

**Pädagogisches Zentrum
Rheinland-Pfalz
Bad Kreuznach**



PZ-Information 2/98

Mathematik-Naturwissenschaften

Boden

**Handreichung für das Wahlpflichtfach
Mathematik-Naturwissenschaften der
Realschule und für den fachübergreifenden
projektorientierten Unterricht**

Inhaltsverzeichnis

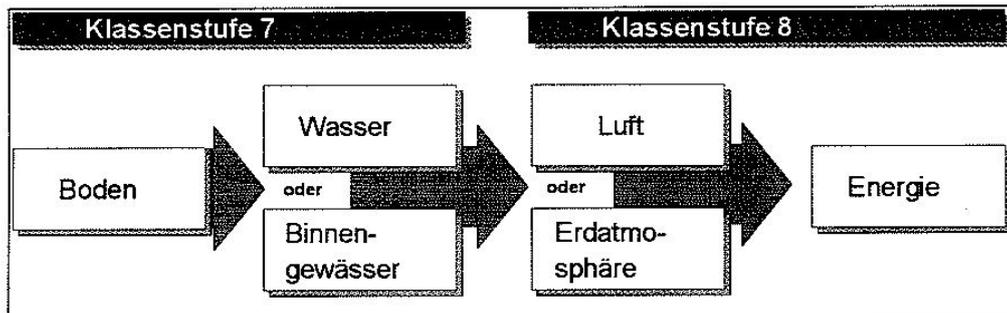
		Seite
1	<u>Didaktische und methodische Vorbemerkungen</u>	1
1.1	<u>Zur Konzeption der Lehrplangentwurfes 7/8</u>	1
1.2	<u>Hinweise zur Unterrichtsgestaltung</u>	3
1.3	<u>Der Themenbereich Boden im Unterricht</u>	7
2	<u>Hinweise zur praktischen Umsetzung der Lehrplaninhalte</u>	10
2.1	<u>Die Entstehung von Böden</u>	10
2.2	<u>Der Aufbau von Böden</u>	15
2.3	<u>Eigenschaften von Böden</u>	24
2.4	<u>Bodenorganismen</u>	30
2.5	<u>Anthropogene Einflüsse auf den Boden</u>	34
3	<u>Arbeitsblätter</u>	39
4	<u>Literaturhinweise</u>	63
5	<u>Erläuterung der Symboleisten</u>	66

1 Didaktische und methodische Vorbemerkungen

1.1 Zur Konzeption des Lehrplanentwurfes 7/8

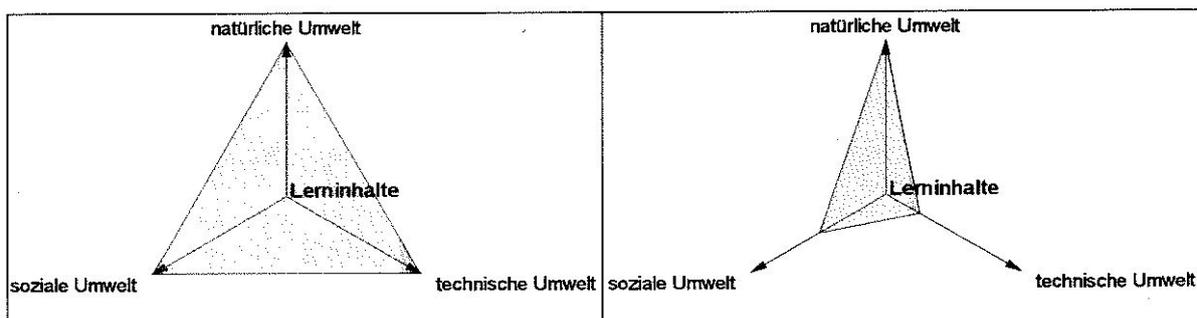
In den letzten beiden Jahrzehnten sind verstärkt ökologische Probleme in den Vordergrund der gesellschaftlichen Diskussion gerückt und haben zu einem veränderten Naturverständnis geführt.

Der Lehrplanentwurf für das Realschulwahlpflichtfach Mathematik-Naturwissenschaften greift dieses Faktum für die Klassenstufen 7 und 8 auf und bietet sechs fächerübergreifende und ökologisch bedeutsame Themenbereiche an:



Innerhalb dieser Themenbereiche sollen mathematisch-naturwissenschaftliche Erkenntnis- und Arbeitsmethoden erlernt, angewandt und eingeübt werden können, zugleich aber auch die Verbindung zu aktuellen und zukünftigen ökologischen Fragestellungen aufgezeigt werden, die insbesondere die Einflussnahme des Menschen durch Naturwissenschaft und Technik auf die natürliche Umwelt behandeln.

Dem Lehrplanentwurf liegt damit eine STS-Konzeption¹ zugrunde, deren inhaltlicher Schwerpunkt eindeutig im naturwissenschaftlichen Bereich liegt, mit der aber über fächerübergreifende Inhalte in vernetztes Denken eingeführt und so ein wichtiger Beitrag zum Erwerb ökologischer Handlungskompetenzen geleistet werden soll.



¹ Das Kürzel STS steht für Science, Technology and Society. Unter STS-Konzeption werden hier die weltweiten fachdidaktischen Bestrebungen verstanden, naturwissenschaftliche Inhalte nur im tatsächlichen Beziehungsgefüge zwischen natürlicher, technischer und sozialer Umwelt des Menschen zu vermitteln.

Der STS-Ansatz des Lehrplangentwurfes wird zudem dadurch gefördert, dass neben fächerübergreifende Inhalte fächerintegrative Elemente im methodischen Bereich treten:

- So wird bewusst auf die Einführung sogenannter „Fachmethoden“ verzichtet, um die gemeinsamen Erkenntnisstrategien der experimentellen Naturwissenschaften hervorzuheben.
- Das naturwissenschaftliche Methodenrepertoire wird durch gesellschaftswissenschaftliche Methoden der Informationsbeschaffung wie z. B. Umfragen oder Interviews ergänzt.
- Über die Anwendung mathematischer Verfahren zur Abstraktion von Aussagen und zur Strukturierung von Daten werden die Mathematik und ihre Verfahren in den naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess integriert.

1.2 Hinweise zur Unterrichtsgestaltung

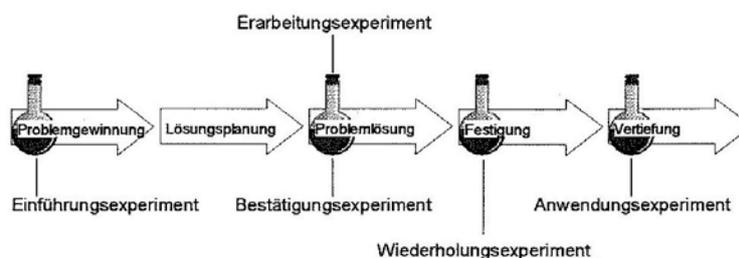
Beobachtbare Phänomene in der Umwelt der Schüler und Schülerinnen, ihre (experimentelle) Untersuchung sowie verbale und mathematische Abstraktionen sollen nach dem Lehrplanentwurf im Unterricht des Wahlpflichtfaches eine zentrale Stellung einnehmen. Da aber für den Unterricht auch das Erlernen sozialer Verhaltensweisen von gleichrangiger Bedeutung ist, werden mit dem Lehrplanentwurf den Lehrerinnen und Lehrern vor allem Unterrichtsverfahren nahegelegt, die diese beiden Aspekte aufgreifen:

„Zur Umsetzung der Ziele dieses Lehrplanes werden vor allem Methoden und Sozialformen empfohlen, die Selbständigkeit, Kooperationsfähigkeit und Selbstverantwortung fördern, aber auch auf unterschiedliche Zugangsweisen von Mädchen und Jungen Rücksicht nehmen. So ist es für den mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht überaus bedeutsam, daß die Schülerinnen und Schüler lernen, von sich aus Fragen zu formulieren, Problemstellungen zu entwickeln, Problemstellungen experimentell zu bearbeiten, selbst Informationen zu beschaffen und auszuwerten, zu beurteilen, zu bewerten und weiterzugeben.“²

Dabei wird dem Schülerexperiment und den damit eng verbundenen Arbeitsweisen ein sehr hoher Stellenwert zugemessen: „Die experimentelle Erschließung der jeweiligen Inhalte hat im Wahlpflichtfach Mathematik-Naturwissenschaften einen bedeutenden Stellenwert. Vorrang hat das Schülerexperiment.“³

Wie die nachfolgende Abbildung zeigt, kann das Experiment im Unterricht unterschiedliche Funktionen erfüllen:

- Mit dem Einführungsexperiment können bestimmte Fragestellungen aufgeworfen werden, die im nachfolgenden Unterrichtsverlauf geklärt und überprüft werden sollen.
- Das Bestätigungsexperiment bildet zumeist den Abschluss eines deduktiven Prozesses, in dem vorher aufgestellte Hypothesen bestätigt werden. Das an der gleichen Stelle des Unterrichtsprozesses stehende Erarbeitungsexperiment dient hingegen der systematischen Untersuchung unbekannter Sachverhalte und ist somit wesentlicher Bestandteil der induktiven Methode.
- Das Wiederholungsexperiment hingegen dient der Festigung von Arbeitstechniken oder der Vertiefung von Gesetzmäßigkeiten, während
- das Anwendungsexperiment eine wesentliche Funktion beim Transfer des Gelernten auf andere Sachverhalte einnimmt.



Einsatzmöglichkeiten des Experimentes im Unterricht

² vgl. Lehrplanentwurf für das Realschulwahlpflichtfach Mathematik-Naturwissenschaften, 7. und 8. Klasse der Realschule, Abschnitt 2.7 "Unterrichtsmethoden und Sozialformen".

³ Lehrplanentwurf für das Realschulwahlpflichtfach Mathematik-Naturwissenschaften, 7. und 8. Klasse der Realschule, Abschnitt 2.5 "Erkenntnisorientierung".

Der dem Schülerexperiment zugemessene Stellenwert wird auch durch die Ausführungen zur Leistungsbewertung deutlich unterstrichen: „Die Lerninhalte des Wahlpflichtfaches Mathematik-Naturwissenschaften in den Klassen 7 und 8 umfassen die Einübung und Vertiefung der mit dem Experiment verbundenen Arbeitsweisen und Methoden und haben Vorrang vor der Stoffvermittlung. Die Leistungsbewertung muss sich also im wesentlichen auf die methodischen Ziele beziehen...“⁴

Gegenüber expositorischen Unterrichtsverfahren sind somit nach den im Lehrplangentwurf gemachten Aussagen die an naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozessen angelehnten problemorientierten Unterrichtsverfahren bei der Gestaltung des Unterrichts zu bevorzugen.

Für die Unterrichtsgestaltung ist dabei von größter Wichtigkeit, dass diese problemorientierten Verfahren und ihre Stufungen langsam und behutsam mit genügendem Raum zur Übung eingeführt werden sollten. Ein mögliches Strukturierungsraster für die Klassenstufen 7 und 8 gibt die nachfolgende Tabelle wieder:⁵

FRAGEN, ERKENNEN, VORHERSAGEN	BEOBACHTEN, VERGLEICHEN, VARIABLEN VERÄNDERN	DARSTELLEN, AUSWERTEN, DEUTEN
	Bekannte Gegenstände und Vorgänge beobachten.	
Fragen nach dem „Wie“, dem „Warum“ und dem „Was-wäre-wenn“ stellen, Ideen entwickeln und Vorhersagen machen	Beobachtungen von Gegenständen und Vorgängen unter verschiedenen Bedingungen durchführen	Beobachtungen für Schlussfolgerungen und Deutungen nutzen und Vergleiche zwischen Beobachtetem und Erwartetem ziehen
Fragen, Ideen und Vorhersagen entwickeln, die überprüft werden können	Sorgfältig und genau unter Zuhilfenahme von Messinstrumenten beobachten	Erkennen, dass Schlussfolgerungen und Deutungen abhängig von den Untersuchungsbedingungen sind. Zwischen Beobachtetem und Erwartetem unterscheiden
Fragen, Ideen und Vorhersagen formulieren, die experimentell überprüft werden können	Experimente unter Einhaltung bestimmter Bedingungen planen und unter Zuhilfenahme von Messinstrumenten durchführen; Experimente unter Veränderung einer Variablen planen und unter Zuhilfenahme von Messinstrumenten durchführen	Versuchsergebnisse vergleichen, aufbereiten und strukturieren; Zwischen vermeidbaren und unvermeidbaren Messfehlern unterscheiden; Schlussfolgerungen ziehen, die zu Erklärungsmustern führen

Neben dem Schülerexperiment ist, bedingt durch die Themengebiete des Lehrplangentwurfes, auch die Arbeit im Freien integraler Bestandteil des Unterrichts im Wahlpflichtfach Mathematik-Naturwissenschaften.

Eine besondere Stellung nehmen dabei die Exkursionen in Form von ein- bis zweistündigen Unterrichtsgängen ein, zu deren Erfolg wesentlich eine fundierte Vorberei-

⁴ Ebd., Abschnitt 3.2 "Zu bewertende Leistungen".

⁵ verändert nach: Department of Education and Science and the Welsh Office: Science in the National Curriculum - Strands in attainment targets, York 1991 (National Curriculum Council).

tung, eine gut organisierte Durchführung und eine effektive Nachbereitung beitragen. Die in der nachfolgenden Tabelle aufgelisteten Schritte (methodische Alternativen sind in einer zweiten Spalte ausgewiesen) sollten dabei besondere Berücksichtigung finden:^{6, 7}

VORBEREITUNG	
Vertrautmachen mit den Gegebenheiten im Gelände, Abschreiten des Weges und Anfertigen von Aufzeichnungen durch die Lehrkraft.	
Festlegung der Exkursionsform durch die Lehrkraft: Informationsgang zur Blick- und Beobachtungsschulung Demonstrationsgang mit Lehrervortrag Untersuchung von beobachtbaren Phänomenen im Gruppengespräch Untersuchung von beobachtbaren Phänomenen durch Schülerarbeitsgruppen	
Formulierung der Zielsetzung und der Lernziele	Erarbeitung der Zielsetzung mit oder durch die Schülerinnen und Schüler
Erstellung eines Zeit- und Arbeitsplanes	
Formulierung von Arbeitsaufträgen für die Gruppenarbeit und Erstellung von Arbeitsblättern	Erarbeitung und Fixierung von Arbeitsaufträgen durch Schülergruppen
Bereitstellung von Arbeits- und Hilfsmitteln	Zusammenstellung von Arbeits- und Hilfsmitteln

⁶ vgl. Killermann, W.: Biologieunterricht heute - Eine moderne Fachdidaktik, Donauwörth 1986 (Auer), S. 225ff.

⁷ vgl. Grupe, H.: Biologiedidaktik, Köln 1977 (Aulis), S. 245ff.

DURCHFÜHRUNG	
Nennung und Erläuterung der Zielsetzungen	
Einteilung der Schülerinnen und Schüler in Gruppen und Verteilung der Arbeitsaufträge an die Schülergruppen	
Hinweise zur Sicherheit und Nennung allgemeiner Verhaltensregeln	
Bearbeitung der Arbeitsaufträge (Beobachten, Untersuchen, Notieren, Zeichnen und Messen)	

NACHBEREITUNG	
Zusammenstellen, Auswerten und Erörtern der Ergebnisse im Unterrichtsgespräch	Zusammenstellen, Auswerten und Erörtern der Ergebnisse in Schülerarbeitsgruppen
Vervollständigen von Arbeitsblättern	
	Präsentation der Arbeitsgruppenergebnisse
Ordnen, Vergleichen und Ausstellen von gesammeltem Material	
Anfertigen eines Exkursionsberichts (Gesamtprotokoll)	

1.3 Der Themenbereich Boden im Unterricht

Der Lehrplanentwurf sieht vor, daß die Schülerinnen und Schüler zunächst durch die Untersuchung von Phänomenen des Ökosystems Boden in die Erkenntnis- und Arbeitsmethoden der experimentellen Naturwissenschaften eingeführt werden sollen.

