

Untersuchung der Pflasterfugenvegetation – abiotische Faktoren

Theoretische Grundlagen der Versuche

Vorbemerkung

Die im Rahmen dieser Unterrichtseinheit untersuchten Pflasterfugenbereiche können von Schulstandort zu Schulstandort sehr stark variieren. Es ist deshalb nicht möglich, für die einzelnen Versuche konkrete Lösungsvorschläge anzugeben. In den entsprechenden Dateien zu den Versuchen (Datei 20413_korngrössenzusammensetzung und folgende) findet man am Ende Hinweise sowie Werte und Angaben, die sich auf das in den Dateien dargestellte Beispiel beziehen. Diese Angaben sollen den Lehrkräften Orientierung und Unterstützung bei der Durchführung und Auswertung der Versuche geben. Eine Materialliste ist am dieser Datei zu finden.

Allgemeines

Die Eigenschaften des Substrats einer Untersuchungsfläche haben Einfluss auf die vorkommenden Pflanzenarten. Die beschriebenen Versuche decken folgende Eigenschaften ab:

1. Bodenart (Korngrössenzusammensetzung)
2. Bodenverdichtung
3. pH-Wert
4. Kalkgehalt
5. Bodenfeuchtigkeit (Trockenmasse; Wasserspeichervermögen)
6. Salzgehalt
7. Nitratgehalt

Ausgehend von den Versuchen sollen Zusammenhänge zwischen den Eigenschaften des Pflasterfugenmaterials und den in den Pflasterfugen vorkommenden Pflanzenarten hergestellt werden. Dabei spielen auch die von Ellenberg aufgestellten Zeigerwerte eine Rolle und können eine grobe Orientierung geben. Neben den klimatischen Faktoren (Licht, Temperatur, Kontinentalität) sind hierbei die Bodenfaktoren von Bedeutung:

- Feuchtezahl (F-Zahl), bewertet das Vorkommen von Pflanzen in trockenen bis zu nassen Böden (bzw. im Wasser lebend)
- Reaktionszahl (R-Zahl) bewertet das Vorkommen von Pflanzen in Bezug auf den Säure- bzw. Basengehalt des Bodens
- Stickstoffzahl (N-Zahl) bewertet das Vorkommen von Pflanzen in Bezug auf die Verfügbarkeit von Stickstoff (NO_3^- und/oder NH_4^+)
- Salzzahl (S-Zahl) bewertet das Vorkommen von Pflanzen in Bezug auf die im Boden vorhandene Chloridionen-Konzentration.

1. Bodenart (Korngrössenzusammensetzung)

Allgemeines

Böden bestehen aus einem Gemisch von (Kies-), Sand-, Schluff- und Tonteilchen, die sich in ihrer Korngröße unterscheiden. Aufgrund der jeweiligen Zusammensetzung des Gemischs ergeben sich unterschiedliche Bodenarten. Sie werden nach der vorherrschenden Kornfraktion benannt, also „Sand“, „Schluff“ oder „Ton“. Liegt ein Gemisch aus Sand, Schluff und Ton vor, spricht man von der Bodenart „Lehm“.

Bodenart	Durchmesser
Ton	< 0,002 mm
Schluff	0,002 mm – 0,063 mm
Sand	0,063 mm – 2 mm

Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Bodenart> (verändert)

Tabelle 1: Korngrößen

Je nach Korngrößen ergeben sich unterschiedlich große Hohlräume zwischen den Teilchen. Dies hat Einfluss auf die Durchlüftung und die Wasserführung des Bodens, wodurch wiederum die Durchwurzelbarkeit des Bodens beeinflusst wird.

Sandboden ist aufgrund vorhandener Hohlräume gut durchlüftet, Wasser wird gut weitergeleitet. Dadurch werden Mineralstoffe relativ leicht ausgewaschen. Der Boden trocknet deshalb nach einem Regen schnell aus.

Schluff kann sowohl Mineralstoffe aber auch Wasser gut binden. Staunässe tritt nur auf, wenn Schluffboden verdichtet ist.

Tonboden kann eine große Menge Wasser aufnehmen. Da die Wassermoleküle jedoch sehr gut an den Bodenpartikeln haften, stehen sie den Pflanzen nur zum Teil zur Verfügung. Außerdem entsteht nach einem Regen häufig Staunässe, da das Wasser schlecht weitergeleitet wird. Zusammen mit den kleinen Poren, die eine schlechte Durchlüftung des Bodens zur Folge haben, ergeben sich für Pflanzen ungünstige Wachstumsbedingungen.

