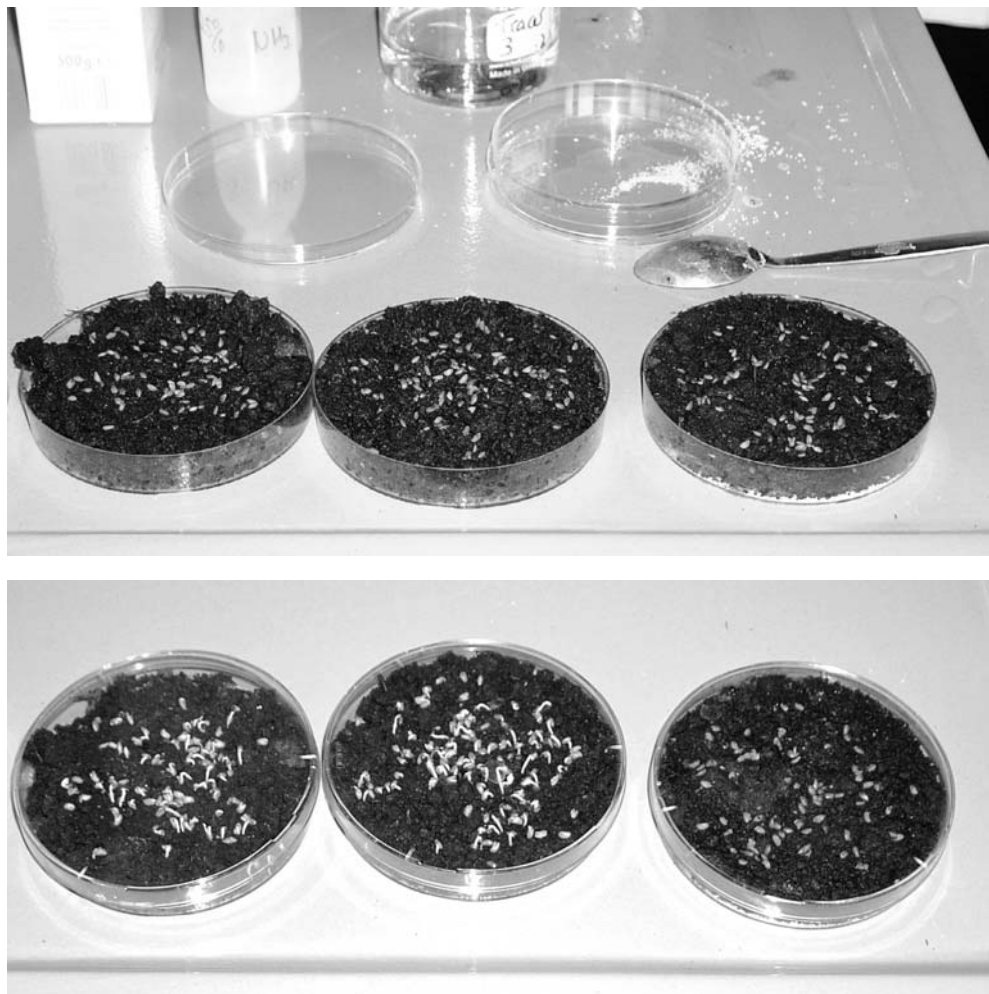
F7 Einfluss von (Streu-) Salz auf die Keimwirkung von Pflanzen

Hintergrund

Neben Belastungen durch Schwermetalle, Erdölprodukte oder sonstige Schadstoffe sind Böden auch durch Salze gefährdet. Besonders im Zuge des erforderlichen winterlichen Streusalzeinsatzes gelangen zum Teil größere Mengen vor allem in Form von Natriumsalzen (NaCl bzw. Kochsalz) in die straßen nahen Böden. Durch das Streusalz werden vor allem die Böden im Abstand von etwa 5–10 m Entfernung von der Straße belastet. Die Zufuhr von Kochsalz in den Boden führt dazu, dass vorwiegend Mg- und Ca-Ionen durch die Na-Ionen von den Austauscherplätzen des Bodens verdrängt und damit in tie-






feren Bodenschichten ausgewaschen werden. Dort stehen sie den Pflanzen nicht mehr zur Verfügung, wodurch an Straßenrändern oftmals typische Salzsymptome wie verzögerter Blattaustrieb, Blattnekrosen (eine Nekrose ist das lokale Absterben von Geweben oder Organen und tritt normalerweise zuerst als Verfärbung auf; nekrotische Flecken auf Blättern können schließlich ausbrechen und dabei Löcher hinterlassen) und in extremen Fällen auch das Absterben von Pflanzen festzustellen sind. Darüber hinaus ist durch die Veränderung der osmotischen Verhältnisse die Wasseraufnahmefähigkeit der Pflanzen stark beeinflusst.