Die im Lehrplanentwurf zunächst ohne Gegenstandsbereiche ausgewiesenen Lernziele (allgemeine, fachspezifische und soziale Lernziele) werden hierzu in einer dreispaltigen Übersicht (s. nachfolgende Tabelle) zum Thema Boden spezifiziert und mit Inhalten und Hinweisen verknüpft, mittels derer sie erreicht werden können. So sollen vor allem auf der Grundlage von Beobachtungen und einfachen Experimenten Aussagen zur Entstehung sowie zu den Bestandteilen und den Eigenschaften von Böden, aber auch zu den menschlichen Einflüssen auf das Bodengefüge getroffen und festgehalten werden. Die im Rahmen dieser Untersuchungen gewonnenen Daten können darüber hinaus auch schon in ersten Schritten mathematisiert werden. Hierzu gehören im 7. Schuljahr bestimmte Strukturierungsverfahren wie z. B. Tabellen oder die graphische Darstellung von Daten in Form von Säulen-, Linien- oder Kreisdiagrammen.

SACHKOMPETENZ	METHODEN- UND SOZIALKOMPETENZ	HINWEISE
<p>Die Entstehung von Böden</p> <p>Einfluss abiotischer Faktoren (Wind, Wasser, Luft und Temperatur) auf die Entstehung von Böden</p> <p>Verwitterung und Erosion als bodenformende Vorgänge</p> <p>Der Aufbau von Böden</p> <p>Grobaufbau (Bodenprofile, Bodenschichtung, Horizonte) von Böden</p> <p>Bodenarten (Ton-, Lehm- und Sandböden)</p> <p>Bestandteile von Böden und ihre Eigenschaften</p> <p>Eigenschaften von Böden</p> <p>Eigenschaften von Böden (z. B. Einsickerungszeit, Wasserdurchlässigkeit, Wasserspeicherkapazität, Wasserverdunstung, Wärmespeicherefähigkeit, Durchlüftung)</p>	<p>Vorgänge qualitativ beobachten und beschreiben, die die Grundlagen für Verwitterung und Erosion bilden</p> <p>Bodenstrukturen betrachten, zeichnen und quantitativ beschreiben</p> <p>Bodencharakteristika qualitativ beurteilen</p> <p>Einige Bodenbestandteile (Humus, Wasser, Luft, mineralische Bestandteile) bestimmen</p> <p>Einige Eigenschaften eines Bodens quantitativ bestimmen; verschiedene Böden unter gleichen Gesichtspunkten qualitativ und quantitativ miteinander vergleichen</p>	<p>Versuche zum Verhalten fester Körper und von Wasser bei Temperaturveränderungen.</p> <p>Freilandbeobachtungen und Experimente zur Verwitterung der Mineralbestandteile</p> <p>Untersuchen und maßstabsgetreues Zeichnen eines Bodenprofils</p> <p>Fingerprobe</p> <p>Sieb- und Schlämmanalysen, Bestimmung des Humus-, Wasser- und Luftanteils</p>

Bodenorganismen		
Gruppen von Bodenorganismen	Bodenorganismen mit und ohne Hilfsmittel beobachten; Bodenorganismen aufgrund ihrer Merkmale gruppieren und bestimmen; Entwicklung und Benutzung einfacher Bestimmungsschlüssel	Untersuchung mit Lupe und Binokular; Versuche mit dem Berlese-Trichter
Humusbildung	Die Zersetzung unterschiedlicher Stoffe durch Bodenorganismen beobachten und qualitativ beschreiben	Kompostierung; Projektvorschlag: Zucht von Regenwürmern
Einfluss des Bodens auf das Pflanzenleben	Einen abiotischen Faktor, der Einfluss auf das Pflanzenleben nimmt, bestimmen	pH-Wert (propädeutisch), Stickstoffanteil; Bodenanzeigende Pflanzen
Anthropogene Einflüsse auf den Boden		
Einflüsse von Mineralien auf das Wachstum von Pflanzen	Wachstum von Pflanzen in Böden mit verschiedenen Nährsalzanteilen vergleichen	Düngung; Experimente zum Gesetz des Minimums; Projektvorschläge: a) Ökologischer Landbau b) Wie wird in unserer Umgebung gedüngt?
Einflüsse von Schadstoffen auf das Wachstum von Pflanzen	Den Einfluss eines Schadstoffes auf Bodenpflanzen qualitativ beschreiben und den Umfang von Schädigungen in der Umwelt qualitativ und quantitativ bestimmen	Einfluss von Streusalz auf das Wachstum von Pflanzen; Kartierung streusalzgeschädigter Bäume. Einfluss von Herbiziden auf das Wachstum von Pflanzen; Kartierung von Ackerwildpflanzen
Bodenbearbeitung	Den Einfluss von mechanischen Bearbeitungsmethoden quantitativ bestimmen	Urbarmachen und Bodengare durch Wenden, Lockern, Krustenbrechen, Zertrümmern, Festigen, Einebnen und Formen Projektvorschläge: a) Ökologische Landschaft - Kultur im Einklang mit der Natur. b) Anlegen eines Schulgartens. c) Aus fruchtbaren Böden werden unfruchtbare Böden.

Wie aus der Übersicht zum Thema Boden ersichtlich ist, müssen die dort genannten spezifischen Methoden und Untersuchungen noch für die Unterrichtsebene in Form von Experimenten, Exkursionsvorschlägen usw. konkretisiert werden. Diese Aufgabe soll die vorliegende PZ-Information übernehmen.

So werden in den nachfolgenden Abschnitten zunächst möglichst viele Experimente beschrieben, die dem Erreichen der im Lehrplanentwurf genannten Lernziele dienlich sind und mit denen möglichst viele inhaltliche Aspekte im Unterricht erschlossen werden können. Mit dem großen Angebot sollen methodische, inhaltliche, situative, standortgebundene und lerngruppenbezogene Variationsmöglichkeiten für den Unterricht geschaffen werden. Das Angebot ist keinesfalls als Aufforderung zu verstehen, möglichst viele dieser Experimente im Unterricht durchzuführen.

Neben den Versuchen werden auch Exkursionen oder Unterrichtsgänge mit besonderen Zielsetzungen vorgeschlagen. Damit soll darauf hingewiesen werden, dass so viele Unterrichtsstunden wie möglich durch Freilanduntersuchungen anzureichern sind, bei denen temporäre oder lokale Besonderheiten im Einzugsbereich der Schule eine Rolle spielen. Hierzu gehören u. a. Beobachtungen beim Aushub von Baugruben, Untersuchungen an Sturzäckern nach starken Regenfällen, die Nutzung vorhandener Lehrpfade oder die Besichtigung geologischer Besonderheiten in der Nähe der Schule.

Als weitere Hilfe für die Behandlung des Themenbereichs Boden im Unterricht werden in einem weiteren Abschnitt dieser PZ-Information Arbeitsblätter zu bodenkundlichen Aspekten und zu mathematisch-naturwissenschaftlichen Arbeitsmethoden abgedruckt. Diese Arbeitsblätter sollen veranschaulichen, wie bestimmte thematische und methodische Aspekte im Unterricht aufgegriffen und behandelt werden können. Sie stellen aber keinen Minimalkurs zum Thema Boden im Fach Mathematik-Naturwissenschaften dar!

Beim Einsatz der abgedruckten Arbeitsblätter sollte bedacht werden, dass die in ihnen wiedergegebenen Basisinformationen und auch z. T. die darauf aufbauenden Aufgabenstellungen abhängig von Informationsgehalt und Umfang unterschiedliche Funktion haben können: So kann die Basisinformation entweder Wiederholungscharakter haben, wenn sie das Ergebnis eines vorangegangenen Unterrichtsprozesses (z. B. einer Unterrichtsstunde) wiedergibt, oder sie dient als neue Information dem Einstieg in die Behandlung bestimmter thematischer oder methodischer Aspekte.

Aber auch der Besuch außerschulischer Partner (z. B. Förster, Bauingenieure, Geologen oder Landwirte) im Unterricht oder der Gegenbesuch des Kurses an deren Arbeitsstätten sollte bei der Behandlung des Themenbereiches Boden im MN-Unterricht von erheblicher Bedeutung sein.

2 Hinweise zur praktischen Umsetzung der Lehrplaninhalte

2.1 Die Entstehung von Böden

Bodenkundliche Exkursion⁸



Materialien und Geräte:

Lupe, Maurerhammer, Messer

Beschreibung:

Beobachtung und Untersuchung von Verwitterungs- und Erosionserscheinungen

Hinweise:

- Gesteinsschutt über Festgestein
- Wollsackverwitterungen des Granits
- Waben im Kalksandstein
- Beeinflussung des Gesteins durch Flechten und Moose
- Horizontbildung
- Erosionsschäden

Modellversuch zur Wärmeverwitterung



Materialien und Geräte:

Tiegelzange, Brenner, Becherglas, Schutzbrille, Wasser

Beschreibung:

Ein Stein wird in der Brennerflamme erhitzt und anschließend in ein Becherglas mit kaltem Wasser gehalten.

Hinweise:

- Untersuchung des Verhaltens unterschiedlicher Gesteinsarten
- Der Versuch gelingt am besten mit grobkristallinem Gestein (z. B. Granit).

⁸ Die Abkürzungen und Symbole der nachfolgenden Symbolleisten sind auf der letzten Seite erläutert.

Anomalie des Wassers



Materialien und Geräte:

Becherglas, Eis, Kochsalz, Reagenzglas, Lineal, Schutzbrille, Wasser, Mörser mit Pistill, Thermometer

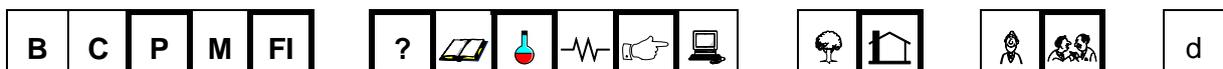
Beschreibung:

Aus drei Teilen zerstoßenem Eis und einem Teil Kochsalz wird eine Kältemischung hergestellt und ein teilweise mit Leitungswasser gefülltes, starkwandiges Reagenzglas, dessen Füllstandshöhe mit einem Filzstift markiert wurde, in die Kältemischung gestellt. Die Ausdehnung des Eises wird nach dem Erstarren gemessen.

Hinweise:

- Frostsprengung
- Berechnung des prozentualen Ausdehnungsgrades

Modellversuch zur Kälteverwitterung



Materialien und Geräte:

Kühlschrank mit Gefrierfach oder Tiefkühltruhe, Bechergläser, Wasser

Beschreibung:

Steine oder Gesteinsbrocken werden ca. 30 Minuten gewässert, abgetrocknet und in trockenen Bechergläsern über Nacht abgekühlt. Der Frostwechsel ist mehrfach zu wiederholen.

Hinweise:

- Untersuchung des Verhaltens unterschiedlicher Gesteinsarten
- Schiefrige Gesteine und feinkörnige Sandsteine sind sehr gut geeignet.

Modellversuch zur chemischen Verwitterung



Materialien und Geräte:

Bechergläser, verdünnte Salzsäure, Gesteinsproben, Schutzbrillen

Beschreibung:

Verschiedene Gesteinsarten (z. B. Kalkstein und Granit) werden mit verdünnter Salzsäure übergossen und es wird auf Freisetzung von CO₂ geachtet. Herausgelöste Eisen-Ionen werden mit Kaliumhexacyanoferrat(II) [gelbes Blutlaugensalz] oder Teststäbchen nachgewiesen.

Hinweise:

- Säureabscheidung der Wurzeln
- Bildung von Humussäuren
- Säureeintrag durch Luftverschmutzung
- Natürliche Hydratation und Hydrolyse (Kohlensäuregleichgewicht der Atmosphäre, pH-Wert von unbelastetem Regen)
- Rötlich gefärbte Gesteine (Sandsteine) haben besonders leicht lösliche Eisenverbindungen.

Säuregehalt des Bodens



Materialien und Geräte:

Bechergläser (50 ml), Rührstäbe, pH-Teststäbchen, destilliertes Wasser, Waage

Beschreibung:

10 g lufttrockener Boden werden mit 25 ml (Streulagen mit 50 ml) destilliertem Wasser verrührt (3 Minuten). Man lässt das Gemisch 10 Minuten stehen, dekantiert die überstehende Lösung und bestimmt den pH-Wert mit Hilfe eines Teststäbchens.

Hinweise:

- Der pH-Wert wird als solcher erst im Chemieunterricht der Klassenstufe 9 eingeführt. Er ist daher vereinfacht als Einheit für den Säuregehalt einer Lösung vorzustellen.
- Die Veränderung des pH-Wertes durch Zugabe des destillierten Wassers ist aus didaktisch-methodischen Gründen zu vernachlässigen.
- Arbeitsblatt „Die Bestimmung der Masse“

Nachweis von säurehaltigen Wurzelausscheidungen



Materialien und Geräte:

Petrischale mit Deckel, Rundfilter, gereinigter Sand, Lackmuslösung, vorgezogene Kressekeimlinge

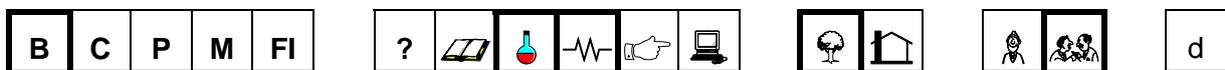
Beschreibung:

Vorgezogene Kressekeimlinge werden so auf mit leicht basischer Lackmuslösung (Blaufärbung!) getränkte Rundfilter gelegt, dass möglichst große Wurzelflächen das Papier berühren. Die Wurzeln der Keimlinge werden mit feuchtem Sand überschichtet.

Hinweise:

- Indikatoren werden erst im Chemieunterricht der Klassenstufe 9 eingeführt. Die Rotfärbung blauen Lackmuspapiers durch Säuren ist daher in einem getrennten Versuch zu veranschaulichen.

Streuzersetzung



Materialien und Geräte:

3 Nylonsocken, Nadel, Zwirn, Blätter und Nadeln verschiedener Pflanzen, Gummihandschuhe, Plastikschalen.

Beschreibung:

Ein Gemisch aus Blätter und Nadeln verschiedener Pflanzen wird in drei Nylonsocken gefüllt, eingenäht und etwa 5 cm tief in den Erdboden eingegraben. In monatlichen Abständen werden die Nylonsocken ausgegraben und ihr Inhalt auf seinen Zersetzungsgrad untersucht.

Hinweise:

- Mit abnehmender Außentemperatur nimmt die Zersetzungsaktivität der Bodenorganismen ab.
- Vergleichsuntersuchungen mit Beuteln unterschiedlicher Maschenweiten (Mückennetze, Drahtgitter)
- Aufbau des Humuskörpers in Wäldern höherer Gebirgslagen: zuoberst lockere Streu, darunter zersetzte Streu, zuunterst schwarzfärbender Humus

Modellversuch zur Winderosion



Materialien und Geräte:

Fön oder Ventilator, getrocknete Bodenprobe, Karton, Waage

Beschreibung:

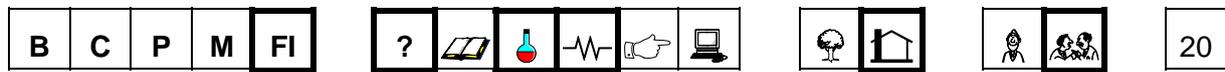
Eine abgewogene Bodenprobe wird auf einem Stück Karton verteilt und dem Luftstrom eines Föns oder eines Ventilators so ausgesetzt, dass das verwehte Material

aufgefangen werden kann. Masse und Art des ausgewehten Materials werden bestimmt.