Lehmboden speichert im Vergleich zu anderen Bodenarten Wasser und Nährstoffe besser. Allerdings ist die Durchlüftung eines Lehmbodens gering und kann so eine schlechtere Sauerstoffversorgung der Wurzeln zur Folge haben.

Folgende Tabelle zeigt weitere verschiedene Eigenschaften in Bezug auf die Bodenart:

Eigenschaft/Bodenart	Sand	Schluff	Ton	Lehm
Mineralstoffspeicherung	--	-	++	+
Mineralstoffnachlieferung	-	+	+	++
Wasserkapazität	--	+	++	++
Wassernachlieferung	-	++	-	+
mechanische Filterung	+	++	-	+
Bodenentwässerung	++	--	-	±

Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Bodenart> (verändert)

Tabelle 2: Eigenschaften des Bodens in Abhängigkeit von der Bodenart

Weitere Infos zur Korngrößenzusammensetzung: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/kleine-bodenkunde/entwicklung-des-bodens>

Legende:

Signatur	Bedeutung
++	sehr gut (sehr hoch)
+	gut (hoch)
±	befriedigend (mittel)
-	schlecht (wenig)
--	sehr schlecht (sehr wenig)

Hinweise zum Versuch

Die Ermittlung der Korngrößenzusammensetzung kann mit Hilfe der Schlämmanalyse erfolgen. Dabei nutzt man die unterschiedliche Dichte bzw. Sinkgeschwindigkeit der verschiedenen Bestandteile aus. Sie ist von der Korngröße bzw. der Radien abhängig. Die verschiedenen Substratbestandteile lagern sich im Verlauf mehrerer Stunden schichtweise am Boden des Standzylinders ab (Sandteilchen - Schluffteilchen - Tonteilchen). Aus der Mächtigkeit der einzelnen Fraktionen kann man den prozentualen Anteil an der Gesamtmenge ermitteln.

Der Versuch sollte in der 1. Doppelstunde angesetzt werden, die Auswertung erfolgt nach einem Tag (das überstehende Wasser sollte möglichst klar sein) bzw. zu Beginn der 2. Doppelstunde.

Falls genügend Material vorhanden ist, kann der Versuch auch in größerem Maßstab z.B. in einem Messzylinder angesetzt werden. Der Einsatz einer Handzentrifuge zur Beschleunigung des Absinkens ist nicht zu empfehlen, da man keine befriedigende Schichtenabfolge erhält.

Die Korngrößenzusammensetzung könnte auch mithilfe eines Siebsatzes (Siebe mit verschiedenen definierten Maschenweiten) erfolgen. Eventuell ist ein Siebsatz im Fachbereich „Geografie“ an den Schulen vorhanden.

Für einige Bodenarten findet man in Pflasterfugen typische Pflanzen. In der Tabelle sind diese Arten aufgeführt. Sie bevorzugen eine spezielle Bodenart bzw. kommen mit ihr besser zurecht als andere Arten.

Bodenart	typische Pflanzen der Pflasterfugen
Kies	Dach-Trespe, Kahles Bruchkraut, Kleines Liebesgras
Sand	Dach-Trespe, Gefleckte Zwergwolfsmilch, Gehörnter Sauerklee, Gemüse-Portulak, Gewöhnlicher Reiherschnabel, Gewöhnliches Hundszahngras, Kahles Bruchkraut, Kleines Liebesgras, Rotes Straußgras, Steifer Sauerklee, Vogelknöterich
Ton	Ackerwinde, Breit-Wegerich, Deutsches Weidelgras, Echte Nelkwurz, Einjähriges Rispengras, Gänse-Fingerkraut, Gemeine Quecke, Gewöhnlicher Löwenzahn, Gewöhnliches Hornkraut, Herbst-Löwenzahn, Kompass-Lattich, Kriechender Hahnenfuß, Liegendes Mastkraut, Strahlenlose Kamille, Weiß-Klee, Zarte Binse
Lehm	Ackerwinde, Blutrote Fingerhirse, Breit-Wegerich, Deutsches Weidelgras, Echte Nelkwurz, Einjähriges Rispengras, Feinstrahl-Berufkraut, Gänse-Fingerkraut, Gehörnter Sauerklee, Gemeine Quecke, Gemüse-Portulak, Gewöhnlicher Löwenzahn, Gewöhnlicher Mauerlattich, Gewöhnlicher Reiherschnabel, Gewöhnliches Hirtentäschel, Gewöhnliches Hornkraut, Herbst-Löwenzahn, Hopfen-Luzerne, Knoblauchsrauke, Kompass-Lattich, Kriechender Hahnenfuß, Lanzett-Kratzdistel, Liegendes Mastkraut, Raue Gänsedistel, Rotes Straußgras, Schöllkraut, Steifer Sauerklee, Spitz-Wegerich, Stinkender Storchschnabel, Strahlenlose Kamille, Taube Trespe, Vogelknöterich, Vogel-Sternmiere, Weiß-Klee, Zarte Binse

