

# Unterrichtsmaterialien zum Thema Boden

I. und II. Sekundarstufe



Regierungspräsidium  
Karlsruhe

Abteilung:  
Umweltschutz u. Wasserwirtschaft  
Dr. Thore Berg  
Monika Rößing - Böckmann





# Unterrichtsmaterialien zum Thema Boden

I. und II. Sekundarstufe

Herausgegeben vom  
Regierungspräsidium Karlsruhe

Karlsruhe 2003

**IMPRESSUM**

<b>Herausgeber</b>	Regierungspräsidium Karlsruhe Abteilung 5, Umweltschutz und Wasserwirtschaft Dr. Thore Berg Schloßplatz 1 -3, 76131 Karlsruhe <a href="http://www.rp.baden-wuerttemberg.de/karlsruhe/">http://www.rp.baden-wuerttemberg.de/karlsruhe/</a>
<b>Bearbeitung</b>	SOLE Nordbaden e.V. - Dörthe Reske-Hendler - Yvonne Buchleither
<b>Auftraggeber:</b>	Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg



---

<b>TEIL I - LEHRERINFORMATIONEN .....</b>	<b>8</b>
<b>1. Einführung .....</b>	<b>8</b>
<b>2. Bodenentwicklung - Bodengenese.....</b>	<b>11</b>
2.1 Physikalische (mechanische) Verwitterung .....	11
2.2 Chemische Verwitterung .....	13
2.3 Biologische Verwitterung.....	14
<b>3. Bodeneigenschaften .....</b>	<b>14</b>
3.1 Korngröße und Bodenart.....	16
3.2 Bodengefüge .....	17
3.3 Bodenporen.....	20
3.4 Bodenluft .....	22
3.5 Bodenwasser .....	23
3.6 Bodentemperatur .....	24
3.7 Kalkgehalt.....	25
3.8 pH-Wert.....	26
3.9 Humusgehalt und Humusform .....	28
3.10 Nährstoffe.....	30
<b>4. Bodentypen.....</b>	<b>31</b>
4.1 Bodenlandschaften .....	32
<b>5. Bodenfunktionen .....</b>	<b>33</b>
5.1 Lebensraum für Bodenorganismen.....	33
5.2 Standort für natürliche Vegetation .....	34
5.3 Standort für Kulturpflanzen .....	35
5.4 Ausgleichskörper im Wasserkreislauf .....	37
5.5 Filter und Puffer für Schadstoffe .....	38
5.6 Landschaftsgeschichtliche Urkunde .....	39
<b>6. Boden in Gefahr / Bodenschutz.....</b>	<b>40</b>
6.1 Erosion .....	41
6.2 Verdichtungen .....	44
6.3 Versauerung.....	46
6.4 Versiegelung/Verbrauch.....	48
6.5 S(chads)toffeinträge.....	49
<b>7. Gesamtübersicht der Versuche und Untersuchungen zum Boden .....</b>	<b>53</b>
<b>TEIL II - ARBEITSKARTEI.....</b>	<b>57</b>
<b>1. Versuche und Untersuchungen zum Boden .....</b>	<b>57</b>
<b>2.1 V1 Bodenentwicklung - mechanische Verwitterung - Frostsprengung.....</b>	<b>58</b>
<b>2.1 V2 Bodenentwicklung mechanische Verwitterung - Temperatursprengung .....</b>	<b>59</b>