Hinweise:

- Vergleichsmessungen mit verschiedenen Bodenproben
- Vergleichsmessungen mit feuchten Bodenproben
- Vergleichsmessungen mit kressebewachsenen Bodenproben
- Tabellarische Auswertung
- Arbeitsblatt „Die Bestimmung der Masse“
- Möglichkeiten des Erosionsschutzes

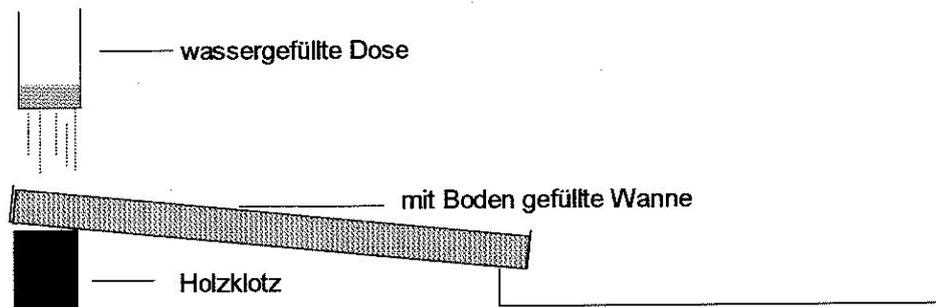
Modellversuch zur Erosion durch Wasser



Materialien und Geräte:

Sechs flache Kunststoffwannen, Boden, Gießkanne oder durchlöchernte Dosen, Kresse, Unterlegplatten aus Holz, Wasser, Bodenproben

Beschreibung:



Eine geneigte und mit Boden gefüllte Kunststoffwanne wird mit einer bestimmten Menge Wasser künstlich beregnet. Untersucht und protokolliert werden die Farbe und die Menge des ablaufenden Wassers und das Erscheinungsbild des Bodens nach der künstlichen Beregnung.

Hinweise:

- Vergleichsmessungen mit vollständig und teilweise kressebewachsenen Bodenproben
- Möglichkeiten des Erosionsschutzes

2.2 Der Aufbau von Böden

Bodenkundliche Exkursion



Materialien und Geräte:

Zollstock, Maßband

Beschreibung:

Untersuchung von Bodenprofilen im Gelände: Feststellung der Bodenschichtung, Untersuchung der Farben und Mächtigkeit der Horizonte

Hinweise:

- Untersuchung von Baugruben, Steinbrüchen oder natürlichen Geländeeinschnitten (z. B. Bachläufe, Böschungen, Hohlwege). Hierzu sollte die Genehmigung des Grundstückseigentümers vor der bodenkundlichen Exkursion eingeholt werden. Die Schülerinnen und Schüler sind ferner auf mögliche Gefahren und auf die Einhaltung der Sicherheitsbestimmungen hinzuweisen. Um die Sicherheit der Schülerinnen und Schüler nicht unnötig zu gefährden, sind Untersuchungen an hohen Bruchkanten grundsätzlich zu unterlassen.
- Anfertigung maßstabsgetreuer Zeichnungen
- Anfertigungen maßstäblicher Schemazeichnungen
- Benennung der Bodenhorizonte
- Arbeitsblätter „Die Schichtung des Bodens“ und „Abbildungen und Abbildungsmaßstäbe“

Anlegen einer Profilgrube



Materialien und Geräte:

Zollstock, Spaten, Schaufel, Hacke, Material zur Absicherung der Grube

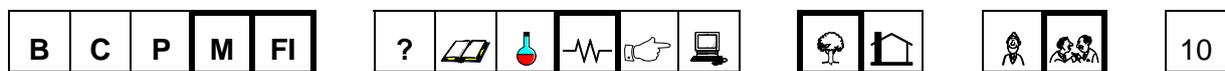
Beschreibung:

Auf dem Schulgelände wird eine Profilgrube mit den nachfolgenden Maßen ausgehoben: Breite ca. 1 m, Länge ca. 2 m und Tiefe bis zum Ausgangsgestein, jedoch maximal 1 m. Anschließend werden in der Grube Bodenschichtung, Farben und Mächtigkeiten der Horizonte bestimmt.

Hinweise:

- Zur Arbeitserleichterung sollte die Grube an einem Hang angelegt werden.
- Die Grube ist beständig zu sichern (z. B. durch eine Umzäunung). Kann dies nicht gewährleistet werden, ist sie mit dem Aushub wieder zuzuschütten.
- Anfertigung maßstabsgetreuer Zeichnungen
- Anfertigungen maßstäblicher Schemazeichnungen
- Benennung der Bodenhorizonte
- Arbeitsblätter „Die Schichtung des Bodens" und „Abbildungen und Abbildungsmaßstäbe"

Feststellen des Bodenprofils mit einem Bohrstock



Materialien und Geräte:

Zollstock, Bohrstock, Hammer, Messer

Beschreibung:

Die Bohrstange wird ohne Drehgriffe ca. 30 cm in den Boden geschlagen. Danach werden die Griffe eingesteckt und der Bohrstock um 90° gedreht. Anschließend wird das Einschlagen nach Entfernen der Bohrgriffe fortgesetzt. Ist die erwünschte Bohrtiefe erreicht, wird der Bohrstock unter vorsichtigem Drehen herausgezogen und die über die Kanten des Öffnungsschlitzes stehenden Teile werden mit dem Messer abgeschnitten.

Hinweise:

- Anfertigungen maßstäblicher Schemazeichnungen
- Benennung der Bodenhorizonte
- Arbeitsblätter „Die Schichtung des Bodens" und „Abbildungen und Abbildungsmaßstäbe"

Abschätzung der Lagerungsdichte des Bodens



Materialien und Geräte:

Messer (kein klappbares Taschenmesser!), Spaten

Beschreibung:

Ein Messer wird in eine trockene Profilwand eingestochen. Die Auswertung erfolgt nach der folgenden Tabelle⁹:

Beobachtungen	Bezeichnung	Dichte in g/cm ³
Messer leicht in den Boden zu drücken, Boden zerfällt oder zerbröckelt	sehr locker	1
Messer mit wenig Kraft ganz in den Boden zu drücken	locker	1,2
Messer etwa zur Hälfte in den Boden zu drücken	mäßig dicht	1,4
Messer kaum in den Boden zu drücken	dicht	1,6
Messer nicht in den Boden zu drücken	sehr dicht	ab 1,8

Hinweise:

- Die Schülerinnen und Schüler sind auf Gefahren beim Umgang mit Messern hinzuweisen.

Schlammprobe



Materialien und Geräte:

Bodenprobe, Lineal, Standzylinder, Wasser

Beschreibung:

Ein Standzylinder wird 10 cm hoch mit einer lufttrockenen Bodenprobe beschickt und der Boden mit dem Vierfachen an Wasser überschichtet. Das Gemisch wird gründlich durchgeschüttelt und danach stehen gelassen.

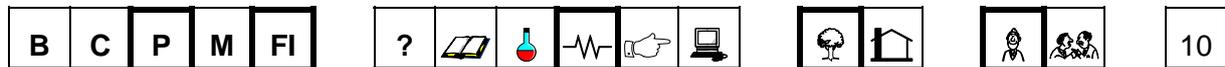
Hinweise:

- Die Feinerde kann noch stundenlang im Wasser schweben.

⁹ BOCHTER, S. 36

- Anfertigen einer maßstäblichen Zeichnung
- Arbeitsblatt „Die mineralischen Bodenbestandteile“

Bestimmung der Bodenart mit der Fingerprobe



Materialien und Geräte:

Bodenproben, 2 mm-Sieb, Mörser mit Pistill, Spritzflasche, Wasser, Zeitungspapier, Pappkärtchen, Stift

Beschreibung:

Aus der zwischen den Fingern zerdrückten Probe werden größere Bestandteile wie Steine herausgelesen. Die verlesene Probe wird durch ein 2 mm-Sieb gesiebt. Der durchgefallene Boden wird im Handteller leicht durchfeuchtet und geknetet, bis der Glanz der Feuchtigkeit verschwunden ist. Die Bodenart wird dann mit dem nachfolgenden Schlüssel bestimmt:

1	Die Bodenprobe kann zwischen den Handtellern zu einer bleistiftdicken Wurst ausgerollt werden.	Tone oder Lehme	5
	Die Bodenprobe kann zwischen den Handtellern nicht ausgerollt werden, sie zerbröckelt.	Sand oder Schluff	2
2	Die Einzelkörner der Probe lassen sich gut fühlen.		4
	Die Einzelkörner der Probe lassen sich nicht gut fühlen.		3
3	Die Probe ist nach dem Ausrollen und Zerreiben zwischen den Handtellern etwas schmierig und schwach klebrig.	lehmiger Schluff	
	Die Probe schmiert nicht und ist nicht klebrig.	Schluff	
4	Nach dem Zerreiben der Bodenprobe bleibt feines Material in den Handlinien hängen.	schwach lehmiger Sand	
	Nach dem Zerreiben der Bodenprobe bleibt kein Rückstand in den Handlinien hängen.	Sand	
5	Die Probe kann zu halber Bleistiftdicke ausgerollt werden.	Lehm oder Ton	6
	Die Probe kann nicht ausgerollt werden, sie zerbröckelt.	stark sandiger Lehm	
6	Die Probe zeigt nach starkem Quetschen eine stumpfe Gleitfläche.	reiner Lehm Boden	
	Die Probe zeigt nach starkem Quetschen eine glänzende Gleitfläche.	Tonboden	

Hinweise:

- Arbeitsblatt „Die Bestimmung der Bodenart“

Bestimmung der Geröll-, Kies- (Grus-) und Feinbodenanteile



Materialien und Geräte:

Bodenprobe, Lineal, Mörser mit Pistill, Waage, Sieb (2 mm-Maschenweite), Kunststoffschalen oder Joghurtbecher

Beschreibung:

Aus 1000 g einer lufttrockenen Bodenprobe werden kompakte Bestandteile wie Steinchen, die über 6 cm groß sind, herausgelesen. Die verbleibende Bodenprobe wird in einem Mörser zerdrückt und gesiebt. Die Massen der drei Bodenfraktionen werden bestimmt.

Hinweise:

- Berechnung der prozentualen Anteile der Bodenfraktionen
- Anfertigen von Säulen- und Kreisdiagrammen
- Verwendung von Bodensiebsätzen zur Bestimmung weiterer Unterfraktionen
- Arbeitsblätter „Bestimmung der Massen einzelner Bodenbestandteile“, „Die graphische Darstellung von Messwerten: Säulendiagramme“ und „Die graphische Darstellung von Messwerten: Kreisdiagramme“

Bestimmung des Wasseranteils



Materialien und Geräte:

Bodenprobe, Trockenschrank, Glas- oder Porzellangefäße (alternativ: Blechdosen)

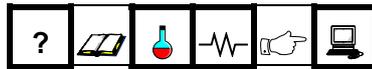
Beschreibung:

Eine Bodenprobe wird eingewogen und bei etwa 100 °C getrocknet. Nach dem Trocknen wird die Masse erneut bestimmt.

Hinweise:

- Berechnung der prozentualen Wassergehalts
- Anfertigen von Säulen- und Kreisdiagrammen
- Wegen der Möglichkeit, dass Teile des Humusanteiles verbrennen oder verkohlen, sollte kein Brenner eingesetzt werden.
- Das Trocknen der Bodenprobe kann sich bei einem sehr hohen Humusanteil über mehrere Tage hinziehen.

Bestimmung des Humusanteiles



Materialien und Geräte:

Gasbrenner, Tiegelzange, Dreifuß, Drahtnetz, Abdampfschale, Schutzbrille, Waage

Beschreibung:

Eine eingewogene trockene Bodenprobe, deren Wassergehalt vorher bestimmt wurde, wird bis zur Rotglut erhitzt. Der Humusanteil wird aus dem Massenverlust berechnet.

Hinweise:

- Berechnung des prozentualen Humusanteils
- Anfertigen von Säulen- und Kreisdiagrammen
- Der Massenverlust durch Abspaltung von Kristallwasser bei Tonmineralen kann vernachlässigt werden.
- Stehen Muffelöfen (Werksaal!) zur Verfügung, so sollte eine Vergleichsmessung durchgeführt werden. (Erhitzen der Bodenprobe auf mindestens 500 °C über 3 Stunden)
- Die Bewertung des Humusgehaltes kann mit folgender Tabelle¹⁰ durchgeführt werden:

Humusgehalt in %	Bewertung
< 1	humusarm
1 - 2	schwach humos
2 - 4	mäßig humos
4 - 8	stark humos
8 - 15	humusreich
> 15	sehr humusreich
15 - 30	anmoorig
> 30	torfig

Bestimmung des Luftanteils



Materialien und Geräte:

¹⁰ BOCHTER, S. 87

Hammer, Holzklötz, Nagel, Spaten, Blechdose, großes Becherglas, Meßzylinder, Wasser, breites Kuchenmesser

Beschreibung:

Das Volumen einer geöffneten Blechdose wird bestimmt. Anschließend wird der Dosenboden mit einem Nagel auf einem Holzklötz perforiert und die Dose langsam in einen Boden ohne Streuschicht gedrückt (nicht einschlagen!), bis der Dosenboden auf der Erdoberfläche aufliegt.

Die Dose wird ausgegraben und die Bodenprobe auf Dosenkantenhöhe abgeschnitten. Der Inhalt der Dose wird danach in ein Becherglas mit Wasser gegeben und die Volumendifferenz bestimmt.

Der Luftanteil wird aus dem Dosenvolumen und der obigen Volumendifferenz berechnet.

Hinweise:

- Fehlerbetrachtungen bei der Durchführung des Versuches
- Der Dosenboden darf weder bei der Durchlöcherung mit Hammer und Nagel noch beim Eindrücken in den Boden verformt werden.

Nachweis von Salzen



Materialien und Geräte:

Netzgerät, Graphitelektroden, Elektrodenhalter, Kabel, Amperemeter, Trichter, Filterpapier, Filtriergestell, Bechergläser, destilliertes Wasser, Bodenprobe

Beschreibung:

Eine Bodenprobe wird mit destilliertem Wasser versetzt und das Gemisch filtriert. Anschließend werden die elektrische Leitfähigkeit des destillierten Wassers und des Filtrates miteinander verglichen.

Hinweise:

- Um Salze im Boden durch Eindampfen von Bodenfiltraten nachzuweisen, werden sehr große Bodenmengen benötigt.

Nachweis von Eisen



Materialien und Geräte:

Erlenmeyer-Kolben, Trichter, Filterpapier, Filtriergestell, Becherglas, Schutzbrille, destilliertes Wasser, 1%-ige Kaliumhexacyanoferrat(II)-Lösung [gelbes Blutlaugensalz], lufttrockene Feinbodenprobe

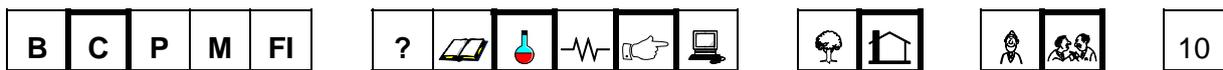
Beschreibung:

Eine kleine Menge der Feinbodenprobe wird mit destilliertem Wasser kräftig durchgeschüttelt, dekantiert und filtriert. Das Filtrat wird mit Kaliumhexacyanoferrat(II)-Lösung versetzt.

Hinweise:

- Vergleich von Bodenproben unterschiedlicher Herkunft

Nachweis von Natrium



Materialien und Geräte:

Erlenmeyer-Kolben, Trichter, Filtrierpapier, Filtriergestell, Becherglas, Schutzbrille, destilliertes Wasser, Magnesiastäbchen, Gasbrenner, lufttrockene Feinbodenprobe

Beschreibung:

Eine kleine Menge der Feinbodenprobe wird mit destilliertem Wasser kräftig durchgeschüttelt, dekantiert und filtriert. In das Filtrat wird ein ausgeglühtes Magnesiastäbchen getaucht und anschließend in die entleuchtete Flamme eines Gasbrenners gehalten.