Tabelle 3: Übersicht über ausgewählte Pflanzenarten und ihre präferierte Bodenart

2. Bodenverdichtung

Allgemeines

Unter der Bodenverdichtung versteht man das Zusammenpressen der Bodenbestandteile unter Druck. Neben Stellen, die häufig von Menschen oder Tieren betreten werden, kommt es vor allem in Bereichen, in denen Fahrzeuge abgestellt werden, zur Verdichtung des Bodens. Hier kann Niederschlag schlechter in den Boden dringen und fließt oberflächlich ab. Eine verstärkte Bodenerosion kann die Folge sein.

Das Ausmaß der Bodenverdichtung ist abhängig von der Bodenart und der Bodenfeuchte. Bei verdichteten Böden wurden viele Hohlräume zwischen den Bodenbestandteilen zusammengedrückt. Dies passiert bei feuchten Böden leichter als bei trockenen, da feuchte Bodenbestandteile eher aneinander vorbei gleiten können. Feuchte Böden lassen sich deshalb schneller verdichten. Als Folge einer Verdichtung zirkulieren Wasser und Luft schlechter im Boden und die Sauerstoffversorgung der Wurzeln und Bodenorganismen ist reduziert. Da zusätzlich die Durchwurzelung des verdichteten Bodens verringert ist, ergeben sich für Pflanzen schlechtere Wachstumsbedingungen.

Weitere Infos zur Bodenverdichtung unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/bodenbelastungen/verdichtung#textpart-1>

Hinweise zum Versuch

Für den Verdichtungsgrad eines Bodens gibt es keine festgelegten Werte. Die SuS können die Verdichtung ihrer Untersuchungsstelle durch den Vergleich mit nicht-verdichteter Erde bzw. den Untersuchungsstellen der anderen Gruppen vergleichend abschätzen. Möglich wäre, nicht-verdichtete Erde in einem Eimer bzw. großen Becherglas für alle Gruppen zur Verfügung zu stellen. Dieser Vergleichsversuch könnte auch als Lehrerversuch durchgeführt werden. Mit Hilfe eines angespitzten Metallstabes kann die Verdichtung ermittelt werden. Je tiefer der Metallstab in das Substrat der Pflasterfugen eindringen kann, desto geringer ist die Verdichtung. Um die ermittelten Werte vergleichen zu können, ist wichtig, dass die Fallhöhe bei allen Versuchen/Gruppen möglichst identisch ist.

Folgende Pflanzenarten sind typisch für Bereiche mit Trittbelastung bzw. Verdichtung:

Breit-Wegerich

Einjähriges Rispengras

Gänse-Fingerkraut

Herbst-Löwenzahn

Kriechender Hahnenfuß

Liegendes Mastkraut

Strahlenlose Kamille

Weiß-Klee

3. pH-Wert

Allgemeines

Der pH-Wert ist eine charakteristische Größe für die Qualität eines Bodens. Die saure bzw. alkalische Wirkung einer Bodenlösung wird auch als „Bodenreaktion“ bezeichnet und lässt Aussagen über die Verfügbarkeit von Mineralstoffen und somit über die Vegetationsbedingungen zu.

Der pH-Wert beruht auf der Konzentration an positiv geladenen Wasserstoff-Ionen (H^+ -Ionen) in der Lösung und ist als negativer 10er-Logarithmus der H^+ -Ionen-Konzentration definiert. Vermutlich wird

den SuS aus dem Chemieunterricht eher der Begriff „Oxonium-Ion“ bekannt sein, weshalb es sich anbietet, diesen (statt Wasserstoff-Ion) zu benutzen.

In der pH-Wert-Skala von 0 – 14 beschreiben pH-Werte < 7 saure Lösungen, pH-Werte > 7 alkalische Lösungen. Bei pH = 7 wird eine Lösung als neutral bezeichnet. Diese Werte werden näherungsweise zur Charakterisierung von Böden benutzt.