---

2.2 V1 Bodenentwicklung - chemische Verwitterung - Lösen / Hydrolyse.....	60
2.2 V2 Bodenentwicklung - chemische Verwitterung - Stalagmiten / Stalaktiten ....	60
3.1 V1 Bodeneigenschaften - Korngröße und Bodenart - Fingerprobe .....	61
3.1 V2 Bodeneigenschaften - Korngröße und Bodenart - Schlämmprobe .....	63
3.1 V3 Bodeneigenschaften - Korngröße und Bodenart - Klänge .....	64
3.1 V4 Bodeneigenschaften - Korngröße und Bodenart - Kunst.....	65
3.2 V1 Bodeneigenschaften - Gefügeformen.....	66
3.3 V1 Bodeneigenschaften – Bodenporen - Porenvolumen und Luftgehalt.....	67
3.4 V1 Bodeneigenschaften - Bodenluft.....	68
3.5 V1 Bodeneigenschaften - Bodenwasser - Wasserspeicher .....	69
3.5 V2 Bodeneigenschaften - Bodenwasser - Saugkraft .....	70
3.6 V1 Bodeneigenschaften - Bodentemperatur .....	71
3.7 V1 Bodeneigenschaften - Kalkgehalt (Carbonatgehalt) in Böden.....	73
3.8 V1 Bodeneigenschaften - pH-Wert .....	74
3.9 V1 Bodeneigenschaften - Humus – Recycling: vom Blatt zur Erde.....	75
3.9 V2 Bodeneigenschaften - Humusgehalt .....	76
3.10 V1 Bodeneigenschaften - Nährstoffe .....	77
3.10 V2 Bodeneigenschaften - Nährstoffe – Stickstoff/Nitrat .....	78
4.1 V1 Bodentypen - Bodenprofil.....	79
4.1 V2 Bodentypen - Bodenprofil – Rendzina.....	81
4.1 V3 Bodentypen - Bodenprofil - Parabraunerde .....	82
4.1 V4 Bodentypen - Bodenprofil - Podsol.....	83
4.1 V 5 Bodentypen - Bodenprofil - Gley.....	84
5.1 V1 Bodenfunktionen - Lebensraum für Bodenorganismen .....	86
5.1 V2 Bodenfunktionen - Lebensraum für Bodenorganismen .....	86
5.1 V3 Bodenfunktionen - Lebensraum für Bodenorganismen- Aktivität.....	88
5.2 V1 Bodenfunktionen - Standort für natürliche Vegetation - Zeigerpflanzen .....	89
5.2 V2 Bodenfunktionen - Standort für natürliche Vegetation - Stadtvegetation ....	90
5.2 V3 Bodenfunktionen - Standort für natürliche Vegetation – Geschichten .....	91
5.3 V1 Bodenfunktionen - Standort für Kulturpflanzen - Bodenfruchtbarkeit.....	92
5.4 V1 Bodenfunktionen - Ausgleichskörper im Wasserkreislauf.....	93

---

5.5 V1 Bodenfunktionen - Filter und Puffer für Schadstoffe - Reinigung.....	94
5.5 V2 Bodenfunktionen - Filter und Puffer für Schadstoffe - Pufferkapazität.....	95
6.1 V1 Boden in Gefahr – Bodenschutz - Winderosion – Boden in Bewegung .....	96
6.1 V2 Boden in Gefahr – Bodenschutz - Wassererosion .....	97
6.1 V3 Boden in Gefahr – Bodenschutz - Erosion - Der Mann mit den Bäumen.....	98
6.2 V1 Boden in Gefahr – Bodenschutz - Verdichtung .....	98
6.3 V1 Boden in Gefahr – Bodenschutz - Versauerung .....	99
6.4 V1 Boden in Gefahr – Bodenschutz - Versiegelung – Boden verschwindet....	100
6.5 V1 Boden in Gefahr – Bodenschutz - Giftmordanschlag – Fall 1/1 .....	101
6.5 V2 Boden in Gefahr – Bodenschutz - Giftmordanschlag – Fall 1/2.....	103
<b>TEIL II ARBEITSBLÄTTER (AB).....</b>	<b>104</b>
2.1 A - V1 Bodenentwicklung - Frostsprengung .....	105
2.1 A - V2 Bodenentwicklung - Temperatursprengung .....	105
2.2 A - V1 Bodenentwicklung – chemische Verwitterung - Lösen, Hydrolyse.....	106
2.2 A - V2 Bodenentwicklung – Stalagmiten / Stalaktiten .....	107
3.1 A - V1 Bodeneigenschaften - Fingerprobe .....	108
3.1 A - V2 Bodeneigenschaften - Schlämprobe .....	109
3.3 A - V1 Bodeneigenschaften - Bodenporen .....	110
3.5 A - V1 Bodeneigenschaften - Wasserspeicher.....	111
3.5 A - V2 Bodeneigenschaften - Saugkraft.....	112
3.6 A - V1 Bodeneigenschaften - Temperatur.....	113
3.7 A - V1 Bodeneigenschaften - Kalkgehalt in Böden.....	114
3.8 A - V1 Bodeneigenschaften - pH-Wert.....	115
3.9 A - V1 Bodeneigenschaften - Recycling: vom Blatt zur Erde Teil 1 .....	116
3.9 A - V1 Bodeneigenschaften - Recycling: vom Blatt zur Erde Teil 2.....	117
3.9 A - V2 Bodeneigenschaften - Humusgehalt.....	118
3.10 A - V1 Bodeneigenschaften - Nährstoffe .....	119
3.10 A - V2 Bodeneigenschaften - Nährstoffe - Stickstoff.....	120
4.1 A - V1 Bodentypen - Bodenprofil .....	121
5.1 A - V1 Bodenfunktionen – Lebensraum für Bodenorganismen .....	122
5.1 A - V2 Bodenfunktionen - Regenwürmer .....	123