Hinweise:

- Vergleich mit Natriumsalzen

Nachweis des Kalkes



Materialien und Geräte:

Becherglas, kleiner Meßzylinder, Spatellöffel, Waage, Schutzbrille, 10%ige Salzsäure, verschiedene lufttrockene Bodenproben

Beschreibung:

Zu 20 g einer Bodenprobe werden 10 ml verdünnte Salzsäure gegeben. Der Kalkgehalt wird mit Hilfe der nachfolgenden Tabelle¹¹ abgeschätzt:

Bobachtungen

Kein Aufbrausen

Schwaches Aufbrausen

Kalkgehalt in Prozent

< 1

1 - 2

11 BAER, S. 31

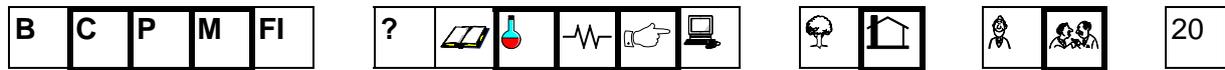
Starkes Aufbrausen, jedoch nicht anhaltend	3 - 4
Starkes, lang anhaltendes Aufbrausen	> 5

Hinweise:

- Vergleich unterschiedlicher Bodenproben (Gartenboden, Waldboden)
- Die Schüler sind darauf hinzuweisen, dass sie nicht das Ohr über das Becherglas mit der Bodenprobe und der Salzsäure halten dürfen.
- Fehlerbetrachtungen bei der Auswertung des Versuches
- Da es in weiten Bereichen von Rheinland-Pfalz keine kalkhaltigen Gesteine gibt, sollten geologische Karten für die Suche nach Löß, Kalkstein oder Dolomit herangezogen werden.

2.3 Eigenschaften von Böden

Wasserspeicherfähigkeit



Materialien und Geräte:

Bechergläser, Blumentöpfe, lufttrockene Bodenproben, Messzylinder, Watte, Wasser

Beschreibung:

Gleich große Mengen verschiedener lufttrockener Bodenproben werden in Blumentöpfe eingefüllt, deren Ablauflöcher vorher mit Watte verschlossen wurden. Nachdem die Bodenproben gleichmäßig verdichtet wurden, werden sie mit einem mindestens dem Volumen der Bodenprobe entsprechenden Wasservolumen übergossen. Die aus den Blumentöpfen ablaufenden Wassermengen werden bestimmt und vom Volumen des zugegossenen Wassers abgezogen.

Hinweise:

- Zur Ermittlung der maximalen Wasserspeicherleistung eines Bodens wird im Freilandversuch vegetationsloser Boden solange gegossen, bis stehendes Wasser zu sehen ist. Der Boden wird mit einer Plastikplane abgedeckt und nach 2 Tagen der Wassergehalt einer Bodenprobe bestimmt.

Wassersaugkraft



Materialien und Geräte:

Glasrohre ($l = 50 \text{ cm}$, $d = 2 \text{ cm}$), Stopfen mit einer Bohrung, Watte, Bechergläser, Methylenblau-Lösung, lufttrockene Bodenproben

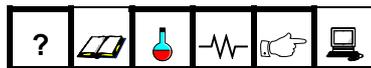
Beschreibung:

Lufttrockene Bodenproben werden in Glasrohre eingefüllt, bei denen ein Ende mit Watte und einem Stopfen verschlossen wurde. Die Glasrohre werden mit diesem Ende in mit Methylenblau-Lösung gefüllte Bechergläser eingetaucht. Zeitdauer und Höhe des Wasseraufstiegs werden gemessen.

Hinweise:

- Liniendiagramme
- Als Modellversuch eignen sich Sande verschiedener Körnung, die in ca. 20 cm lange Glasröhrchen eingefüllt werden.
- Arbeitsblatt „Die Wassersaugkraft des Bodens“

Wasserdurchlässigkeit



Materialien und Geräte:

Glasrohre ($l = 30 \text{ cm}$, $d = 5 \text{ cm}$), Stopfen mit einer Bohrung, Trichter, Watte, Wasser, lufttrockene Bodenproben

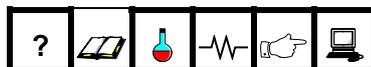
Beschreibung:

Lufttrockene Bodenproben werden in Glasrohre eingefüllt, bei denen ein Ende mit Watte und einem Stopfen verschlossen wurde. Durch die Bodenproben lässt man das gleiche Volumen Wasser laufen. Zeitdauer und Menge des Wasserdurchflusses werden gemessen.

Hinweise:

- Liniendiagramme
- Arbeitsblatt „Die Wasserdurchlässigkeit des Bodens“

Versickerungsrate



Materialien und Geräte:

Abflussrohr aus Plastik ($l = 20 \text{ cm}$, $d = 12 \text{ cm}$), Messbecher, Lineal, Brett, Hammer, Sand, Stoppuhr

Beschreibung:

Ein Abflussrohr wird bis zur Hälfte in den Boden getrieben und die Bodenoberfläche im Inneren des Rohres mit einer ca. 1 cm dicken Lage Sand bedeckt. Das Rohr wird nun mit Wasser gefüllt und die Versickerungsrate mit Hilfe eines Lineals und einer Stoppuhr gemessen.

Hinweise:

- Fehlerbetrachtungen (insbesondere Ablesefehler bei einem Lineal, das in das Abflussrohr gestellt wurde)
- Liniendiagramme
- Vergleich verschiedener Bodenarten
- Einfluss der Vegetation auf die Versickerungsrate

Luftdurchlässigkeit



Materialien und Geräte:

Kolbenprober, Schlauchmaterial, dünnwandige Kupfer- oder Aluminiumrohre ($l = 5$ bis 10 cm, $d = 4$ cm), Glasröhrchen, Hammer, Gummistopfen mit einer Bohrung, Gewichtsstück, Uhr

Durchführung:

Durch vorsichtiges Einschlagen eines Metallrohres in den Boden wird eine Bodenprobe genommen. Das Rohr wird auf beiden Seiten mit durchbohrten Gummistopfen verschlossen und eine bestimmte Menge Luft mit Hilfe eines Kolbenprobers und eines auf den Stempel aufgelegten Gewichtstückes hindurchgepresst. Die Durchströmungszeit wird bestimmt.

Hinweise:

- Vergleich mit lufttrockenen Bodenproben

Erwärmbarkeit



Materialien und Geräte:

Kleine Blumentöpfe, Watte, Bechergläser, Thermometer, lufttrockene Bodenproben, Thermometer, Heizsonne, Wasser, Uhr

Durchführung:

Lufttrockene Bodenproben werden in die Blumentöpfe eingefüllt, deren Ablaufloch mit Watte verschlossen wurde. Die Bodenproben werden gleichmäßig befeuchtet, mit einem Thermometer versehen und mit einer Heizsonne bestrahlt. Anstiegsdauer und Größe des Temperaturanstieges werden gemessen.

Hinweise:

- Es ist auf eine gleichmäßige Bestrahlung aller Bodenproben zu achten.

pH-Wert von Bodenlösungen



Materialien und Geräte:

Bechergläser, Universalindikatorpapier (alternativ: Universalindikatorlösung oder pH-Meter), Waage, Rührstab, destilliertes Wasser, Bodenprobe.

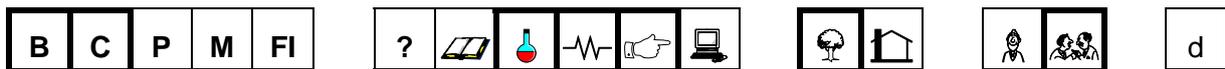
Beschreibung:

10 g einer Bodenprobe werden mit 25 ml dest. Wasser versetzt (Streulagen und Torfe mit 50 ml Wasser). Das Gemisch wird kräftig verrührt und nach ca. 5 Minuten dekantiert. Der pH-Wert der Lösung wird bestimmt.

Hinweise:

- Vergleich lufttrockener mit feuchten Bodenproben

Bestimmung des Boden-pH-Wertes mit Hilfe bodenanzeigender Pflanzen



Materialien und Geräte:

Bestimmungsbücher

Beschreibung:

Im Rahmen einer pflanzenkundlichen Exkursion wird nach den in der folgenden Tabelle¹² aufgelisteten Pflanzen gesucht.

pH-Wert des Bodens	Bodenanzeigende Pflanzen
3,0 – 4,0	Torfmoos
3,5 - 4,2	Heidelbeere
4,0 - 5,9	Waldschmiele
4,9 - 6,1	Sauerklee
5,6 - 6,7	Rasenschmiele
6,8 - 8,3	Huflattich

Hinweise:

- Der pH-Wert wird erst im Chemieunterricht der Klassenstufe 9 behandelt. Er ist daher nur als eine Maßeinheit für den Säuregehalt einzuführen.
- Überprüfung der Böden auf den tatsächlichen pH-Wert

¹² STEINECKE, S. 218

Pufferwirkung von Böden



Materialien und Geräte:

Bechergläser, Trichter, Watte, Universalindikatorpapier (alternativ: Universalindikatorlösung oder pH-Meter), Schutzbrillen, Waage, Bodenproben, 0.1 M Salzsäure

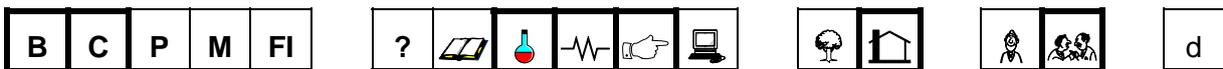
Beschreibung:

25 g einer Bodenprobe werden in einen Trichter gefüllt, dessen Ausfluss vorher mit Watte gesichert wurde. Über die Bodenprobe werden 50 ml Salzsäure gegossen und das Filtrat aufgefangen. Der pH-Wert der Salzsäure und des Filtrates werden bestimmt und miteinander verglichen.

Hinweise:

- Vergleich verschiedener Bodenarten

Einfluss des pH-Wertes auf das Wachstum



Materialien und Geräte:

Petrischalen mit Deckel, Filtrierpapier, Messzylinder, Tropfpipette, Lineal, Schutzbrillen, Universalindikatorpapier, Wasser, verdünnte Essigsäure, Kressesamen

Beschreibung:

Zunächst werden unterschiedlich konzentrierte Essigsäurelösungen hergestellt, indem zu jeweils 10 ml Leitungswasser unterschiedliche Tropfenmengen verdünnter Essigsäure zugegeben werden. Der pH-Wert der Essigsäurelösungen wird bestimmt.

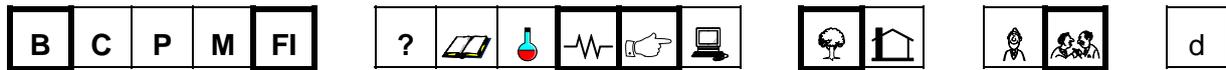
Danach werden die Petrischalen mit Filtrierpapier ausgelegt, jeweils 1 g Kressesamen darauf verteilt und die Essigsäurelösungen dazugegeben (Kontrollversuch: Leitungswasser). Die Petrischalen werden so verschlossen, dass noch Luft an die Samen gelangen kann.

Keimung und Wachstum der Kressepflanzen werden über eine Woche beobachtet und die Kressekeimlinge nach Beendigung des Versuches ausgemessen.

Hinweise:

- Notwendigkeit von Kontrollversuchen

Bestimmung von Bodeneigenschaften mit Hilfe bodenanzeigender Pflanzen



Materialien und Geräte:

Pflanzenpresse, Bestimmungsbücher

Beschreibung:

Im Frühsommer werden im Rahmen einer pflanzenkundlichen Exkursion die Pflanzen in einem bestimmten Areal bestimmt und die Böden nach folgender Tabelle bewertet:

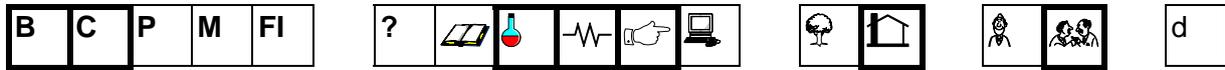
Boden	Bodenanzeigende Pflanzen
Kalkhaltige Böden	Ackerhahnenfuß, Ästige Graslinie, Bergaster, Bergklee, Feldrittersporn, Frühlings-Teufelsauge (Adonisröschen), Gelbklee, Gemeine Küchenschelle, Hufeisenklee, Klatschmohn, Kriechendes Fingerkraut, Leberblümchen, Silberdistel, Waldwindröschen, Warzenwolfsmilch
Kalkarme Böden	Ackerhundskamille, Echte Kamille, Geruchlose Kamille
Stickstoffreiche Böden	Einjähriges Bingelkraut, Große Brennnessel, Vogelmiere
Saure Böden	Ferkelkraut, Hederich, Heidekraut, Heidelbeere, Hundsveilchen, Kleiner Sauerampfer, Preiselbeere, Rotes Straußgras
Humusböden	Brennnessel, Siebenstern, Sternmoos
Lehmböden	Adlerfarn, Filzige Klette, Große Schlüsselblume, Stiefmütterchen
Sandböden	Bauernsenf, Feldthymian, Heidekraut, Kiefer, Lämmersalat, Reiherschnabel, Roter Fingerhut, Saathohlzahn, Sandstrohblume, Venuskamm
Tonböden	Ackerfuchsschwanz, Bergkronwicke, Geflecktes Ferkelkraut, Steife Wolfsmilch
Moorböden	Glockenheide, Torfmoos, Wollgras, Zwergbirke
Trockene Böden	Dachwurz-Arten, Echtes Labkraut, Mauerpfeffer, Mittlerer Wegerich
Feuchte Böden	Ackergänsedistel, Ackerminze, Hahnenfuß-Arten, Huflattich, Kleiner Wegerich, Kohlkrautzdistel, Schaumkraut, Schilf, Seggen-Arten, Sumpfruhrkraut, Wiesenknöterich
Tiefgründige, nährstoffreiche Böden	Bilsenkraut, Brennnessel, Guter Heinrich, Hirtentäschel, Quecke, Schwarzer Holunder, Springkraut, Taubnessel
Flachgründige Böden	Waldgerste, Waldmeister
Magere Böden	Färberginster, Feldklee, Flügelginster, Katzenpfötchen, Rundblättrige Glockenblume
Trittluren	Breitwegerich, Raygras, Strahlenlose Kamille, Vogelknöterich

nach Heinz Ellenberg: Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas

Hinweise: Die Untersuchungen sollten in einem landwirtschaftlich nicht benutzten Areal durchgeführt werden.

2.4 Bodenorganismen

Bodenatmung



Materialien und Geräte:

Einmachglas mit Deckel und Gummiring, Joghurtbecher, Bodenprobe, Waage, Kalkwasser

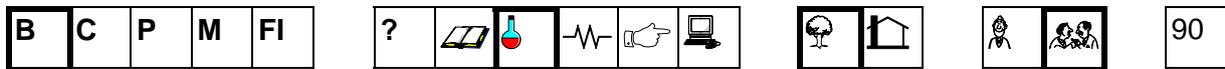
Beschreibung:

In ein Einmachglas, dessen Boden mit Kalkwasser bedeckt wurde, wird ein mit 50 g einer Bodenprobe beschickter Joghurtbecher gestellt. Das Becherglas wird verschlossen, bei Raumtemperatur stehen gelassen und gelegentlich geschwenkt.

Hinweise:

- Alternativversuch mit einer in einer Nylonsocke eingenähten Bodenprobe, die über dem Kalkwasser hängt

Tiere im Boden I



Materialien und Geräte:

Blechbüchse, Hammer, Spaten, Kunststoffwannen, Präparategläser (alternativ: Film Dosen), Bestimmungsbücher

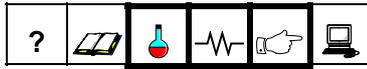
Beschreibung:

Eine Blechbüchse wird in den Boden geschlagen, ausgegraben und der Inhalt in eine oder mehrere Kunststoffwannen überführt. Die Probe wird mit der Hand zerteilt, die Tiere herausgelesen und in Präparategläser gegeben. Die Tiere und ihre Anzahl werden bestimmt.

Hinweise:

- Umgang mit Bestimmungsschlüsseln
- Säulendiagramme
- Anfertigung von Zeichnungen
- Im Gegensatz zum Spatenaushub kann mit dem definierten Volumen einer Blechbüchse eine Beziehung zwischen Bodenvolumen und Organismenzahl hergestellt werden.