In Böden Mitteleuropas liegen die pH-Werte zwischen 3 und 8, die meisten Böden zeigen allerdings eine leicht saure Reaktion (pH 5 – 7). In diesem Bereich ist die Verfügbarkeit vieler Mineralstoffe (Pflanzennährstoffe) besonders gut (siehe Tabelle). Mineralstoffe bzw. Metall-Ionen sind für Pflanzen von Bedeutung, da sie z.B. Bestandteile von Enzymen sind. Ein Mangel kann somit zu Störungen im Stoffwechsel führen.

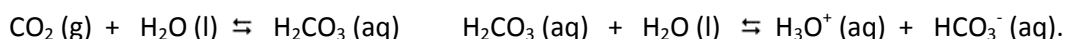
Die Tabelle zeigt die Bereiche hoher Verfügbarkeit verschiedener Mineralstoffe in Abhängigkeit des pH-Wertes:

Verbindungen enthalten folgende Elemente:	sauer			neutral			basisch			
	4	4,5	5,5	6	6,5	7,5	8	8,5	9,5	10
Stickstoff, N										
Phosphor, P										
Kalium, K										
Calcium, Ca										
Magnesium, Mg										
Schwefel, S										
Eisen, Fe										
Kupfer, Cu										
Zink, Zn										

Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Boden-pH#N%C3%A4hrstoffverf%C3%BCgbarkeit_in_Abh%C3%A4ngigkeit_vom_Boden-pH (verändert)

Tabelle 4: Verfügbarkeit verschiedener Mineralstoffe in Abhängigkeit des pH-Wertes

Durch Stoffwechselprozesse (z.B. Atmung) der Bodenlebewesen, bei denen Kohlenstoffdioxid entsteht, kommt es als Folge durch chemische Reaktion zur Freisetzung von H⁺-Ionen (bzw. H₃O⁺-Ionen) im Boden:



Daneben führen Niederschläge, aber auch das Vorkommen organischer Säuren sowie die Ausbringung saurer Dünger (z.B. Ammoniumsulfat), zu einer zusätzlichen Erhöhung der H⁺-Ionen-Konzentration und somit zur Versauerung des Bodens. Eine fortschreitende Versauerung hat Einfluss auf das Pflanzenwachstum und führt zur Schädigung von Pflanzen. Vorhandener Kalk (Calciumcarbonat) im Boden wirkt der Bodenversauerung entgegen. Durch die Pufferwirkung des Carbonats wird der pH-Wert konstant gehalten.

Hinweise zum Versuch

Zur Bestimmung des pH-Wertes werden Teststäbchen benutzt. Durch Farbänderung und Vergleich mit Hilfe einer Vergleichsskala wird der pH-Wert ermittelt. Ausgehend davon kann die Charakterisierung des Materials in Bezug auf den pH-Wert vorgenommen werden.

pH- Wert	Bezeichnung des Bodens
< 3	stark sauer
3,0- 5,0	sauer
5,1- 6,0	mäßig sauer
6,1 – 6,8	schwach sauer
6,9- 7,2	neutral
> 7,2	basisch

Tabelle 5: Bestimmung des pH-Wertes von Böden

Eine Ergänzung zur pH-Wert-Bestimmung bietet der Versuch „Einfluss des pH-Wertes auf die Keimung und das Wachstum von Kressesamen“ (Anleitung siehe Datei 20421)

Die Anleitung kann an SuS, die deutlich schneller als die anderen sind, ausgegeben werden. Eventuell besteht die Möglichkeit, die Versuche als Hausaufgabe bearbeiten zu lassen. Auch die Bearbeitung im Rahmen einer GFS wäre denkbar.

Folgende Arten der Pflasterfugen gedeihen bevorzugt auf sauren bzw. basenreichen Böden:

Böden mit saurem pH-Wert	Böden mit basischem pH-Wert
Blutrote Fingerhirse, Gewöhnliches Hornkraut, Kleines Liebesgras, Rotes Straußgras	Ackerwinde, Dach-Trespe, Deutsches Weidelgras, Gänse-Fingerkraut, Gemeine Quecke, Gemüse-Portulak, Gewöhnlicher Reiherschnabel, Hopfen-Luzerne, Kompass-Lattich, Quendel-Sandkraut

4. Kalkgehalt

Allgemeines

Kalk (Calciumcarbonat (CaCO_3)) trägt maßgeblich zum pH-Wert des Bodens und damit zur Boden-Qualität bei. Die meisten Pflanzen benötigen zur Aufnahme von Mineralstoffen einen pH-Wert im Bereich von 5 bis 7,5. Durch die chemische Bindung von H^+ -Ionen, die dem Boden durch Regen oder Düngung zugeführt werden, wirkt Kalk einer Versauerung des Bodens entgegen. Auf kalkreichen Böden kann aufgrund des hohen pH-Wertes die Verfügbarkeit einiger Spurenelemente (z.B. Eisen, Magnesium, Mangan, Kupfer, Zink) verringert sein. Dagegen wird durch einen höheren Gehalt an Calciumcarbonat das Wachstum der Bodenorganismen gefördert. Durch ihre Tätigkeit werden die Bodeneigenschaften verändert – er wird lockerer und besser durchlüftet. Auch die Wasserspeicherfähigkeit verbessert sich dadurch.