F33 | *Oben: Kressesamen
Tag 1: Mittlere Petri-
schale ohne Salz, linke
mit einer Messerspitze
Salz, rechte mit einem
Teelöffel Salz.
Unten: Kressesamen
Tag 3: Mittlere Petri-
schale ohne Salz, linke
mit einer Messerspitze
Salz, rechte mit einem
Teelöffel Salz.*






Was bewirkt das Salz im Boden?

Materialien

-  Blumenerde oder Komposterde
-  3 Petrischalen
-  Kressesamen
-  Kochsalz
-  Wasser


Durchführung

-  Gib in die erste Petrischale einen gehäuften Teelöffel Kochsalz, in die zweite Petrischale nur eine Messerspitze davon. Lasse die dritte Schale salzfrei.
-  Fülle die drei Petrischalen gleichmäßig mit Erde auf und gieße vorsichtig Wasser hinzu, bis die Erde gleichmäßig durchfeuchtet ist.
-  Verteile auf jede Petrischale 20 Kressesamen und stelle sie anschließend an einen sonnigen Platz. Achte darauf, dass die Erde nicht austrocknet! Gieße gegebenenfalls etwas Wasser nach.



-  Überlege dir, welches Ergebnis sich nach einigen Tagen einstellen wird.



-  Beobachte die Keimfähigkeit der Kressesamen, deren Bodensubstrat eine jeweils andere Menge an Salz zugeführt worden ist.



-  Überprüfe jeden Tag das Wachstum der Kressesamen.



-  Notiere deine Ergebnisse in der Tabelle.



	Gefäß 1 (1Teelöffel Salz)	Gefäß 2 (Messerspitze)	Gefäß 3 (salzfrei)
1. Tag			
2. Tag			
3. Tag			
4. Tag			
5. Tag			
6. Tag			
7. Tag			
8.Tag			

F8 Umweltdetektive ermitteln mögliche Schadstoffquellen

Hintergrund

Die meisten bodenrelevanten Schadstoffe entstammen verschiedenen Quellen und werden indirekt über die Atmosphäre oder direkt auf den Boden aufgetragen. Von dort können sie mit dem Niederschlagswasser in den Boden und weiter mit dem Sickerwasser in tiefere Bodenschichten verlagert werden. Auf diesem Weg können sie ihre vielfältigen Schädwirkungen entfalten, die von der Versauerung des Bodens bis zur toxischen Wirkung auf Bodenflora und -fauna reichen können.

In einem fiktiven Fall wurden in einem Boden verschiedene Schadstoffe (siehe Schadstoffgruppen) gefunden. Da nicht bekannt ist, wer für die Verunreinigung des Bodens verant-

wortlich ist, muss untersucht werden, woher die verschiedenen gefundenen Schadstoffe stammen und auf welche Art und Weise sie von den Quellen in den Boden gelangt sind. Um zusätzlich feststellen zu können, welche potenziellen Gefahren durch die Schadstoffe zu erwarten sind und welche Gegenmaßnahmen ergriffen werden müssen, ist es notwendig, die Auswirkungen der Stoffe im Boden zu kennen.

Um diese Fragen beantworten zu können, sollen die Schüler die Quellen der wichtigsten Bodenschadstoffe recherchieren (z. B. in Internet oder Fachliteratur) und die besonderen Schädwirkungen der einzelnen Stoffe auf Boden, Mensch und Organismen erarbeiten.

Schadstoffgruppen	Quellen	Auswirkungen im Boden
Atmosphärische Säurebildner Schwefeldioxid (SO ₂) Stickstoffverbindungen (NO _x)	Verbrennung fossiler Brennstoffe durch Industrie, Verkehr und Heizkraftwerke	Umwandlung mit Wasser zu starken Säuren → Versauerung des Bodens
Schwermetalle Blei (Pb) Cadmium (Cd) Zink (Zn) Kupfer (Cu)	Kfz-Verkehr, Mineraldünger, Klärschlamm, Verbrennung fossiler Brennstoffe, Industrie, Pflanzenschutzmittel	Bei abnehmendem pH-Wert: Zunahme der Schwermetall-Löslichkeit <ul style="list-style-type: none"> • Pflanzenverfügbarkeit • Toxische Wirkung auf Mikroorganismen
Salze Kaliumchlorid (KCl) Kochsalz (NaCl)	Dünger, Streusalze	Hemmung der Wasser- und Nährstoffaufnahme der Pflanzen, Austausch von Ca- und Mg-Ionen durch Na-Ionen und Auswaschung der Nährstoffe
Organische Schadstoffe Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) Chlorierte Kohlenwasserstoffe (CKW)	PAK: Verbrennung fossiler Brennstoffe CKW: Industrie, Gewerbe	Ökotoxikologische Wirkung, Grundwassergefährdung (CKW)

Tabelle | Rechercheergebnis einer Schülerarbeit.