---

<b>5.1 A - V3</b>	<b>Bodenfunktionen – Aktivität der Bodentiere</b> .....	124
<b>5.2 A - V1</b>	<b>Bodenfunktionen - Standort für natürliche Vegetation</b> .....	125
<b>5.2 A - V2</b>	<b>Bodenfunktionen - – Pflanzen in der Stadt</b> .....	126
<b>5.2 A - V3</b>	<b>Bodenfunktionen - Geschichten</b> .....	127
<b>5.4 A - V1</b>	<b>Bodenfunktionen - Wasserkreislauf</b> .....	128
<b>5.5 A - V1</b>	<b>Bodenfunktionen - Filter und Puffer für Schadstoffe - Reinigung</b> .....	129
<b>6.1 A - V1</b>	<b>Boden in Gefahr – Bodenschutz - Erosion?</b> .....	130
<b>6.2 A - V1</b>	<b>Boden in Gefahr – Verdichtung</b> .....	131
<b>6.3 A - V1</b>	<b>Boden in Gefahr – Bodenschutz - Versauerung</b> .....	132
<b>6.4 A - V1</b>	<b>Boden in Gefahr – Bodenschutz - Versiegelung</b> .....	133
<b>6.5 A - V1</b>	<b>Boden in Gefahr – Bodenschutz - Giftmordanschlag Fall 1/1</b> .....	134
<b>6.5 A - V1</b>	<b>Boden in Gefahr – Bodenschutz - Giftmordanschlag Fall 1/2</b> .....	135

## **Anhang**

**Anhang 1: Folien**

**Anhang 2: Bestimmungstabellen**

**Anhang 3: Weiterführende Informationen**

**Anhang 4: Literatur, Informationen, Adressen**

**Anhang 5: Glossar**

# Unterrichtsmaterialien zum Thema Boden - I. und II. Sekundarstufe

## Teil I - Lehrerinformationen

### 1. Einführung

*„Die Erde ist ein lebendiges Wesen, die Felsen Knochen, die Pflanzen das Haar, das Wasser das Blut.“*

*Leonardo da Vinci*

Wer sich bereits mit dem Boden näher befasst hat, erkennt, wie er in unserem Alltag ständig präsent ist. Dies zeigen auch Aussprüche wie:

- den Boden unter den Füßen verlieren,
- das ist eine bodenlose ..... !,
- Mutter Erde,
- Mutterboden,
- Dachboden,
- auf fruchtbaren Boden fallen (Gleichnis vom Sämann Matth. 13,8 und Mark. 4,8),
- vor Scham wäre er am liebsten in den Boden versunken,
- wie aus dem Boden gestampft,
- am Boden zerstört,
- dem Erdboden gleichmachen.

Diese Handreichung will dazu beitragen, dass Jugendliche das Umweltmedium Boden erfahren und begreifen lernen. Im Gegensatz zu den zwei geschützten Umweltmedien Luft und Wasser, blieb der Boden lange Zeit nahezu unbeachtet, obwohl die Forschung unser Wissen über den Boden immer mehr erweitert.

Dies mag wohl daran liegen, dass der Boden in uns unterschiedliche Gefühle und Gedanken auslöst. Der Boden wird z.B. als Ort für Begräbnisse mit dem Tod in Verbindung gebracht. Wir vergessen dabei ganz, worauf wir unsere Lebensgrundlage begründen. Der Boden bildet gemeinsam mit den Umweltmedien Luft und Wasser die Voraussetzung für unser Dasein auf dieser Erde.

Über Jahrtausende hinweg war dem größten Teil der Bevölkerung der Umgang mit dem Boden vertraut. Der Boden war Garant für genießbares Trinkwasser und er ermöglichte das Heranwachsen der notwendigen Nahrungsmittelpflanzen. Der Boden wurde nicht nur für die momentane Generation genutzt, sondern blieb auch nahezu unbeschadet den Folgegenerationen erhalten. Der Mensch war ein Teil der Natur, was sich an den überlieferten Mythologien z.B. Mutter Erde, Persephone oder in den Gedanken der Naturreligionen wider-

spiegelt wie z.B:

*„Wenn wir der Erde etwas wegnehmen, müssen wir ihr auch etwas zurückgeben“ Jimmie C. Begay (Navajo-Indianer)*

Heute nutzen wir das Umweltmedium Boden, als wäre es beliebig regenerierbar und vermehrbar.