Hinweise zum Versuch

Der Kalk-Nachweis erfolgt durch die Zugabe von Salzsäure. Bei der ablaufenden Reaktion entsteht unter Aufbrausen gasförmiges Kohlenstoffdioxid. Je nach Kenntnisstand der SuS kann die Wortgleichung oder das Reaktionsschema in Formelschreibweise erwartet werden.



Aus der Intensität des Aufbrausens kann so auf die ungefähre Menge an Kalk (Calciumcarbonat) in der Probe geschlossen werden (siehe Tabelle 6).

Zur Verdeutlichung bzw. zum Vergleich der Reaktion mit Salzsäure kann ein Stück kalkhaltigen Gesteins (z. B. Kreide, Muschelkalk, Jura) ausgelegt werden.

Beobachtete Reaktion	Ungefäher Kalkgehalt
kein/sehr schwaches Aufbrausen	< 1 %
schwaches Aufbrausen	1 – 3 %, kalkarm
deutliches, kurzes Aufbrausen	3 - 5%, kalkhaltig
länger anhaltendes Aufbrausen	> 5%, kalkreich

Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Kalkhaltiger_Boden (verändert)

Tabelle 6: Bestimmung des Kalkgehalts

Arten der Pflasterfugen, die kalkreiche Böden bevorzugen:

Dach-Trespe

Kohl-Gänsedistel

5. Bodenfeuchtigkeit (Trockenmasse / Wasserspeichervermögen)

Allgemeines

Die Feuchtigkeit im Boden wird durch Niederschläge, Grundwasser und den Verbrauch von Wasser durch Pflanzen bestimmt. Ein Teil des Wassers, der durch Niederschläge in den Boden eindringt, wird entgegen der Schwerkraft vom Boden festgehalten und bleibt haften. Der Boden besitzt somit ein bestimmtes Wasserspeichervermögen.

Wie feucht ein Boden ist, wird durch die so genannte „Bodenfeuchte“ ausgedrückt. Sie kann in Stufen von „nass“ bis „trocken“ eingeteilt werden. Die unterschiedlich feuchten Böden zeigen charakteristische Eigenschaften (siehe Tabelle 7).

Das Wasserspeichervermögen eines Bodens hängt unter anderem von der Korngrößenzusammensetzung sowie der Größe und Anzahl der Poren im Boden ab und steigt in der Regel mit zunehmender Feinkörnigkeit des Bodens. Die maximale Wassermenge, die gespeichert werden kann, wird als maximale Wasserkapazität bezeichnet. Für die Vegetation ist die Wassermenge von Bedeutung, die ein Boden etwa zwei bis drei Tage halten kann. Man nennt sie Feldkapazität.

Bezeichnung	Eigenschaft
trocken	eine Bodenprobe fühlt sich trocken an; der Boden besteht meist aus feinen, trockenen Sandkörnern
frisch	eine Bodenprobe fühlt sich feucht an, sie ist zwar formbar, aber bröseln leicht
feucht	eine Bodenprobe fühlt sich deutlich feucht an und ist mit der Hand formbar, ohne zu zerbröseln
nass	eine Bodenprobe fühlt sich nass an; beim Aufnehmen des Bodens fließt Wasser ab

Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Bodenfeuchte> (verändert)

Tabelle 7: Einteilung von Böden nach der Bodenfeuchte

Über die Bestimmung des Wasserspeichervermögens einer Bodenprobe erhält man einen Hinweis auf die Bodenfeuchte. So deutet eine Probe, die wenig Wasser speichert, auf einen trockenen Boden hin. Eine Probe, die viel Wasser speichert, spricht für einen Boden, der unter normalen Bedingungen eher feucht ist.