Tiere im Boden II



Materialien und Geräte:

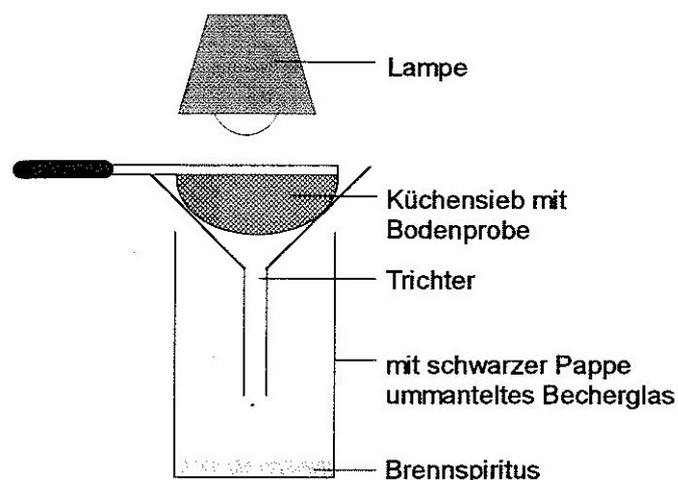
Blechbüchse, Hammer, Spaten, Berlese-Tullgren-Apparatur, schwarze Pappe, Tesafilm, Brennspritus

Beschreibung:

Eine Blechbüchse wird in den Boden geschlagen, ausgegraben und der zerteilte Inhalt in ein grobmaschiges Küchensieb überführt.

Danach wird eine Sammelfalle (Berlese-Apparatur) wie nachfolgend abgebildet aufgebaut und die Bodenprobe mindestens 1 Stunde lang mit der Lampe erwärmt.

Die im Becherglas aufgefangenen Tiere und ihre Anzahl werden bestimmt.



Hinweise:

- Umgang mit Bestimmungsschlüsseln
- Sehr gute Ergebnisse werden mit Streuschichtproben erzielt.
- Der Einsatz des Berlesetrichters sollte vorher im Unterricht thematisiert werden (Tötung von Organismen!). Zur Diskussion gestellt werden sollten ebenfalls Variationen der Versuchsanordnung (z. B. ohne Brennspritus) und die Aussagekraft der so erhaltenen Ergebnisse (Dezimierung bestimmter Organismen durch räuberische Gliederfüßler im Auffanggefäß).

Beobachtung der Regenwurmaktivität



Materialien und Geräte:

Lochfolie, Zollstock, angerottete Blätter, Waage, Trockenschrank

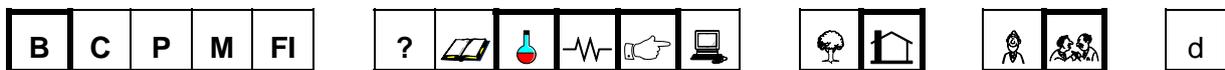
Beschreibung:

Bodenvegetation und Streu werden von einer 1 m² großen Bodenfläche völlig entfernt. Die so behandelte Bodenfläche wird mit einer 1 cm hohen Schicht angerotteter Blätter und Lochfolie bedeckt. Im Abstand von ein bis zwei Wochen wird die Regenwurmlosung gesammelt und ihr Trockengewicht bestimmt.

Hinweise:

- Untersuchung verschiedener Bodenarten
- Der Versuch sollte sich über mehrere Monate erstrecken.
- Zusätzlich kann die Losungsproduktion in Abhängigkeit von der Außentemperatur bestimmt werden.

Tätigkeit von Moderfressern



Materialien und Geräte:

Große Petrischalen mit Deckel (d = 20 cm), angerottete Blätter, Filtrierpapier, Wasser, Mauer- oder Kellerasseln

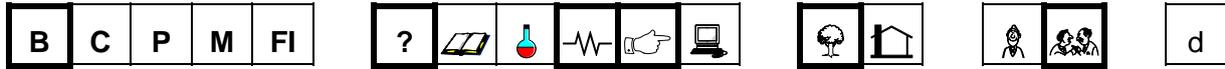
Beschreibung:

Eine Petrischale wird mit einer Schicht angerotteter Blätter ausgelegt und es werden 10 Asseln dazugegeben. Die Schale wird mit einem Deckel verschlossen, an dessen Innenseite nasses Filtrierpapier haftet. Abnahme der Blätter und Zunahme des Kotes werden über einige Tage beobachtet.

Hinweise:

- Das Filtrierpapier ist ständig feucht zu halten.

Vegetationsaufnahme



Materialien und Geräte:

Maßband, Bestimmungsbücher, Markierungsstäbe, Hammer, Zeichenmaterial, Bleistift

Beschreibung:

Auf einer von der Wuchshöhe der Pflanzengesellschaften abhängigen Fläche (z. B. Wiesen: 1 m², buschige Wegränder: 4 m², Parklandschaft: 25 m², Wald: 100 m²)¹³ werden alle vorkommenden Pflanzen und ihre Standorte erfasst.

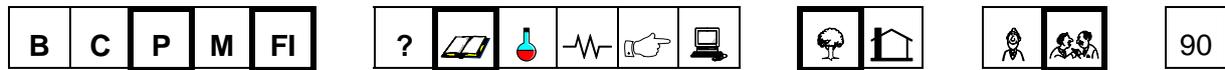
Hinweise:

- Die Vegetationsaufnahme wird im Abstand von wenigen Wochen wiederholt.
- Auf eine Bestimmung von Moosen, Pilzen und Gräsern sollte verzichtet werden.
- Unter Benutzung der Tabellen für bodenanzeigende Pflanzen sollten Rückschlüsse auf die Bodeneigenschaften gezogen werden.

13 STEINECKE, S. 220

2.5 Anthropogene Einflüsse auf den Boden

Bodenkundliche Exkursion



Materialien und Geräte:

Keine

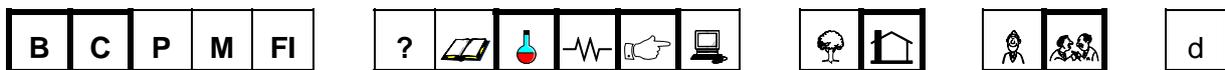
Beschreibung:

Beobachtung von Erosionserscheinungen in landwirtschaftlich genutzten Gebieten insbesondere nach starken Regenfällen

Hinweise:

- Grabenerosion
- Rinnenerosion
- Flächenerosion auf Sturzäckern (Furchen in Falllinie)

Einfluss von Düngern auf das Pflanzenwachstum



Materialien und Geräte:

Standzylinder, Korkscheiben, Wasser, Gartendünger, vorgekeimte Bohnen

Beschreibung:

Einige vorgekeimte Bohnen lässt man in zwei wassergefüllten Standzylindern auf einem Korken so schwimmen, dass die Wurzeln in das Wasser ragen. Nach einer Woche gibt man in den einen Standzylinder etwas Gartendünger.

Hinweise:

- Vergleich unterschiedlicher Dünger
- Vergleich unterschiedlicher Düngerkonzentrationen

Bodenversalzung



Materialien und Geräte:

Große Petrischalen, perforierte Blechbüchse, Kochsalz, Bodenprobe, Wasser

Beschreibung:

In eine Petrischale wird eine Lage Salz gegeben, die mit der Bodenprobe überschichtet wird. Anschließend wird die Bodenprobe beregnet und einige Tage im Warmen stehen gelassen. Im Kontrollversuch wird eine Bodenprobe ohne unterliegende Salzschrift beregnet.

Hinweise:

- Notwendigkeit von Kontrollversuchen
- Arbeitsblatt „Bodenversalzung“

Einfluss von Streusalz auf das Wachstum



Materialien und Geräte:

Petrischalen mit Deckel, Watte, Messzylinder, Lineal, Schutzbrillen, Wasser, Kochsalz, Wasser, Kressesamen

Beschreibung:

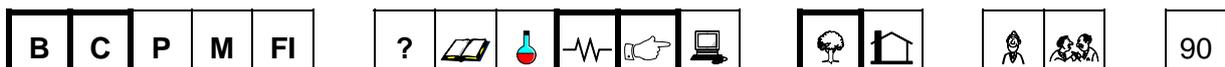
Zunächst werden unterschiedlich konzentrierte Kochsalzlösungen hergestellt (Lösung A: 1%ig, Lösung B: 1%ig, Lösung C: 10%ig).

Danach werden 4 Petrischalen mit Watte ausgepolstert und jeweils 40 Kressesamen auf die Watte in jeder Petrischale gelegt. Drei der Petrischalen werden mit den drei verschiedenen konzentrierten Kochsalzlösungen angegossen, die verbleibende Petrischale mit Wasser. Keimung und Wachstum der Kresse werden täglich kontrolliert und protokolliert.

Hinweise:

- Notwendigkeit von Kontrollversuchen
- Erweiterung: Einfluss von Schwermetallsalzen auf das Wachstum (z. B. Kupfer- und Blei-Ionen)

Einfluss von Streusalz auf das Wachstum von Pflanzen an Straßenrändern



Materialien und Geräte: keine

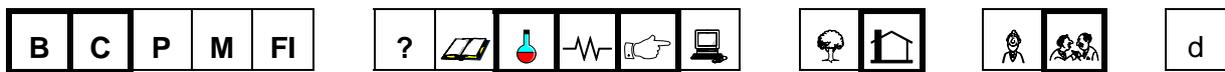
Beschreibung:

Beobachtung von Wachstumsschädigungen durch Streusalz an Straßenrändern.

Hinweise:

- „Winterliche Streusalzanwendungen zeigen sich im Frühjahr und Sommer am deutlichsten bei Blättern und Nadeln. Bald nach Ausbilden der Blätter zeigen diese unterschiedlich breite, rostbraune Ränder und des öfteren verschieden große, ebenso gefärbte Flecken auf der Blattspreite. Je nach Streusalzgehalt des Bodens breiten sich dann im Sommer die Schädigungen unterschiedlich weit zur Blattmitte aus. In schweren Fällen verfärben sich die Blätter ganz und fallen ab. Die Blattschädigungen treten zuerst in der äußeren Zone der Krone und in der Baumspitze auf.“¹⁴

Einfluss des Sauren Regens auf das Wachstum



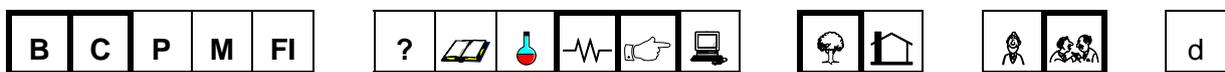
Materialien und Geräte:

s. Versuch „Einfluss des pH-Wertes auf das Wachstum“

Beschreibung:

s. Versuch „Einfluss des pH-Wertes auf das Wachstum“

Einfluss des Sauren Regens auf Waldgebiete



Materialien und Geräte: keine

Beschreibung:

Beobachtung von Wachstumsschädigungen durch den Sauren Regen in Waldgebieten

Hinweise:

- Die Pflanzenschädigungen sollten durch einen Fachmann (Förster) gezeigt und erläutert werden.
- Waldschadensbericht

Einfluss des Sauren Regens auf den Nährsalzverlust



Materialien und Geräte:

Trichter, Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Filtrierpapier, Schutzbrillen, stark verdünnte Schwefelsäure, destilliertes Wasser, Kaliumhexacyanoferrat(II)-Lösung [gelbes Blutlaugensalz].

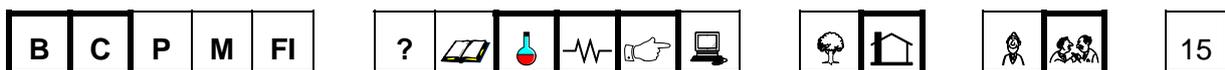
Beschreibung:

Zwei Bodenproben werden in Trichter mit Filtrierpapier gefüllt. Die eine wird mit Wasser, die andere mit verdünnter Schwefelsäure übergossen. Die Filtrate werden aufgefangen und mit Kaliumhexacyanoferrat(II)-Lösung versetzt.

Hinweise:

- Notwendigkeit von Kontrollversuchen
- Die Bodenproben sind vorher auf einen ausreichenden Eisengehalt zu prüfen.
- Arbeitsblatt „Nährsalzverluste des Bodens“

Maßnahmen gegen Nährsalzverluste



Materialien und Geräte:

Trichter, Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Filtrierpapier, Schutzbrillen, stark verdünnte Schwefelsäure, destilliertes Wasser, Kaliumhexacyanoferrat(II)-Lösung [gelbes Blutlaugensalz], Kalk

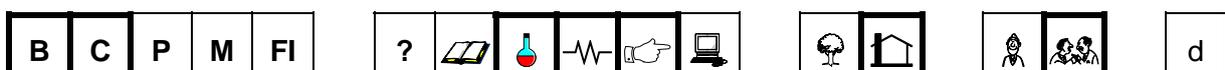
Beschreibung:

Eine Bodenprobe wird mit Kalk vermischt und ebenso wie eine unbehandelte Bodenprobe in jeweils einen Trichter mit Filtrierpapier gefüllt. Beide Bodenproben werden mit verdünnter Schwefelsäure übergossen. Die Filtrate werden aufgefangen und mit Kaliumhexacyanoferrat(II)-Lösung versetzt.

Hinweise:

- Notwendigkeit von Kontrollversuchen
- Die Bodenproben sind vorher auf einen ausreichenden Eisengehalt zu prüfen.
- Arbeitsblatt „Maßnahmen gegen Nährsalzverluste“

Einfluss von Mineralölprodukten auf das Wachstum



Materialien und Geräte:

Petrischalen mit Deckel, Watte, Messzylinder, Lineal, Schutzbrillen, Wasser, Benzin, Kressesamen

Beschreibung:

2 Petrischalen werden mit Watte ausgepolstert und jeweils 40 Kressesamen auf die Watte in jeder Petrischale gelegt. Die Petrischalen werden mit Wasser bzw. mit einem Benzin-Wasser-Gemisch (1 Tropfen Benzin auf 20 ml Wasser) angegossen. Keimung und Wachstum der Kresse werden täglich kontrolliert und protokolliert.

Hinweise:

- Notwendigkeit von Kontrollversuchen

Landwirtschaftliche Exkursion



Materialien und Geräte:

Journal, Stift

Beschreibung:

Bodenbearbeitung, Düngung und Pflanzenschutz durch landwirtschaftliche Betriebe

Hinweise:

- Besuch von landwirtschaftlichen Betrieben

3 Arbeitsblätter

Beobachtungen und Aussagen

1. Basisinformation

Naturwissenschaftler versuchen unser Wissen über unsere natürliche Umwelt zu erweitern. Hierzu untersuchen sie Vorgänge und Gegenstände in der Natur, um sie zu beschreiben und um Regelmäßigkeiten wie z. B. Gesetzmäßigkeiten zu erkennen. Damit jeder Naturwissenschaftler die Untersuchungsergebnisse von anderen Naturwissenschaftlern überprüfen kann, werden naturwissenschaftliche Untersuchungen nach bestimmten Regeln durchgeführt.

Den ersten Schritt einer naturwissenschaftlichen Untersuchung bilden oftmals Beobachtungen, die mit Hilfe der Sinnesorgane gemacht werden.

Die Beobachtungen werden normalerweise in Form von Aussagen für spätere Überprüfungen, aber auch für Vergleiche festgehalten. Wenn sich Beobachtungen sprachlich nur schwierig wiedergegeben lassen, werden Aussagen oftmals durch Zeichnungen, Photographien usw. ergänzt.

Man unterscheidet zwischen qualitativen und quantitativen Aussagen.

Qualitative Aussagen geben Beobachtungen wieder, die nicht auf Messungen beruhen.: z. B. über die Farbe, den Geruch, den Geschmack, die Gestalt oder die Anordnung.

Quantitative Aussagen geben Beobachtungen wieder, die auf Messungen beruhen: z. B. über die Länge, das Volumen, die Masse oder die Zeit.

2. Aufgaben

a) Auf eurem Arbeitsplatz befindet sich ein Stein. Macht über den Stein möglichst viele qualitative und quantitative Aussagen. Für die quantitativen Aussagen stehen euch folgende Geräte und Materialien zur Verfügung: ein Lineal, ein Becherglas, ein Messzylinder und Wasser.

b) Eurer Gruppe werden zwei Bodenproben zur Verfügung gestellt. Listet möglichst viele qualitative Unterschiede zwischen den beiden Bodenproben auf.