Wir entnehmen dem Boden seine Schätze, versiegeln ihn, lassen Schadstoffe direkt oder über die Luft eintragen und wir verändern ganze Landschaften.

Gesetze sollen unseren Boden schützen helfen.

Auf Grundlage dieser Unterrichtsmaterialien kann den SchülerInnen exemplarisch das komplexe Ökosystem Boden interdisziplinär Schritt für Schritt vermittelt werden. Ein fachlicher Bezug kann zu den Schulfächern Biologie, Chemie, Physik, Erdkunde, Kunst, Geschichte oder auch Deutsch hergestellt werden.

Folgende Unterlagen werden angeboten:

<b>Unterlagen</b>	<b>Inhalt</b>	<b>Gestaltung</b>	<b>Nutzer</b>
<b>Lehrerinformationen</b>	fachliche Informationen mit Verweisen auf gleiche oder verwandte Themen und didaktischen Anmerkungen		LehrerInnen
<b>Arbeitskartei</b>	besteht aus zwei Teilen: - einer fachlichen Einführung und - einer Anleitung zum Versuch bzw. zur Untersuchung (selbständiges Arbeiten ist möglich)	Evtl. auf farbiges Papier kopieren, in der Mitte falten, in Folie schweißen und in einen Karteikasten stellen. Mehrmaliger Gebrauch möglich und exkursions-tauglich	SchülerInnen
<b>Arbeitsblätter</b>	Ergebnisse oder sonstige Bemerkungen werden eingetragen; auch als Lernkontrolle geeignet		SchülerInnen
<b>Folien</b>	Bilder, Graphiken oder Abbildungen als Aufhänger bzw. Einstiegsmöglichkeit für das jeweilige Unterrichtsthema (s. Anhang 1)		LehrerInnen
<b>Bestimmungstabeln</b>	Klassifizierung bzw. Einordnen der Ergebnisse (s. Anhang 2)	evtl. einzeln auf Karton kopieren und in Folie schweißen (exkursions-tauglich)	alle

Unterlagen	Inhalt	Gestaltung	Nutzer
<b>Weiterführende Informationen</b>	Weitere Informationen wenn dies erwünscht oder notwendig ist (s. Anhang 3)		alle
<b>Literatur, Informationen, Adressen</b>	Quellenangaben; Informationen zum Thema Boden aus verschiedenen Medien wie Buch, Film, Dia, PC, Internet; Adressen; Ansprechpartner für fachliche Exkursionen (s. Anhang 4)		alle
<b>Glossar</b>	Erklärung von Fachbegriffen (s. Anhang 5)		alle

Inhaltlich sind die Kapitel Bodenentwicklung, Bodeneigenschaften, Bodentypen, Bodenfunktionen und Boden in Gefahr / Bodenschutz aufgeführt, die fachlich weiter in Unterkapitel gegliedert sind. Damit das Wissen leicht vermittelt werden kann, stehen pro Unterkapitel ein bis vier Versuche bzw. Untersuchungen zur Auswahl.

In der tabellarischen Übersicht sind zu allen Versuchen bzw. Untersuchungen das geeignete Unterrichtsfach, die Versuchsdauer, die Querverweise zu anderen Versuchen bzw. Untersuchungen sowie das Anforderungsprofil (leicht + / mittel ++/ hoch +++) aufgelistet.

Für die LehrerInnen liegen **Lehrerinformationen** mit Angaben zu Verweisen und didaktischen Anmerkungen zum jeweiligen Thema vor. Weiterhin stehen für verschiedene Themenbereiche Folien (s. Anhang 1) als Einstieg oder Vertiefung zur Verfügung. Für einige Bereiche wurden weiterführende Informationen (s. Anhang 3) ausgearbeitet, die die LehrerInnen, je nach Situation, den SchülerInnen weitergeben können (z.B. nach bearbeitetem Arbeitsblatt).