Tabelle 8 zeigt beispielhaft Ergebnisse durchgeführter Versuche:

	Sand (15 g)	Ton (15 g)
zugefügte Wassermenge	25 ml	25 ml
Wassermenge am Ende des Versuchs	21 ml	17 ml
vom Boden „festgehaltene“ Wassermenge	4 ml	8 ml

Tabelle 8: Versuchsergebnisse

Hinweise zu den Versuchen

Bei der Bestimmung der Trockenmasse sollten die aktuellen Wetterbedingungen zum Zeitpunkt der Probenentnahme miteinbezogen werden. Längere Trockenphasen bzw. zeitnah gefallener Regen müssen in die Auswertung miteinbezogen werden.

Bestimmung der Trockenmasse

Einen ersten Hinweis auf den Wassergehalt im Substrat der Pflasterfugen zur Zeit der Probenentnahme gibt die Bestimmung der Trockenmasse. Dieser Versuch muss über Nacht angesetzt werden und kann am nächsten Tag ausgewertet werden. Aus der Differenz der Massen vor und nach dem Trocknen kann der Wassergehalt bestimmt werden. Das getrocknete Material wird beim Versuch zum Wasserspeichervermögen eingesetzt.

Bestimmung des Wasserspeichervermögens

Das Wasserspeichervermögen des Substrats nach Abfließen von Sickerwasser gibt einen Hinweis auf die Bodenfeuchte. Man gießt zunächst eine definierte Menge Wasser über die getrocknete Probe und fängt das durchgesickerte Wasser auf. Dieses wird anschließend mehrmals erneut auf die Probe gegeben und so die Menge an Wasser bestimmt, die am Material haften bleibt.

Wird von der Probe viel Wasser aufgenommen und gespeichert, deutet dies auf einen eher feuchten Boden hin. Wird von der Probe wenig Wasser zurückgehalten, deutet dies auf einen trockenen Boden hin.

In Tabelle 9 sind Arten der Pflasterfugen nach ihrem bevorzugten bzw. tolerierten Feuchtezustand des Bodens zusammengefasst.

Bodenbezeichnung	typische Pflanzen der Pflasterfugen
trocken	Blutrote Fingerhirse, Dach-Trespe, Gefleckte Zwergwolfsmilch, Gemüse-Portulak, Gewöhnlicher Reiherschnabel, Gewöhnliches Hundszahngras, Hopfen-Luzerne, Kahles Bruchkraut, Kleines Liebesgras, , Mäusegerste, Niederliegende Zwergwolfsmilch, Quendel-Sandkraut, Vogelknöterich
frisch	Breit-Wegerich, Deutsches Weidelgras, Dillenius-Sauerklee, Echte Nelkwurz, Einjähriges Rispengras, Feinstrahl-Berufkraut, Gänse-Fingerkraut, Gemeine Quecke, Gewöhnlicher Beifuß, Gewöhnlicher Löwenzahn, Gewöhnlicher Mauerlattich, Gewöhnliches Greiskraut, Gewöhnliches Hirtentäschel, Gewöhnliches Hornkraut, Herbst-Löwenzahn, Lanzett- Kratzdistel, Knoblauchsrauke, Kriechender Hahnenfuß, Liegendes Mastkraut, Raue Gänsedistel, Schöllkraut, Steifer Sauerklee, Stinkender Storchschnabel, Spitz-Wegerich, Strahlenlose Kamille, Vogel-Sternmiere, Weiß-Klee, Zarte Binse
feucht	Feinstrahl-Berufkraut, Gewöhnlicher Beifuß, Kriechendes Hahnenfuß, Liegendes Mastkraut, Raue Gänsedistel, Zarte Binse

Tabelle 9: Ausgewählte Arten und ihre präferierte Bodenfeuchte

6. Salzgehalt

Allgemeines

Der Salzgehalt (Chlorid-Gehalt) eines Bodens kann über die Bestimmung der Konzentration an Chloridionen ermittelt werden. Neben Verwitterungsvorgängen, bei denen Chloridionen freigesetzt werden können, gelangen auch über Niederschläge oder Düngemittel Chloridionen in den Boden. Salze (Chloride) im Boden haben Einfluss auf die Enzymtätigkeit und somit auf den Stoffwechsel in Pflanzen. Außerdem kehrt ein hoher Chlorid-Gehalt im Boden die osmotischen Verhältnisse im Bereich der Wurzeln um und verhindert die Wasseraufnahme, so dass es zu Trockenschäden kommen kann. So kann z.B. das Ausbringen von Streusalz (Natriumchlorid) zu Schäden führen.