Die Bestimmung der Masse

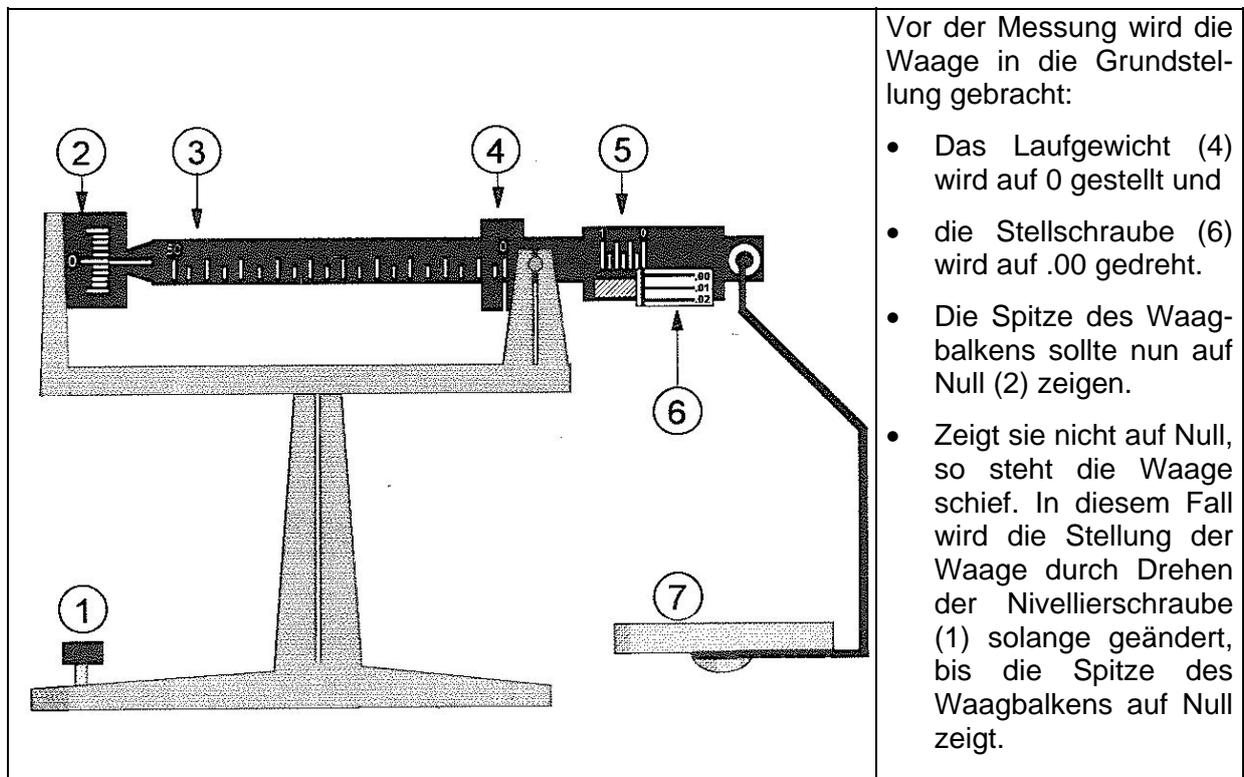
1. Basisinformation

Über die Eigenschaften eines Körper lassen sich viele qualitative und quantitative Aussagen machen. Da sich viele dieser Eigenschaften aber unter bestimmten Bedingungen ändern können, sind Aussagen über unveränderliche Eigenschaften eines Körpers besonders wichtig. Zu diesen unveränderlichen Eigenschaften eines Körpers gehört die Masse. - Die Einheit der Masse ist das Kilogramm (kg).

Die Masse eines Körpers wird mit Hilfe von Hebelwaagen durch Vergleich mit geeigneten Wägestücken bestimmt. Eine solche Messung nennt man Wägung.

2. Handhabung einer Hebelwaage (Balkenwaage)

Die Balkenwaage ist ein sehr genaues Messinstrument. Ihre Teile sind genau aufeinander abgestimmt. Vor dem Gebrauch muss daher ihre Funktionstüchtigkeit überprüft werden. Hierzu gehört zunächst die Überprüfung der Zugehörigkeit der Waagschale zur Waage. Hierzu wird die Waagschale abgenommen und die eingestanzte Seriennummer auf der Unterseite mit der am Fuß der Balkenwaage verglichen. Stimmen die Nummern überein, wird die Waagschale gründlich mit einem trockenen Tuch gereinigt. Bei starken Verunreinigungen wird die Waagschale mit einem feuchten Tuch gereinigt. Sie ist dann aber sorgfältig trockenzureiben. Nach der Reinigung wird die Waagschale wieder am Waagebalken befestigt. Danach ist die Waage auf einer waagerechten Fläche aufzustellen.



Die Massenbestimmung erfolgt in zwei Schritten. Zunächst wird eine Grobmessung durchgeführt:

- Der Körper wird auf die Waagschale gelegt.
- Das Laufgewicht (4) wird nach links geschoben, bis sich die Spitze des Waagebalken gerade nach unten bewegt.
- Das Laufgewicht wird dann um einen Zahn nach rechts verschoben und der ganzzahlige Wert abgelesen.

Nach der Grobmessung erfolgt die Feinmessung:

- Die Stellschraube (6) wird langsam nach oben gedreht, bis der Zeiger des Waagebalken wieder auf Null zeigt.
- Zehntel Gramm werden nun auf Skala (5), Hundertstel Gramm auf der Stellschraubenskala (6) abgelesen und zur ganzzahligen Masse des Körpers addiert.

3. Aufgaben

- a) Stelle die Masse der ausgegebenen Bodenprobe fest.
- b) Fülle zur Übung 250 g einer trockenen Bodenprobe in ein Becherglas.
- c) Warum ist die Zuordnung der Waagschale zur Waage besonders wichtig? Probiere unterschiedliche Waagschalen aus und erläutere.

Die Bestimmung der Dichte

1. Basisinformation

Ein Stoff kann an bestimmten Eigenschaften erkannt und von anderen Stoffen unterschieden werden. Zu diesen Eigenschaften gehört auch die Dichte.

Die Dichte sagt aus, welche Masse ein Kubikzentimeter (Milliliter) eines Stoffes besitzt. Man kann die Dichte eines Stoffes ermitteln, indem man Masse und Volumen einer bestimmten Stoffmenge bestimmt.

Die Dichte ergibt sich, wenn man die Masse (in g) durch das Volumen (in ml) teilt. Als Einheit für die Dichte ergibt sich dementsprechend: g/ml	Dichte = Masse/Volumen
--	---------------------------

2. Eure Aufgabe

Ihr sollt ein Experiment planen und durchführen, mit dem ihr die Dichte von Kies bestimmt. Das Experiment und seine Ergebnisse sollen zudem beschrieben werden.

3. Versuchsbeschreibung

a) Benötigte Geräte und Materialien:

b) Versuchsanleitung:

c) Versuchsskizze:

4. Messungen

5. Auswertung

a) Zeige den Rechenweg zur Berechnung der Dichte der Kiesel auf.

b) Welche Dichte haben die Kiesel?

Die Schichtung des Bodens

1. Basisinformation

Ein Boden besteht aus verschiedenen Schichten, die als Horizonte bezeichnet werden. Diese Horizonte können anhand der Farbe und oft auch anhand ihrer Bestandteile unterschieden werden.

Die meisten vom Menschen unbeeinflussten Bodentypen Mitteleuropas zeigen folgende Schichtung: Zuoberst befindet sich die sogenannte Streu, unter der die organische Auflageschicht (O-Horizont) liegt.

Unter dem O-Horizont liegt der Oberboden (A-Horizont), unter dem der Unterboden (B-Horizont) und das Ausgangsgestein (C-Horizont) liegen.

2. Aufgaben

Die nachfolgenden Aufgaben sollen durch Beobachtungen an einem Bodenaufschluss oder an einer selbst ausgehobenen Grube beantwortet werden.

a) Stelle die Anzahl der Bodenhorizonte fest.

b) Beschreibe die Farbe der einzelnen Horizonte.

c) Miss mit dem Zollstock die Mächtigkeit der Bodenschichten aus.

d) Fertige eine Zeichnung des Bodenprofils an.

e) Wodurch unterscheiden sich die einzelnen Horizonte voneinander? - Nenne möglichst viele Unterschiede.

Abbildungen und Abbildungsmaßstäbe

1. Basisinformation

Viele Beobachtungen lassen sich oftmals sprachlich nur ungenügend wiedergeben. Sie müssen daher durch Abbildungen (Beobachtungsskizzen, Zeichnungen, Fotografien, Filme usw.) der beobachteten Gegenstände oder Vorgänge ergänzt werden. Ist der abzubildende Gegenstand zu groß, so müssen Verkleinerungen, ist er zu klein, so müssen Vergrößerungen angefertigt werden.

Bei Vergrößerungen und Verkleinerungen muss immer angegeben werden, um welchen Faktor die Abbildung den beobachteten Gegenstand verkleinert oder vergrößert. Dies kann einerseits durch die Angabe des Faktors (z. B. 450-fach vergrößert) oder Angabe eines Abbildungsmaßstabes erfolgen.

Abbildungsmaßstäbe werden als Zahlenverhältnisse dargestellt (z. B. 1: 100), die die Größe der Abbildung zur Größe des Gegenstandes wiedergeben. Man unterscheidet bei den Abbildungsmaßstäben zwischen Verkleinerungsmaßstäben und Vergrößerungsmaßstäben.

2. Aufgaben

a) Warum ist die Angabe eines Abbildungsmaßstabes unbedingt erforderlich?

b) Welche Zahlenverhältnisse stellen Verkleinerungs-, welche Vergrößerungsmaßstäbe dar?

1 : 500

10 : 1

250 : 1

1 : 10000

c) In einer der vorhergehenden Unterrichtsstunden hast du mit Hilfe eines Zollstockes die Mächtigkeit von Bodenhorizonten ausgemessen. Benutze nun diese Messergebnisse und fertige nachfolgend mit Bleistift und Lineal zwei stark vereinfachte Zeichnungen mit den Abbildungsmaßstäben 1 : 10 und 1 : 20 an.

Die mineralischen Bodenbestandteile

1. Basisinformation

Boden ist die oberste Verwitterungsschicht der Erde. Er besteht im Wesentlichen aus sechs Bestandteilen: Mineralische Teilchen, Wasser, Humus, Salze, Luft und Lebewesen. Die mineralischen Teilchen oder Gesteinsteilchen entstehen durch Verwitterung des Gesteins und werden als Bodenskelett bezeichnet. Die Gesteinsteilchen haben verschiedene Größen. Je nach Größe werden sie eingeteilt in Ton, Schluff, Sand, Kies, Grobkies und Geröll.

2. Eure Aufgabe

Ihr sollt ein Experiment planen und durchführen, mit dem die Gesteinsteilchen einer Bodenprobe nach ihrer Größe geordnet werden können. Dazu stehen euch die folgenden Geräte und Materialien zur Verfügung: Eine Bodenprobe, ein Lineal, ein Standzylinder und Wasser.

3. Eure Versuchsplanung

Nachdem ihr mit eurer Lehrkraft über eure Versuchsplanung gesprochen habt, schreibt bitte Schritt für Schritt auf, wie ihr vorgehen wollt, und führt den Versuch durch.

4. Eure Beobachtungen und Messungen

a) Qualitative Beobachtungen

b) Fertigt bitte auf einem separaten Blatt eine maßstabsgerechte Zeichnung des Standzylinders 10 bis 15 Minuten nach Versuchsbeginn an. Gebt bitte den Abbildungsmaßstab an und beschriftet die Zeichnung möglichst genau.

5. Erörterung

a) Gib eine Erklärung dafür, dass in den meisten Fällen keine klaren Grenzlinien zwischen den mineralischen Teilchen zu sehen sind.

b) Welche Eigenschaft der Gesteinsteilchen wurde benutzt, um sie zu trennen?

c) Ist der Versuch geeignet, um genaue Aussagen über die Anteile von Ton, Schluff, Sand und Kies im Boden zu machen? - Begründe deine Ansicht und mache gegebenenfalls Verbesserungsvorschläge.

Die Bestimmung der Bodenart

1. Basisinformation

Der Anteil an unterschiedlich großen mineralischen Teilchen bestimmt die Eigenschaften eines Bodens wie z. B. das Haftungsvermögen oder die Form- und Knetbarkeit. Darüber hinaus verursachen verschiedene Böden auch verschiedene Tastempfindungen. Dies kann man sich zunutze machen, um mit der sogenannten Fingerprobe die Bodenart eines Ackerbodens annähernd richtig zu bestimmen.

2. Eure Aufgabe

Bestimmt mit Hilfe der nachfolgenden Anleitung verschiedene Bodenproben. Dazu stehen euch folgende Geräte und Materialien zur Verfügung: Ein 2 mm-Sieb, ein Mörser mit Pistill, etwas Wasser, verschiedene Bodenproben, Zeitungspapier und Pappkärtchen.

3. Versuchsanleitung

Aus der zwischen den Fingern zerdrückten Probe werden größere Bestandteile wie Steine herausgelesen. Die verlesene Probe wird durch ein 2 mm-Sieb gesiebt. Der durchgefallene Boden wird im Handteller leicht durchfeuchtet und geknetet, bis der Glanz der Feuchtigkeit verschwunden ist. Die Bodenart wird dann mit dem nachfolgenden Schlüssel bestimmt.

1	Die Bodenprobe kann zwischen den Handtellern zu einer bleistiftdicken Wurst ausgerollt werden.	Tone oder Lehme	5
	Die Bodenprobe kann zwischen den Handtellern nicht ausgerollt werden, sie zerbröckelt.	Sand oder Schluff	2
2	Die Einzelkörner der Probe lassen sich gut fühlen.		4
	Die Einzelkörner der Probe lassen sich nicht gut fühlen.		3
3	Die Probe ist nach dem Ausrollen und Zerreiben zwischen den Handtellern etwas schmierig und schwach klebrig.	lehmiger Schluff	
	Die Probe schmiert nicht und ist nicht klebrig.	Schluff	
4	Nach dem Zerreiben der Bodenprobe bleibt feines Material in den Handlinien hängen.	schwach lehmiger Sand	
	Nach dem Zerreiben der Bodenprobe bleibt kein Rückstand in den Handlinien hängen.	Sand	
5	Die Probe kann zu halber Bleistiftdicke ausgerollt werden.	Lehm oder Ton	6
	Die Probe kann nicht ausgerollt werden, sie zerbröckelt.	stark sandiger Lehm	
6	Die Probe zeigt nach starkem Quetschen eine stumpfe Gleitfläche.	reiner Lehm Boden	
	Die Probe zeigt nach starkem Quetschen eine glänzende Gleitfläche.	Tonboden	

4. Beobachtungen

Beschreibe hier Schwierigkeiten, die beim Bestimmen der Bodenproben auftreten.

5. Auswertung

a) Beschrifte die Bodenproben.

b) Warum kann die Fingerprobe nicht zur genauen Bestimmung einer Bodenprobe herangezogen werden? - Erläutere.

c) Welche Vorteile bietet die Fingerprobe aber dennoch? - Erläutere.

Bestimmung der Massen einzelner Bodenbestandteile

1. Basisinformation

Die Zusammensetzung des Bodenskeletts ist entscheidend für die Eigenschaften eines Bodens. Der Anteil der mineralischen Bodenbestandteile bestimmt z. B. die Wasserhaltekapazität, die Nährstoffverfügbarkeit und die Bearbeitungsfähigkeit eines Bodens. Da der Gehalt des Feinbodens (Teilchendurchmesser unter 2 mm Größe) besonders wichtig für die Fruchtbarkeit eines Bodens ist, kommt der Kenntnis der Zusammensetzung eines Bodens besondere Bedeutung zu. Mit Hilfe von Sieben verschiedener Maschenweite kann der Anteil grober und feiner Bodenteilchen einer Bodenprobe leicht ermittelt werden (Siebanalyse).

2. Eure Aufgabe

Ihr sollt ein Experiment planen und durchführen, mit dem ihr die Massenanteile einzelner mineralischer Bodenbestandteile einer 250 g schweren Bodenprobe bestimmt. Dazu stehen euch die folgenden Materialien und Geräte zur Verfügung: Eine Bodenprobe, eine Waage, Siebe, eine Handschaufel, PVC-Schalen.