Die SchülerInnen erhalten über die **Arbeitskarteien** Informationen zum jeweiligen Thema. Diese Arbeitskarteien können in einem Karteikasten aufbewahrt und eventuell auf farbigem Papier kopiert, mittig gefaltet und in Folien verschweißt werden. Die Versuchsanleitung ermöglicht ein selbständiges Erarbeiten der Fragestellungen in der Gruppe oder einzeln. Die SchülerInnen tragen die Ergebnisse in die dafür vorgefertigten **Arbeitsblätter** ein, die sie als Lernkontrolle mit nach Hause nehmen können.

Die **Bestimmungstabeln** zur Klassifizierung der Versuchs- bzw. Untersuchungsergebnisse sind separat im Anhang 2 zusammengefasst. Sie können auf Exkursionen mitgenommen werden (hierfür vorher in Folie schweißen). Zusätzlich sind **weiterführende Informationen** (Anhang 3) zu den einzelnen Themen zusammengestellt. Fachspezifische Ausdrücke sind im **Glossar** (Anhang 5) aufgeführt.

**Da man nur schützen kann, was man kennt**, sind direkte Erfahrungen mit dem Boden im Rahmen einer Exkursion (z.B. Besichtigung eines Steinbruchs, begehen eines Bodenlehrpfads) unentbehrlich. Informationen zu den verschiedenen **Medien und Adressen bzw. Ansprechpartner** sind im Anhang 4 enthalten.



Das Medium Internet eröffnet einen weiteren Zugang zum Element Boden. Recherchen z.B. im Informationssystem BofaWeb der Landesanstalt für Umweltschutz in Karlsruhe helfen bodenkundliche Fragestellungen zu beantworten oder stellen konkrete Untersuchungsergebnisse zur Verfügung.

Der Boden, ein sehr komplexes Element, ist nicht nur über einen rein naturwissenschaftlichen Zugang erschließbar. Einen nachhaltigen Eindruck kann der Boden über einen Quereinstieg wie Märchen, Phantasiereise, Mystik, Kunst, oder Kuriosum hinterlassen. Der erste Eindruck weckt dann das Interesse, mehr über den Boden erfahren zu wollen.

Beispiele zum Quereinstieg sind als Arbeitskartei ausgearbeitet. Außerdem wird in der Lehrerinformation auf die entsprechenden Einstiegsmöglichkeiten hingewiesen.

Diese Vielzahl von unterschiedlichen „Bodenzugängen“ erhöht die Chancen, das Interesse der SchülerInnen für den Boden zu wecken und sie für die Gefahren, die das Ökosystem Boden bedrohen, zu sensibilisieren.

**Denn Boden ist nicht vermehrbar, und wir haben nur diese eine Erde.**

## **2 Bodenentwicklung - Bodengenese**

Die Entwicklung vom undifferenzierten Gestein zum oft stark gegliederten Boden, kann in den verschiedenen Landschaften bzw. Regionen der Erde einen sehr unterschiedlichen Verlauf nehmen, Richtung und Geschwindigkeit der Bodengenese werden von den lokal bzw. regional vorherrschenden, bodenbildenden Faktoren: Klima - Ausgangsgestein - Schwerkraft und Relief - Wasser - Fauna und Flora - menschliche Eingriffe bestimmt.

Die Faktoren bestimmen, wie intensiv und in welcher Art die bodenbildenden Prozesse Verwitterung, Verbraunung, Verlehmung, Gefügebildung, Belebung und Humusbildung ablaufen.

Der erste Schritt dieser bodenbildenden Prozesse - die Verwitterung - wird hier ausführlicher betrachtet. Die anderen Prozesse werden z.T. im Zusammenhang mit den Bodeneigenschaften beschrieben.

Unter dem Begriff Verwitterung werden die Veränderungen der Minerale und Gesteine an der Erdoberfläche zusammengefasst, die sie im Kontakt mit der Atmosphäre, Hydrosphäre und Biosphäre erfahren (Scheffer/Schachtschabel, 1992). Dabei werden in mechanische, chemische und biologische Verwitterung unterschieden.

### **2.1 Physikalische (mechanische) Verwitterung**

Hier zerfallen Gesteine und Minerale in kleinere Teilchen, ohne dass sie chemisch verändert werden. Besonders auffällig ist dies im Frühjahr im Gebirge, wenn kleinere Gesteinsbrocken am Wegrand zu finden sind. Ursache hierfür ist die Frostsprengung. Sickerwasser dringt in Ritzen und Hohlräume der Gesteine ein. Das Wasser dehnt sich beim Gefrieren um ca. 10 %

seines Volumens aus und zerstört so ganze Gesteinsmassive. Beschleunigt wird dieser Prozess durch einen ständigen Wechsel von tauen und gefrieren.