Hinweise zum Versuch

Die Bestimmung der Chloridionen-Konzentration kann mithilfe von Teststäbchen erfolgen. Anhand des ermittelten Chlorid-Gehalts über eine Vergleichsskala kann eine Einschätzung bezüglich der Bodeneigenschaft vorgenommen werden (siehe Tabelle 10).

Salzgehalt (Chlorid-Gehalt im Boden)	Bezeichnung des Bodens
< 0,1 %	kein/sehr geringer Chlorid-Gehalt
0,1 – 0,5 %	geringer Chlorid-Gehalt
0,5 – 0,7 %	geringer bis mäßiger Chlorid-Gehalt
0,7 – 0,9 %	mäßiger Chlorid-Gehalt
0,9 – 1,2 %	mäßiger bis hoher Chlorid-Gehalt
1,2 – 2,3 %	hoher bis sehr hoher Chlorid-Gehalt
> 2,3 %	sehr hoher/extremer Chlorid-Gehalt

Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Zeigerwerte_nach_Ellenberg (verändert)

Tabelle 10: Bestimmung des Salzgehalts im Boden

Eine Erweiterung des Versuchs stellt die Untersuchung zum „Einfluss von Salz auf die Keimung und das Wachstum von Kresse“ dar (Anleitung siehe Datei 20421).

Die Anleitung kann an SuS, die deutlich schneller als die anderen sind, ausgegeben werden. Eventuell besteht die Möglichkeit, die Versuche als Hausaufgabe bzw. GFS bearbeiten zu lassen.

Arten der Pflasterfugen, die einen geringen Chlorid-Gehalt an ihrem Wuchsort ertragen:

Breit-Wegerich	Kriechender Hahnenfuß
Einjähriges Rispengras	Liegendes Mastkraut
Gänse-Fingerkraut	Mäusegerste
Gewöhnliches Hornkraut	Raue Gänsedistel
Herbst-Löwenzahn	Vogelknöterich

7. Nitrat-Gehalt

Allgemeines

Pflanzen benötigen zum Aufbau organischer Substanz anorganische Verbindungen. Auch Stickstoff ist ein zentraler Stoff für Pflanzen und wird für den Aufbau von Proteinen oder DNA benötigt. Im Boden liegt Stickstoff als Nitrit (NO_2^- -Ionen), Ammonium (NH_4^+ -Ionen) oder Nitrat (NO_3^- -Ionen) vor und wird in Form von Ionen über die Wurzeln aus der Bodenlösung aufgenommen.

Ein Nachschub an Nitrat erfolgt durch bakterielle Umsetzung, aber auch durch Düngung kann die Nitratkonzentration erhöht werden.

Die in Böden enthaltenen Nitratkonzentrationen können stark variieren und sich z.B. durch das übermäßige Ausbringen von Gülle sehr stark erhöhen. Eine zu hohe Nitratkonzentration kann zum einen zur Einlagerung in Pflanzen, zum anderen durch Auswaschen aus dem Boden zu einer Belastung des Grund- bzw. Trinkwassers führen. Da Nitrat im menschlichen Körper zu giftigem Nitrit umgewandelt werden kann, gilt für die Nitratkonzentration im Trinkwasser ein Grenzwert von 50 mg/l.

Hinweise zum Versuch

Im Gegensatz zu Trinkwasser (hier liegt der Nitratgrenzwert bei 50 mg/l) sind für Böden keine allgemeingültigen Richtwerte vorhanden. In der Landwirtschaft wird der Nitratgehalt von Böden lediglich bestimmt, um weitere Düngemaßnahmen einzuleiten. Ob die Probe einer Gruppe wenig oder viel Nitrat enthält, kann deshalb nur im Vergleich mit den Werten der anderen Gruppen abgeschätzt werden.

Arten der Pflasterfugen, die einen höheren Nitratgehalt an ihrem Wuchsort bevorzugen:

Deutsches Weidelgras	Mäusegerste
Echte Nelkwurz	Raue Gänsedistel
Einjähriges Rispengras	Schöllkraut
Gemeine Quecke	Stinkender Storchschnabel
Gewöhnliches Greiskraut	Strahlenlose Kamille
Gewöhnliches Hirtentäschel	Taube Trespe
Herbst-Löwenzahn	Vogelknöterich
Knoblauchrauke	Vogel-Sternmiere
Kohl-Gänsedistel	Weiß-Klee
Lanzett-Kratzdistel	

Versuche zu den abiotischen Faktoren: Materialliste

- Es bietet sich an, Waagen, Trockenschrank und dest. Wasser für die ganze Klasse bereitzustellen.
- Insgesamt werden ca. 40 g Pflasterfugenmaterial benötigt. Für die Versuche „pH-Wert“, „Salzgehalt“ und „Nitratgehalt“ kann dieselbe Probe benutzt werden.