3. Eure Versuchsbeschreibung

Nachdem ihr mit eurer Lehrkraft über eure Versuchsplanung gesprochen habt, schreibt bitte Schritt für Schritt auf, wie ihr vorgehen wollt, und führt den Versuch bitte durch.

4. Messungen

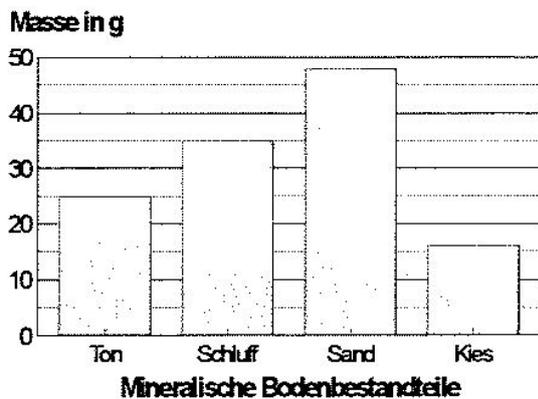
	Maschenweite	Masse der Bodenfraktion	Bezeichnung der Bodenfraktion
Sieb 1			
Sieb 2			
Sieb 3			
Sieb 4			
Auffanggefäß			

5. Auswertung

Ermittle anhand der folgenden Tabelle die Bezeichnungen für die einzelnen Bodenfraktionen und trage sie in die Tabelle unter Punkt 3 ein.

Korngröße (mm)	Bezeichnung	
> 60	Geröll	
2,0 - 60	Kies	
2,0 - 0,63	Grobsand	Sand
0,63 - 0,2	Mittelsand	
0,2 - 0,063	Feinsand	
0,063 - 0,02	Grobschluff	Schluff
0,02 - 0,006	Mittelschluff	
0,006 - 0,002	Feinschluff	
< 0,002	Ton	Ton

Die graphische Darstellung von Messwerten: Säulendiagramme



1. Basisinformation

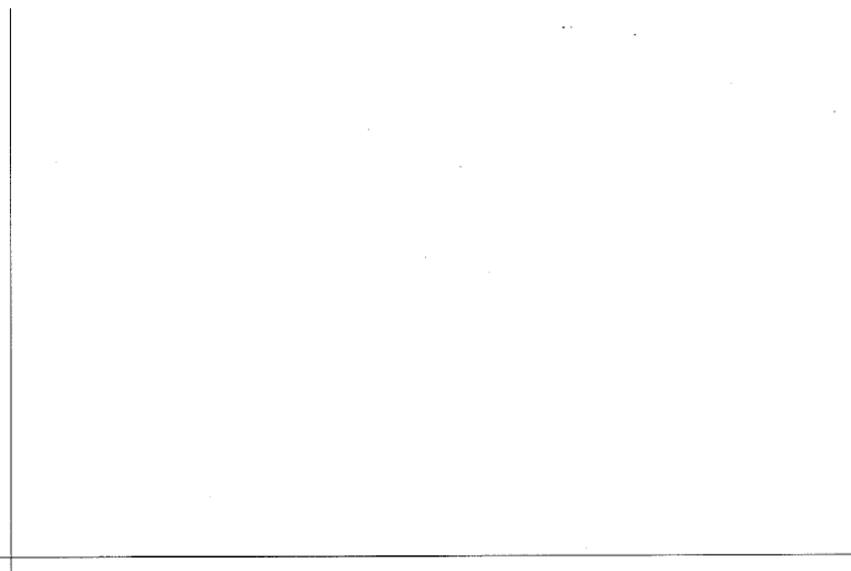
Diagramme sind Schaubilder, mit denen sich Zahlen, insbesondere aber auch Messwerte übersichtlich darstellen, veranschaulichen und vergleichen lassen. Werden z. B. im Rahmen einer Siebanalyse die Anteile einzelner mineralischer Bodenbestandteile einer Bodenprobe bestimmt, so lassen sich die erhaltenen Messwerte in Form von Säulen darstellen. Dabei wird nur eine Achse des Koordinatensystems zum Auftragen der Messwerte benutzt. Die andere dient nur der Beschriftung.

2. Aufgaben

a) Die mineralischen Bestandteile einer 160 g schweren Bodenprobe wurden durch eine Siebanalyse voneinander getrennt. Folgende Messwerte wurden aufgenommen:

Ton	Schluff	Sand	Kies
50 g	59 g	16 g	

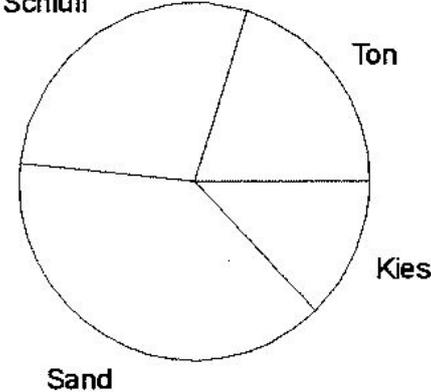
Stelle die Ergebnisse in Form eines Säulendiagramms dar.



b) Welche Vorteile bietet die Darstellung der Messwerte in Form eines Säulendiagramms? - Erläutere.

c) Stelle auf einem separaten Blatt die Messwerte einer eigenen Siebanalyse in Form eines Säulendiagramms dar.

Die graphische Darstellung von Messwerten: Kreisdiagramme

	<p>1. Basisinformation</p> <p>Beim Kreisdiagramm werden die Messwerte in Form von Kreisausschnitten dargestellt. So entspricht die Gesamtmasse einer durch eine Siebanalyse getrennten Bodenprobe dem Vollwinkel 360°. Jeder der Messwerte für die einzelnen Bodenbestandteile entspricht einem Kreisausschnitt, der wie folgt berechnet wird:</p> <p>Bei zwei gegebenen Werten a (Teilwert) und b (Gesamtwert) gilt für den zu berechnenden Winkel x des Kreisausschnittes: $x = a/b * 360^\circ$</p>
---	---

2. Aufgaben

a) Die mineralischen Bestandteile einer 160 g schweren Bodenprobe wurden durch eine Siebanalyse voneinander getrennt. Folgende Messwerte wurden aufgenommen:

Ton	Schluff	Sand	Kies
50 g	35 g	59 g	16 g

Stelle die Ergebnisse in Form eines Kreisdiagramms dar.

b) Welche Vorteile bietet die Darstellung der Messwerte in Form eines Kreisdiagramms? - Erläutere.

c) Stelle auf einem separaten Blatt die Messwerte einer eigenen Siebanalyse in Form eines Kreisdiagramms dar.

Der Wassergehalt des Bodens

1. Basisinformation

Die Teilchen des Bodens sind normalerweise von einem dünnen Wasserfilm überzogen. Dieses Wasser wird von den Pflanzenwurzeln aufgenommen.

2. Eure Aufgabe

Ihr sollt ein Experiment planen und durchführen, mit dem ihr herausfindet, wieviel Wasser eine Bodenprobe enthält.

3. Eure Versuchsbeschreibung

Nachdem ihr mit eurer Lehrkraft über eure Versuchsplanung gesprochen habt, schreibt bitte Schritt für Schritt auf, wie ihr vorgehen wollt und führt den Versuch bitte durch.

4. Beobachtungen und Messergebnisse

5. Erörterung

a) Berechne den Anteil des Wassers in der Bodenprobe.

b) Wie werden die Versuchsergebnisse beeinflusst, wenn noch Wasser in der Bodenprobe verbleibt? Ist der berechnete Anteil des Wassers dann zu hoch oder zu niedrig?

c) Warum sollte die Temperatur, bei der die Bodenprobe getrocknet wird, nicht höher als 100 °C sein?

d) Stelle auf einem separaten Blatt den Wasseranteil der Bodenprobe in Form eines Kreisdiagramms dar.

Die graphische Darstellung von Messwerten: Liniendiagramme

1. Basisinformation

Das Liniendiagramm dient der Darstellung einer Folge oder Reihe zusammengehöriger Messwerte in einem Koordinatensystem. Bei seiner Erstellung sind einige Grundregeln zu beachten, die mit Hilfe der nachfolgenden Aufgaben erarbeitet werden sollen.

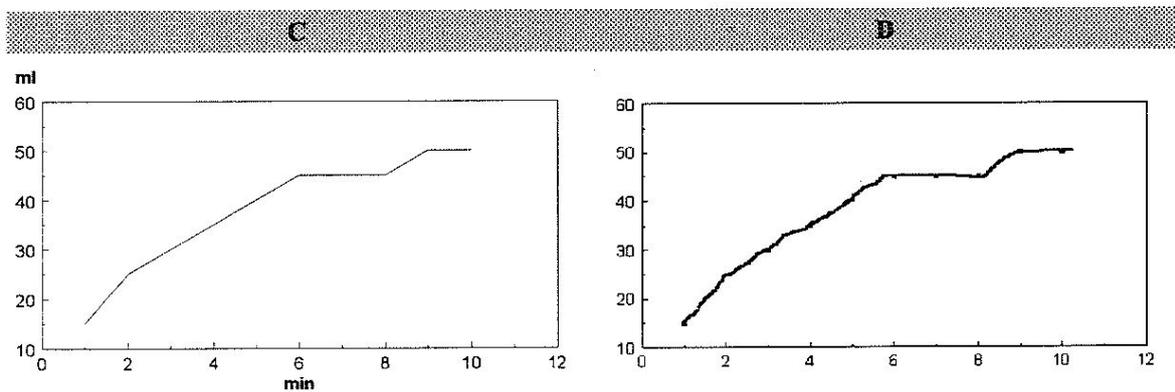
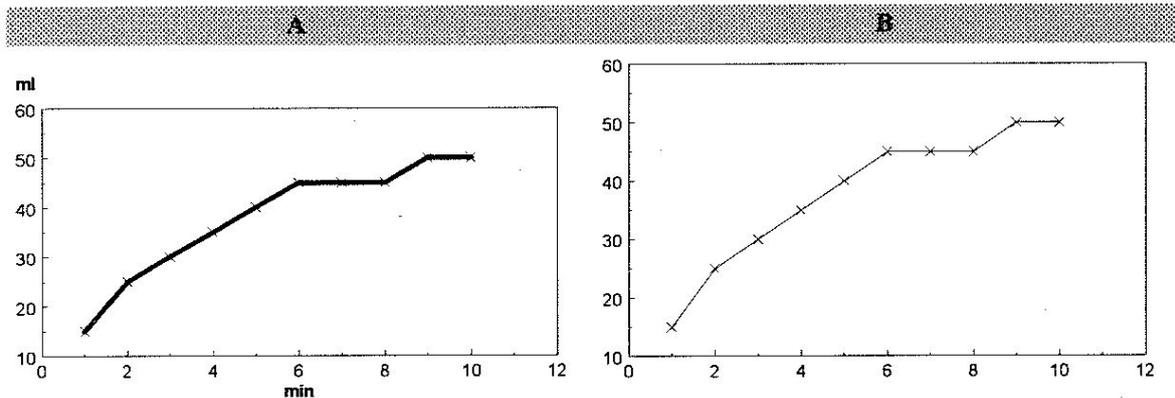
2. Aufgaben

In einem Versuch wurde ermittelt, welche Wassermenge in welchem Zeitraum in einem bestimmten Boden versickert. Folgende Messwerte wurden ermittelt:

min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ml	15	25	30	35	40	45	45	45	50	50

Von verschiedenen Schülerinnen und Schülern wurden diese Messwerte in Form von Liniendiagrammen dargestellt.

a) Was ist an den nachfolgenden Liniendiagrammen zu bemängeln? Erläutere.



b) Stelle nun auf einem separaten Blatt die Messwerte in Form eines Liniendiagrammes dar.

Die Wasserdurchlässigkeit des Bodens

1. Basisinformation

Der Wassergehalt des Bodens ist sehr wichtig für seine Fruchtbarkeit. Ein für landwirtschaftliche Zwecke geeigneter Boden sollte Wasser durchlassen, aber auch insbesondere in Trockenzeiten genügend Wasser für die Wurzeln der Pflanzen zurückhalten. Durchlässigkeit und Festhaltevermögen hängen von der Größe der Bodenteilchen ab.

2. Eure Aufgabe

Ihr sollt ein Experiment planen und durchführen, mit dem ihr herausfindet,

wie schnell Wasser durch verschiedene Böden sickert und

welche Wassermengen in welcher Zeit durch verschiedene Böden sickern.

Dazu stehen euch die folgenden Geräte und Materialien zur Verfügung: 2 Bodenproben, ein Messzylinder, eine Glasröhre, ein Trichter, Glaswolle, ein Becherglas, eine Uhr und Stativmaterial.

3. Eure Versuchsbeschreibung

Nachdem ihr mit eurer Lehrkraft über eure Versuchsplanung gesprochen habt, schreibt bitte Schritt für Schritt auf, wie ihr vorgehen wollt, fertigt eine beschriftete Zeichnung der Versuchsanordnung an und führt den Versuch bitte durch.

4. Eure Messungen

a) Welche Durchsickerzeiten haben beide Bodenproben?

b) Welche Wassermengen sickern in welcher Zeit durch die verschiedenen Bodenproben?

b1) Bodenprobe 1:

Zeit in min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Wassermenge in ml												

b2) Bodenprobe 2:

Zeit in min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Wassermenge in ml												

5. Auswertung

a) Zeichne zwei Liniendiagramme, die die in Aufgabe 4b) aufgenommenen Messwerte wiedergeben.

b) Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Größe der Bodenteilchen und der Wasserdurchlässigkeit? - Formuliere eine möglichst allgemeingültige Aussage.

Wassersaugkraft des Bodens

1. Basisinformation

Durch die Saugkraft des Bodens steigt das Wasser aus den unteren Bodenhorizonten in die höheren auf. Dies ist insbesondere in Trockenzeiten von Bedeutung, da auf diese Weise die Pflanzenwurzeln das Grundwasser nutzen können.

2. Eure Aufgabe

Ihr sollt ein Experiment planen und durchführen, mit dem ihr herausfindet, wie schnell und wie hoch Wasser durch verschiedene Böden aufgesogen wird.

Dazu stehen euch die folgenden Geräte und Materialien zur Verfügung: 2 Bodenproben, Wasser, ein Becherglas, zwei Glasröhren, ein Zentimetermaß, Glaswolle, eine Uhr und Stativmaterial.

3. Eure Versuchsbeschreibung

Nachdem ihr mit eurer Lehrkraft über eure Versuchsplanung gesprochen habt, schreibt bitte Schritt für Schritt auf, wie ihr vorgehen wollt, fertigt eine beschriftete Zeichnung der Versuchsanordnung an und führt den Versuch bitte durch.

4. Eure Messungen

a) In welcher Bodenprobe steigt das Wasser am höchsten?

b) Wie schnell wird das Wasser durch die verschiedenen Bodenproben aufgesogen?

b1) Bodenprobe 1:

Zeit in min													
Anstiegshöhe in cm													

b2) Bodenprobe 2:

Zeit in min													
Anstiegshöhe in cm													

5. Auswertung

a) Zeichne ein Liniendiagramm, das die in Aufgabe 4b) aufgenommenen Messwerte wiedergibt.

b) Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Größe der Bodenteilchen und der Saugkraft eines Bodens? - Formuliere eine möglichst allgemeingültige Aussage.

Nährsalzverluste des Bodens

1. Basisinformation

Für Pflanzen ist eine ausreichende Versorgung mit Nährsalzen von großer Bedeutung. Durch Niederschläge, insbesondere durch Sauren Regen, werden jedoch Salze aus dem Boden verstärkt ausgewaschen und herausgelöst. Der Verlust an Nährsalzen hat zur Folge, dass die Pflanzen nicht so gut wachsen und geschädigt werden.

Einer der wichtigsten Bestandteile der Nährsalze ist Eisen. Eisen lässt sich in wässrigen Lösungen nachweisen, indem man zu einer Eisenlösung etwas gelbes Blutlaugensalz hinzugibt: Es entsteht eine Blaufärbung.