Weitere Formen von mechanischer (physikalischer) Verwitterung sind:

- die Wurzelsprengung: Ursache = das Vordringen und Dickenwachstum der Pflanzenwurzel,
- die Temperatursprengung: Ursache = große Temperaturschwankungen und verschiedene Ausdehnungskoeffizienten der verschiedenen Minerale,
- Salzsprengung: Ursache = Volumenveränderung durch auskristallisieren (vor allem in ariden und semiariden Räumen bzw. Volumenvergrößerung durch Aufnahme von Kristallwasser.



**Abb. 1: Wurzelsprengung**

## **Versuche**

**2.1 V1** Frostsprengung [AK]

**2.1 V2** Temperatursprengung [AK]

## **Verweise**

Chemische Verwitterung

### Didaktische Anmerkung

Die Bodenentwicklung verläuft in, für den Menschen, großen zeitlichen Dimensionen ab. Das Ausmaß wird andeutungsweise vorstellbar bzw. greifbar u.a. durch einen Besuch in einem Museum (das Urwelt-Museum Hauff, Fossilienmuseum im Werkforum) oder einer vor Ort Führung (Führungen vom Industrieverband Stein und Erde). Adressen hierzu enthält Anhang 4.

## 2.2 Chemische Verwitterung

Bei der chemischen Verwitterung werden die Minerale in ihrer chemischen Zusammensetzung verändert. Hier sind die Begriffe *Lösungsverwitterung*, *Hydrolyse* und *Oxidationsverwitterung* zu nennen, d.h. durch chemische Verwitterung wird die Molekularstruktur des Ausgangsgesteins verändert.

Als bekannteste Erscheinung einer chemischen Verwitterung ist die Entstehung einer Tropfsteinhöhle zu nennen.

Der Kalkstein über dieser Höhle wird mit Hilfe von Wasser und Kohlendioxid gelöst und das gebildete Calciumhydrogencarbonat gelangt mit dem Sickerwasser über Gesteinsspalten in die Höhle. Dort bleibt es als Tropfen hängen oder fällt herunter, das Wasser verdunstet,  $\text{CO}_2$  wird frei und der Kalkstein bleibt zurück.

Andere leicht lösliche Gesteine, wie z.B. Gips oder Steinsalz, unterliegen ebenfalls einer chemischen Verwitterung.



Abb. 2: Nebelhöhle

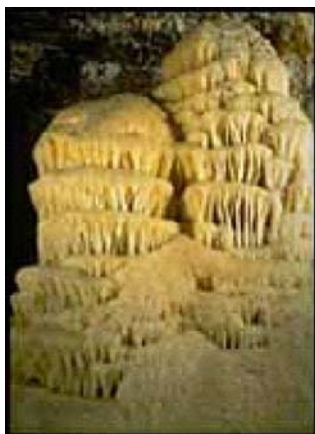


Abb. 3: Eberstädter Tropfsteinhöhle

## Versuch

2.2 V1 Lösen / Hydrolyse [AK]

2.2 V2 Stalaktiten/Stalagmiten [AK]

## Verweise

Kalkgehalt

pH-Wert

Versauerung

Filter- und Puffereigenschaften

## Didaktische Anmerkung

Wie faszinierend und kunstvoll diese chemische Verwitterung sein kann, erweist sich erst in einer Tropfsteinhöhle.

Adressen der Höhlen sind im Anhang 4 enthalten.

Die chemische Verwitterung zerstört aber auch Kunstwerke. Die Folgen und die Gründe hierfür können am konkreten Beispiel erarbeitet werden.

## 2.3 Biologische Verwitterung

Die Verwitterung ist meist im belebten, durchwurzelten Bereich intensiver als im unbelebten.

Dabei spielen Pflanzenwurzeln und die Bodenflora mit Bakterien, Algen, Pilze etc. eine wichtige Rolle.

Die biologischen Vorgänge im Boden sind unter 3.9 Humusgehalt und Humusformen, 3.10 Nährstoffe sowie 5.1 Lebensraum für Bodenorganismen beschrieben.

## 3 Bodeneigenschaften

Jeder Boden weist spezifische Eigenschaften auf.