F9 Luftschadstoffe und ihr Weg in den Boden

Luftschadstoffe sind alle Schadstoffe, die über den Luftweg auf die Umwelt einwirken können. Schadstoffquellen, Transportwege bzw. Luftpfade und Eintrag in die verschiedenen Kompartimente der Ökosysteme sind dabei sehr vielfältig, wie auch die Wirkungen der Schadstoffe auf diese. Text und Darstellung der Schüleraktivität stellen schematisch vor allem die Hauptemittenten (z. B. Industrie und Kraftfahrzeugverkehr; dazu auch Diagramme der Abbildung F4 und F5 der Sachinformation Modul F Schadstoffe) und die Depositionswege der Schadstoffe dar.

Die wichtigsten Informationen, die für das Verständnis des Schaubildes erforderlich sind, liefert der vorangestellte Text. An diesem können sich die Schüler die Grundlagen selbst erarbeiten und anschließend das Erlernte durch Einsetzen der fehlenden Begriffe in die Abbildung vertiefen bzw. überprüfen. Das Arbeiten mit dem Text und dem Schaubild kann durch eine Diskussion über Einzelaspekte des Schaubildes erweitert werden (z. B. über die Wirkungen der eingetragenen Schadstoffe auf die Ökosysteme). Hier kann sich z. B. zunächst eine Internet-Recherche anschließen.