Versuch: Korngrößenzusammensetzung (10 g Material)

- 1 Spatellöffel
- 1 Mörser (mit Pistill)
- 1 Reagenzglas (ca. 20 cm, \varnothing 2 cm)
- 1 Stopfen
- 1 Reagenzglasständer
- 1 Messzylinder (50 ml)
- 1 wasserfester Stift oder Klebeetiketten
- 1 Lineal

Versuch: Bodenverdichtung

- 1 zugespitzter Metallstab (0,5 – 1 cm Durchmesser) (z.B. Zimmermannsnagel (ohne Kopf); Radiernadel aus Metall (Kunstunterricht))
- 1 Kunststoff- oder Metallrohr (z.B. Stativmaterial); etwas größerer Durchmesser als der Metallstab
- 1 Lineal oder Meterstab

Versuch: Bestimmung des pH-Werts (10 g Material; auch für „Salzgehalt“ und „Nitratgehalt“)

- 1 Spatellöffel
- 1 Messzylinder (z.B. 50 ml)
- 1 Glasstab
- 1 Filterpapier (rund)
- 1 kleines Becherglas (z.B. 50 ml)
- 1 pH-Wert-Teststäbchen

Versuch: Bestimmung des Kalkgehalts (ca. 3 g Material)

- 1 Schutzbrille (pro Person)
- 1 Spatellöffel
- 1 Tropfflasche mit verdünnter Salzsäure ($c = 2 \text{ mol/l}$)
- 1 Petrischale aus Glas

Versuch: Bestimmung der Trockenmasse (15 g Material)

- 1 Spatellöffel
- 1 Petrischale aus Glas (!)/Porzellanschale

Versuch: Wasserspeichervermögen (Material: Versuch Trockenmasse)

- 1 Spatellöffel
- 1 kleiner Joghurtbecher (50 g) mit mehreren gleich großen Löchern im Boden
- 1 Petrischale
- 1 Messzylinder (z.B. 25 ml)
- 1 Pinzette
- 1 Becherglas (Größe passend zum Joghurtbecher, 100 ml)
- 1 Kaffeefilter
- 1 Schere
- 1 Metallstift (Nagel), um die Löcher in den Boden des Joghurtbechers zu stechen

Versuch: Bestimmung des Salzgehalts (10 g Material, siehe Versuch pH-Wert)

- 1 Waage
- 1 Spatellöffel
- 1 Messzylinder (z.B. 50 ml)
- 1 Glasstab
- 1 Filterpapier (rund)
- 1 kleines Becherglas (z.B. 50 ml)
- 1 Teststäbchen zur Chloridionen-Bestimmung (mit Vergleichsskala)

Versuch: Nitrat-Gehalt des Bodens (10 g Material, siehe Versuch pH-Wert)

- 1 Spatellöffel
- 1 Messzylinder (z.B. 50 ml)
- 1 Glasstab
- 1 Filterpapiere (rund)
- 1 kleines Becherglas (z.B. 50 ml)
- 1 Nitrat-Teststäbchen (mit Vergleichsskala)

Materialbedarf für alle Versuche:

- Becherglas (50 ml) (3 x)
- Becherglas (passend zum Joghurtbecher, 100 ml)
- Filterpapier (rund) (3 x)
- Glasstab (3 x)
- Joghurtbecher (klein, 50 g) (mit Löchern)
- Kunststoff- oder Metallrohr
- Kaffeefilter
- Lineal oder Meterstab (2 x)
- Messzylinder (25 ml)
- Messzylinder (50 ml) (4 x)
- Metallstab (zugespitzt, 0,5 – 1 cm Durchmesser)
- Mörser (mit Pistill)
- Petrischale aus Glas (3 x)
- Pinzette
- Reagenzglas mit Stopfen
- Reagenzglasständer
- Schere
- Spatellöffel (7 x)
- wasserfester Stift (bzw. Klebeetiketten)

- Schutzbrillen

- zusätzlich:
mehrere Waagen, dest. Wasser, pH-Wert-Teststäbchen, Nitrat-Teststäbchen, Teststäbchen zur Chloridionen-Bestimmung (jeweils mit Vergleichsskala); Tropfflaschen mit verdünnter Salzsäure ($c = 2 \text{ mol/l}$)

- insgesamt ca. 40 g Material aus den Pflasterfugen (pro Gruppe)