2. Eure Aufgabe

Ihr sollt ein Experiment planen und durchführen, mit dem ihr nachweist, dass durch den Sauren Regen aus dem Boden Eisensalze ausgewaschen werden. Dazu stehen euch die folgenden Geräte und Materialien zur Verfügung: eine Bodenprobe, stark verdünnte Schwefelsäure („Saurer Regen“), gelbes Blutlaugensalz, destilliertes Wasser, Filtrierpapier, ein Trichter, Reagenzgläser und ein Reagenzglasständer.

3. Eure Versuchsbeschreibung

Nachdem ihr mit der Lehrkraft über eure Versuchsplanung gesprochen habt, schreibt bitte Schritt für Schritt auf, wie ihr vorgehen wollt, fertigt eine beschriftete Zeichnung der Versuchsanordnung an und führt den Versuch durch.



4. Eure Beobachtungen

5. Erörterung

Die Übersäuerung von Böden erleichtert nicht nur die Auswaschung von Nährsalzen, sie erschwert auch die Nährsalzaufnahme der Pflanzen, da sie die Wurzeln schädigt. Wie wirkt man dem in der Landwirtschaft oder im Gartenbau entgegen? - Erkundige dich in einem landwirtschaftlichen Betrieb oder in einer Gärtnerei.

Maßnahmen gegen Nährsalzverluste

1. Basisinformation

Der Säuregehalt des Bodens nimmt seit einigen Jahren in vielen Gebieten Deutschlands infolge des Sauren Regens zu, hiervon betroffen sind vor allem Böden, die keinen oder nur wenig Kalk enthalten, der die Säuren des Sauren Regens neutralisiert oder - wie es in der Fachsprache heißt – „abstumpft“.

Vom Sauren Regen sind vor allem Waldböden betroffen: Ihre zunehmende Versauerung zieht eine Reihe von nachteiligen Änderungen wie Freisetzung von giftigen Metallsalzen, Auswaschen von Nährsalzen und die Schädigung der Pflanzenwurzeln nach sich. Die Folge sind forstwirtschaftliche Schäden in Milliardenhöhe.

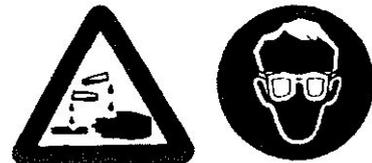
Aus diesem Grunde versucht man seit einigen Jahren, durch Kalkung der Waldböden der Bodenversauerung entgegenzuwirken.

2. Eure Aufgabe

Ihr sollt ein Experiment planen und durchführen, mit dem ihr nachweist, dass kalkhaltige Böden durch den Sauren Regen weniger geschädigt werden. Dazu stehen euch die folgenden Geräte und Materialien zur Verfügung: eine Bodenprobe, stark verdünnte Schwefelsäure (Saurer Regen), gelbes Blutlaugensalz, Kalk, Wasser, Filtrierpapier, ein Trichter, Reagenzgläser und ein Reagenzglasständer.

3. Eure Versuchsbeschreibung

Nachdem ihr mit der Lehrkraft über eure Versuchsplanung gesprochen habt, schreibt bitte Schritt für Schritt auf, wie ihr vorgehen wollt, fertigt eine beschriftete Zeichnung der Versuchsanordnung an und führt den Versuch durch.



4. Eure Beobachtungen

5. Eure Schlussfolgerungen

Ist es sinnvoll, Waldböden mit Kalk zu düngen? - Begründe anhand der gemachten Beobachtungen.

Bodenversalzung

1. Basisinformation

Liegen klimatische Bedingungen vor, bei denen die Verdunstung des Wassers größer als der Niederschlag ist (trockenes oder arides Klima), so kommt es oftmals zu einer Salzanreicherung im Bereich der Bodenoberfläche, wenn sich Salzlagerstätten in Oberflächennähe befinden oder das Grund- oder Oberflächenwasser salzhaltig ist.

Bewässerungsmaßnahmen oder der Anstieg des Grundwasserspiegels z. B. durch Stauseeanlagen fördern den Salzaufstieg.

2. Eure Aufgabe

Ihr sollt ein Experiment planen und durchführen, mit dem ihr den Salzaufstieg in einer Bodenprobe nachweist. Dazu stehen euch die folgenden Geräte und Materialien zur Verfügung: eine Bodenprobe, eine große Petrischale (Durchmesser: 15 cm), ein Spatellöffel, Salz, Wasser.

3. Eure Versuchsbeschreibung

Nachdem ihr mit eurer Lehrerin oder eurem Lehrer über eure Versuchsplanung gesprochen habt, schreibt bitte Schritt für Schritt auf, wie ihr vorgehen wollt, fertigt eine beschriftete Zeichnung der Versuchsanordnung an und führt den Versuch bitte durch.

4. Eure Beobachtungen

5. Eure Erläuterungen

a) Kann aus den Beobachtungen auf einen Salzaufstieg im Boden geschlossen werden? - Begründe.

b) Durch welche Versuchsbedingungen wurde ein arides Klima nachgestellt (simuliert)?

c) Warum wurden im Versuch große Petrischalen und keine hohen Bechergläser verwandt?

4 Literaturhinweise

- ALCUBILLA, M. und RODENKIRCHEN, H.: Der Boden: Aufbau, Entstehung, Entwicklung, NiU Physik/Chemie 33, 260 (1985).
- ANDRES-EICH, U. et al.: Nitratbelastung von Trinkwasser und Gemüse, Landwirtschaft und Umwelt Heft 1, Bad Kreuznach 1994 (Pädagogisches Zentrum des Landes Rheinland-Pfalz).
- ANDRES-EICH, U. et al.: Nutzen und Risiken des chemischen Pflanzenschutzes, Landwirtschaft und Umwelt Heft 4, Bad Kreuznach 1995 (Pädagogisches Zentrum des Landes Rheinland-Pfalz).
- ARBEITSGEMEINSCHAFT BODENKUNDE: Bodenkundliche Kartieranleitung, Stuttgart 1996 (E. Schweizerbart).
- BADE, L.: Versuche zum Stickstoffkreislauf, Unterricht Biologie 5, 31 (57/1981).
- BAER, H.-W.: Biologische Versuche im Unterricht, Köln 1974 (Aulis).
- BEERENS, H., Schnitzler H. und G. Vierbuchen: Lebensgrundlage Boden - Unterrichtsvorschläge für die Sekundarstufe I, Bad Kreuznach 1990 (Pädagogisches Zentrum).
- BEGEROW, G.-G. und RODI, D.: Eigenschaften verschiedener Böden, Unterr. Biol. 5, 24 (57/1981).
- BIBERACHER, G.: Die Herstellung von NPK-Dünger, NiU Physik/Chemie 32, 362 (1984).
- BOCHTER, R.: Boden und Bodenuntersuchungen, Köln 1995 (Aulis).
- BÖHM, W. u. a.: Ernährung, Pflege und Schutz von Kulturpflanzen, Studienmaterialien Band 59, Speyer 1984 (Staatliches Institut für Lehrerfort- und -weiterbildung).
- BRUCKER, G.: Bodenbiologie, Unterricht Biologie 5, 2 (57/1981).
- BRUCKER, G.: Wurzeln benötigen lockeren Boden, Unterricht Biologie 5, 12 (57/1981).
- BOLSCHO, D. und SEYBOLD, H.: Umweltbildung und ökologisches Lernen, Berlin 1996 (Cornelsen Scriptor).
- BUCHNER, A.: Grundlagen der Pflanzenernährung, NiU Physik/Chemie 32, 342 (1984).
- BÜTTNER, D.: Düngemittel im Experimentalunterricht der Sekundarstufe I, NiU Physik/Chemie 32, 367 (1984).
- BÜTTNER, D.: Justus von Liebig und die Agrikulturchemie, NiU Physik/Chemie 32, 337 (1984).
- BUKATSCH, F.: Das kleine pflanzenphysiologische Praktikum, Stuttgart 1973 (G. Fischer)
- BRUCKER, G. und KALUSCHE, D.: Bodenbiologisches Praktikum, Heidelberg 1976 (Quelle & Meyer).
- DÄMMGEN, U. und FRÜHAUF, D.: Bodenversauerung und Kalkdüngung, NiU Physik/Chemie 33, 291 (1985).
- DAUMER, K. und SCHUSTER, M.: Stoffwechsel, Ökologie und Umweltschutz, München 1991 (Bayerischer Schulbuchverlag).

FALKE, F.: Gartenarbeiten im Schulgarten, Unterricht Biologie, 3, 36/37: 12 (1979).

FALTERMEIER, R.: Lebensraum Boden, Stuttgart 1996 (Klett).

GREBEL, D.: Torfmoos - Ein natürlicher Kationenaustauscher, PdN Biologie 26, 215 (1977).

HARTL, K.: Struktur und Chemie der Bodenminerale, NiU Physik/Chemie 33, 267 (1985).

HÄFNER, M.: Das Öko-Testbuch, Niedernhausen 1986 (Falken Verlag).

HAGENSTEIN, K.: Die Nitrat-Story, Darmstadt 1988 (E. Merck).

IMA (Informationsgemeinschaft für Meinungspflege und Aufklärung): Der offene Hof - Fragen und Kontakte zur Betriebserkundung, Hannover 1994 (Selbstverlag).

KALUSCHE, D.: Der Komposthaufen, Unterr. Biol. 5, 38 (57/1981).

KORTMANN-NIEMITZ, I.: Einfache Experimente für den Erdkunde-Unterricht, Stuttgart 1988 (Ernst Klett).

LUTZ, B. und MERTENS, C.: Eine Analyse von Ackererde zur Vorbereitung der Düngung, NiU Physik/Chemie 32, 372 (1984).

MACKEAN, D. G.: Experimental Work in Biology, Combined Edition, London 1983 (John Murray).

MARKS, R., KLASSEN, H., TSCHAPKE, H. und HENN, R.: Biologisch gärtnern im Schulgarten, Umwelterziehung praktisch 1/85, Bad Kreuznach 1985 (Pädagogisches Zentrum des Landes Rheinland-Pfalz).

MCDUELL, B.: Science - Coursework Companion, London 1989 (Charles Letts).

PEWS-HOCKE, C. (Hrsg.): Boden. Themenheft für den fächerübergreifenden Lernbereich "Naturwissenschaften", Berlin 1997 (PAETEC).

PEWS-HOCKE, C. (Hrsg.): Boden. Lehrerheft, Berlin 1997 (PAETEC).

PERKINS, P.: Measuring the physical properties of soil, SSR 75, 82 (273/1994).

PHILIPP, E.: Experimente zur Untersuchung der Umwelt, München 1993 (Bayerischer Schulbuch-Verlag).

PFEIFER, P. und I. Preiß: Bodenkundliche Untersuchungen, NiU Physik/Chemie 33, 277 (1985).

RÉSAU IDÉE et. al.: Internet & Environmental Education in Europe, Brüssel 1996 (Selbstverlag).

RICHTER, J.: Der Boden als Reaktor, Stuttgart 1986 (Enke).

SABEL, P.: Kommunale Waldökostation Remstecken (Koblenz) - ein Beitrag zur Planung und Nutzung außerschulischer Lernorte in Zusammenarbeit von Schule und Gemeinde mit einer exemplarischen Darstellung der Arbeitsweisen am Beispiel "Boden", Landau 1993 (Gesellschaft für Naturschutz und Ornithologie Rheinland-Pfalz).

SABEL, P.: Schulnahe Umwelterziehungseinrichtungen Rheinland-Pfalz (SchUR) - Einführung in die Bodenbiologie und -geographie, Boppard o. J. (Staatliches Institut für Lehrerfort- und -weiterbildung des Landes Rheinland-Pfalz).

SCHADE, M. und STORRER, J.: Umwelterziehung im Biologieunterricht: Wissenswertes und Schulversuche zur Kompostierung, MNU 47, 482 (8/1994).

SCHAUERMANN, J.: Wie werden Räuber-Beute-Verhältnisse ermittelt?, Unterr. Biol. 5, 41 (57/1981).

- SCHEFFER, F. und SCHACHTSCHNABEL, P.: Lehrbuch der Bodenkunde, Stuttgart 1996 (Enke).
- SCHLICHTING, E., BLUME, H.P. und STAHR, K.: Bodenkundliches Praktikum, Berlin 1995 (Parey).
- SCHROEDER, D.: Bodenkunde in Stichworten, Unterägeri 1983 (Hirt).
- SEYBOLD, H. und LEBHERZ, B.: Ein Schulgarten hat viel zu bieten, in: Projektideen 1 umwelt: biologie, Stuttgart 1995 (Ernst Klett).
- SLABY, P.: Wir erforschen den Boden, Göttingen 1988 (AOL-Verlag).
- STEINECKE, F. und AUGÉ, R.: Experimentelle Biologie, Heidelberg 1976 (Quelle & Meyer).
- STENGEL, E.: Ökologie, in: Handbuch der praktischen und experimentellen Schulbiologie, hrsg. von H.-H. Falkenhahn, Studienausgabe in 8 Bänden, Band 5, S. 273 ff., Köln 1981 (Aulis).
- STURM, H.: Gezieltes Pflanzenwachstum durch Düngung, NiU Physik/Chemie 32, 349 (1984).
- TRESMAN, S.: Doing Biology - A Handbook of Skills for GCSE, Walton-on-Thames 1987 (Thomas Nelson).
- TROMMER, G. und GUTTMANN, R.: Nahrungsbeziehungen von Bodentieren, Unterr. Biol. 5, 18 (57/1981).
- VERBAND DER CHEMISCHEN INDUSTRIE (Hrsg.): Boden, Frankfurt 1987.
- VOGTMANN, H.: Landwirtschaft ganz anders, NiU Physik/Chemie 32, 354 (1984).
- WINKEL, G.: Der Schulgarten im Schulgelände, Unterricht Biologie, 3, 36/37: 4 (1979).
- WINKEL, G.: Ökologische Versuchsgärten, Unterricht Biologie, 3, 36/37: 26 (1979).
- WOLF, A. und WOLL, E.: Aktives Lernen auf dem Geoökologischen Lehrpfad Gau-Algesheim, umweltziehung praktisch 39, 22 (1997).
- WOLSCH, J.: Luftverschmutzung - Bodenbelastung, NiU Physik/Chemie 33, 284 (1985).
- ZECH, W.: Humus, NiU Physik/Chemie 33, 274 (1985).

Weitere aktuelle Literaturhinweise und Internetadressen:

- CORNELSEN VERLAG GMBH & CO. OHG: Naturwissenschaften. Biologie 1. Boden. Lehrbuch. RSR, Berlin. www.cornelsen.de
- DUDEN Paetec GmbH: Boden – Die Haut der Erde, Berlin 2007.
www.duden-paetec.de
- ERNST KLETT VERLAG GMBH: PRISMA Projekt Naturbeobachtung, Stuttgart 2007.
www.klett.de
- ERHARD-FRIEDRICH-VERLAG (Im Brande 17, 30926 Seelze/Velber, <http://friedrich-verlagsgruppe.de>): Fachzeitschrift, geographie heute Nr. 42, Boden, 1986
Fachzeitschrift, Unterricht Biologie Nr. 144, Bodenschutz, 1989
Fachzeitschrift, geographie heute Nr. 161, Lernkartei III: Boden, 1998
- <http://www.bodenwelten.de>
<http://ping.lernnetz.de>
<http://hamburger-bildungsserver.de/umwelterz/boden.html>

5 Erläuterung der Symboleisten

Der Schwerpunkt der Arbeit liegt auf:

B	C	P	M	FI
----------	----------	----------	----------	-----------

B	Biologischen Aspekten
C	Chemischen Aspekten
P	Physikalischen Aspekten
M	Mathematischen Aspekten
FI	Fächerintegrativen Aspekten

?					
---	---	---	---	---	---

?	Fragen, Vorhersagen, Planen, Hypothesen bilden
	Informationsbeschaffung
	Beobachtungen, experimentellen Tätigkeiten
	Auswerten
	Deuten
	Auswerten mit Hilfe des Computers

	
---	---

	Tätigkeiten im Freien
	Tätigkeiten in Unterrichtsräumen

	
---	---

	Einzelarbeit
	Partner- oder Gruppenarbeit



5	Zeitbedarf in Minuten
d	Zeitbedarf geht über einen Tag hinaus