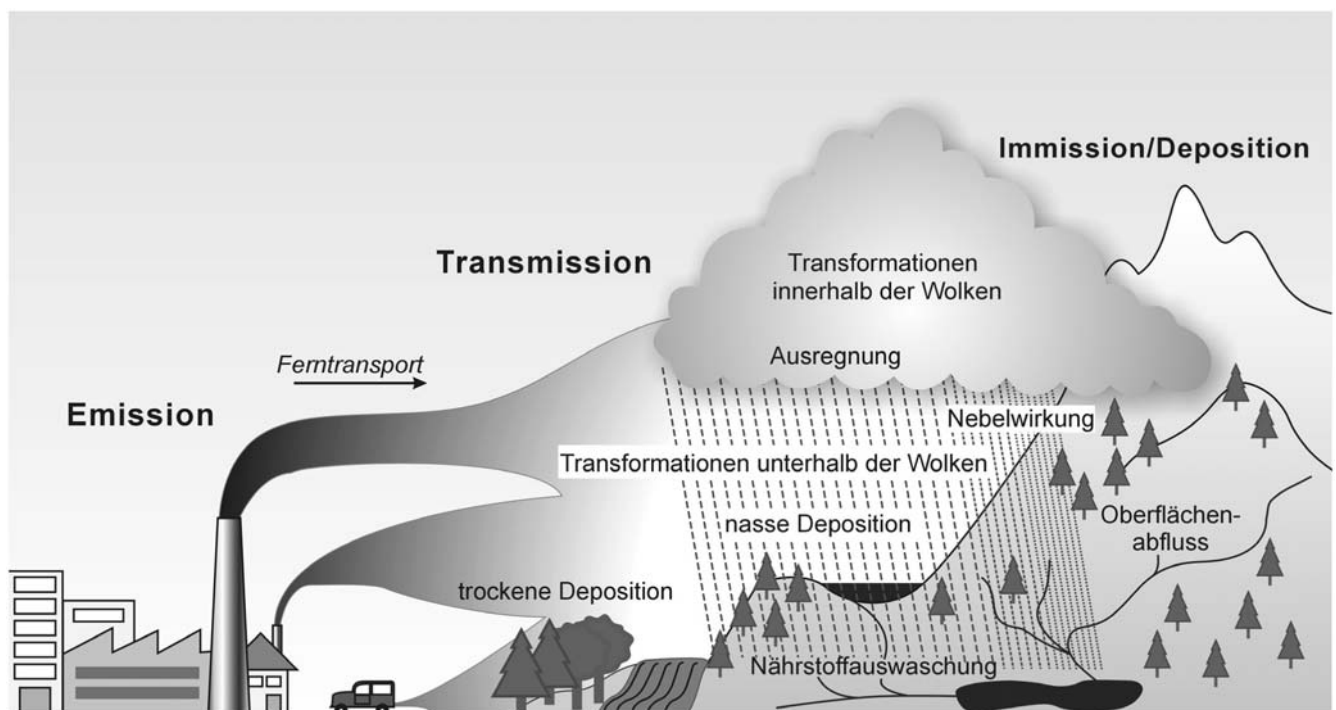


Das Arbeiten mit dem Text kann nach zur Verfügung stehender Zeit und je nach Jahrgangsstufe durch die Interpretation und Diskussion unter anderem der Diagramme zu den Emissionswerten von Schwefeldioxid und Stickoxiden der vergangenen Jahre ergänzt werden (↗ dazu die Abbildungen F4 und F5, ► Modul F Schadstoffe).

F34 | Durch strenge gesetzliche Auflagen konnte die Emission von Luftschadstoffen in den vergangenen Jahren teilweise stark reduziert werden.

CD | Arbeitsblattvorlage und Lösung.

Lösung:



Vom Verursacher über die Luft in den Boden

Die Hauptquellen vom Menschen verursachter Schadstoffemissionen sind die zahlreichen Verbrennungsprozesse, die in Industrie, Gewerbe, Haushalt und motorisiertem Verkehr ablaufen.

Die Luftschadstoffe werden dabei meist als Gase oder feinste Stäube in die Atmosphäre abgegeben (Emission) und wandeln sich dort in komplexen physikalisch-chemischen Reaktionen mit den Bestandteilen der Atmosphäre zu den eigentlichen Luftverunreinigungen um. Diese so genannte Transformation beeinflusst die natürlichen Stoffkreisläufe der Spurengase sowie die Zusammensetzung der gesamten Atmosphäre. Durch den mit den Luftströmungen weiten Transport der Schadstoffe über den Luftweg (Transmission) kann es zum großflächigen Eintrag der Schadstoffe in unsere Böden und zur Belastung unserer Gewässer kommen.

Die Ablagerung der Luftschadstoffe aus der Atmosphäre auf alle natürlichen und künstlich geschaffenen Oberflächen, damit auch in unsere Böden und Gewässer, nennt man Deposition (auch Immission). Hierbei unterscheidet man zwischen der nassen und der trockenen Deposition. Von nasser Deposition spricht man, wenn die Schadstoffe im Regen- oder Schneeniederschlag gelöst sind und mit dem Niederschlag eingetragen werden. Auch die Deposition aus dem Nebel gehört zur nassen Deposition. Bei der trockenen Deposition setzen sich die Schadstoffe als Feststoffe (meist Feinstäube) ab oder werden als Schwebstoffe (Aerosole, z. B. feinste Wassertropfchen mit Feinstaubteilchen oder Gasteilchen) von den Oberflächen adsorbiert und besonders von der Vegetation absorbiert. Bei Partikelgrößen über 10 µm (0,01 mm) setzen sich die Schadstoffe aufgrund ihrer Masse meist durch Sedimentation ab, während bei kleineren Partikeln und besonders bei gasförmigen Schadstoffen die komplexeren Adsorptions- und Absorptionsprozesse bedeutsam sind.

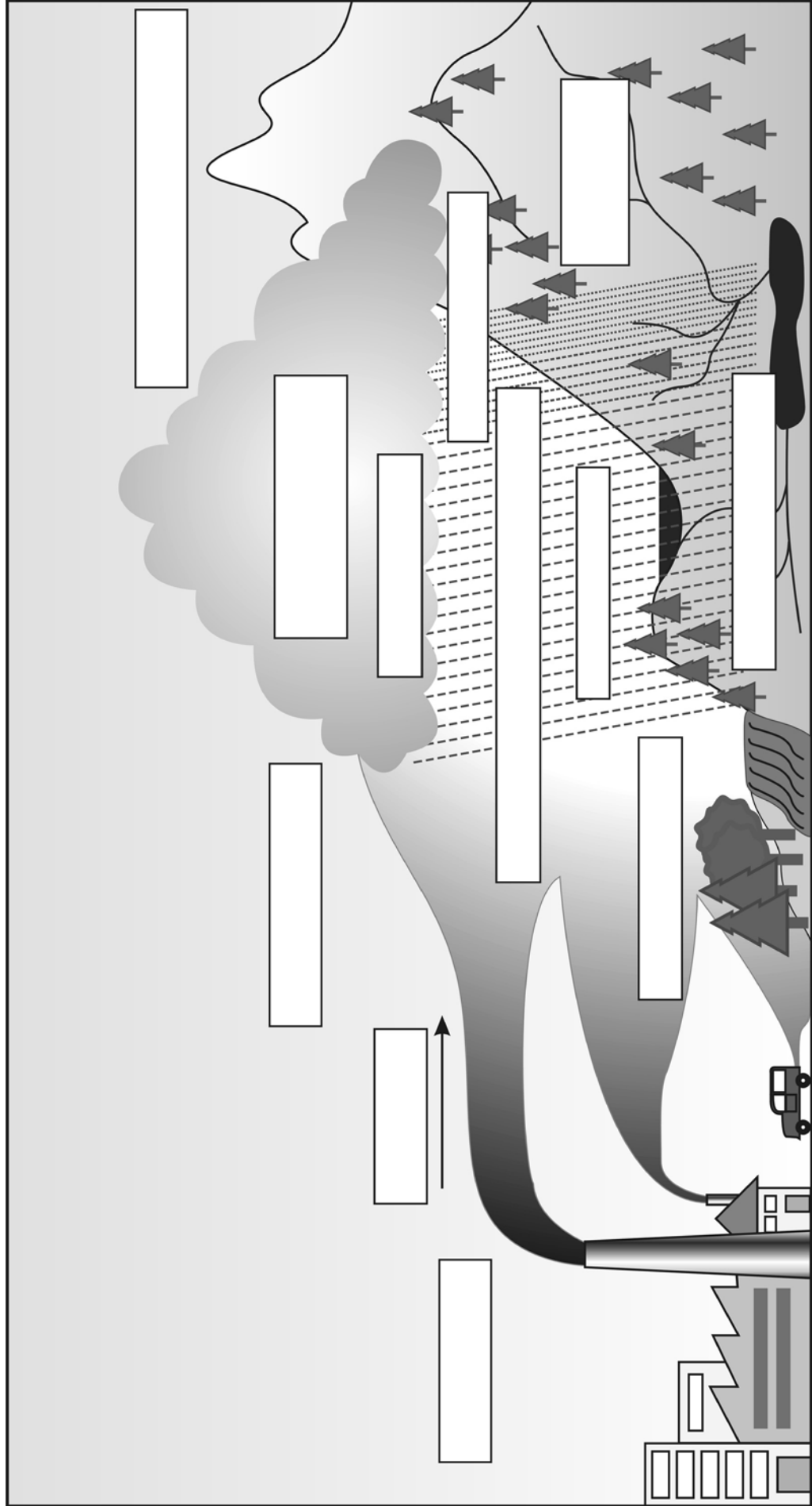
Während ihres Transportes über den Luftweg bzw. die Atmosphäre können die Schadstoffe aus einer trockenen, gasförmigen Phase in eine flüssige Phase übertreten, bevor sie auf die Erdoberfläche gelangen. Gehen sie dabei saure Verbindungen ein (z. B. SO_2 zu H_2SO_4), wird dies als saurer Regen bezeichnet, der eine Form der nassen Deposition ist. Gelangen über die nasse Deposition Säuren in den Boden, kann es zu Nährstoffauswaschungen mit negativen Folgen für die Bodenfruchtbarkeit und zur Auswaschung von Schwermetallen in das Grundwasser kommen. Bei Eintrag der Schadstoffe über Niederschläge an stark geneigten Hängen gelangen diese in größeren Mengen über den Oberflächenabfluss direkt in Bäche, Flüsse und Seen. Besonders wenn der Boden die mit dem Sickerwasser eingetragenen Schadstoffe nicht mehr filtern oder abpuffern kann, fließen diese mit dem unterirdischen Hang- und dem Quellwasser ebenfalls unseren Gewässern zu.



Informiere dich in dem abgedruckten Text über die Möglichkeiten des Schadstofftransportes und der Schadstoffdeposition.

Trage die folgenden Begriffe in die leeren Kästchen ein. Unterstreiche die Schlüsselbegriffe im Text.

„Emission“, „Transmission“, „Immission/Deposition“, „Ferntransport“, „trockene Deposition“, „nasse Deposition“, „Ausregnung“, „Nebelwirkung“, „Transformation innerhalb der Wolken“, „Transformation unterhalb der Wolken“, „Nährstoffauswaschung“, „Oberflächenabfluss“.



Herausgeber

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