Diese Eigenschaften werden durch Art und Zusammensetzung der **Bodenbestandteile**

– *mineralischer Anteil, Bodenluft, Bodenwasser, organischer Anteil* - bestimmt.

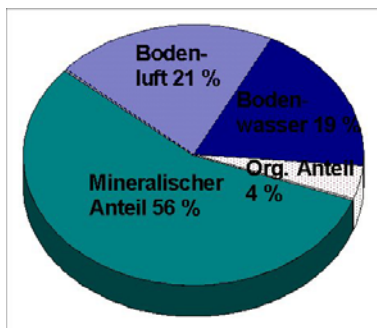
Diese Bestandteile sind wie Puzzleteile, die je nach Kombination ein neues Bild ergeben bzw. die Variationsbreite der jeweiligen Eigenschaft aufzeigen.

Die Zusammenhänge im komplexen Ökosystem Boden werden verständlich und auch hier gilt „Das Gesamte ist mehr als die Summe der Einzelteile“.

Die Versuche bzw. Untersuchungen zu den einzelnen Eigenschaften werden im Unterricht bearbeitet oder können je nach Fragestellung sinnvoll zusammengestellt werden. So wird ein erster Einblick in die Komplexität des Ökosystems Boden ermöglicht.

Der Boden besteht in der Regel aus (Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg, Ich steh auf Boden):

56 % mineralischen Bestandteilen,	
21 % Bodenluft	
19 % Bodenwasser	
4 % organischen Bestandteilen – zusammengesetzt aus:	85 % Humus 10 % Pflanzenwurzeln 5 % Bodenleben



**Abb. 4: Bestandteile des Bodens**

Die mineralischen Bestandteile sind Feldspat, Quarz und Glimmer bzw. Tonminerale, die durch Verwitterung und Neubildung entstanden sind. Zusammen mit organischen Bestandteilen, abgestorbenen Pflanzenreste und Ausscheidungsprodukten der Bodenlebewesen (Regenwurm Kot) bildet sich ein Bodengefüge mit Hohlräumen aus. Diese Hohlräume von unterschiedlicher Größe und Form, sind mit Bodenluft oder Bodenlösung (in Wasser gelöste Salze und Gase etc.) gefüllt. Dies erklärt die unterschiedlichen Reaktionen und Eigenschaften der Böden.

#### **Didaktische Anmerkung:**

Die Eigenschaften werden zum Verständnis einzeln betrachtet, und können je nach Fragestellung sinnvoll zusammengestellt werden. Dabei können die Zusammenhänge aufgezeigt werden.

Der Einstieg in das Thema kann über eine Phantasiereise, einen Film, eine Exkursion oder über eine künstlerische Arbeit erfolgen.

*Eselsbrücke zu mineralischen Bestandteilen: „Feldspat, Quarz und Glimmer, die vergess ich nimmer“*



Die Unterschiede der Bodenarten werden nicht nur über das Bodendreieck ausgemacht, sondern auch über Bilder, Skulpturen oder Melodien.

### Versuche

3.1 V1 Fingerprobe [AK]

3.1 V2 Schlämmprobe [AK]

3.1 V3 Klänge [AK]

3.1 V4 Kunst [AK]

### Verweise

Bodengefüge

Bodenporen

### Didaktische Anmerkung

Hier werden die Bestandteile des Bodens vorgestellt. Es ist wichtig den Boden von allen Seiten und mit allen Sinnen zu erfahren.

Wichtig ist hier die Zusammenhänge zu erarbeiten, damit Boden nicht mehr nur als „Dreck“ bezeichnet wird.

Die Bodenart bleibt nachhaltig in Erinnerung, wenn mit den eigenen Händen Kunstwerke aus Sand, Ton, Schluff oder Lehm geschaffen wurden wie Skulpturen, Bilder, Melodien.

Zum künstlerischen Aspekt des Bodens bietet u.a. Manuela Preissler Kurse für Schulklassen an (Adresse siehe Anhang 4).



Abb. 6: Erdklumpen im Raum hängend, Manuela Preissler

## 3.2 Bodengefüge

Beim Bodengefüge haben sich die mineralischen und organischen Partikel unterschiedlich im Raum angeordnet. Daraus entwickeln sich unterschiedlich große bzw. geformte Hohlräume (Porenvolumen).



Es können z.B. folgende Gefügeformen unterschieden werden:

### **Krümelfüge**

Krümelfüge entstehen, wenn die Bodenpartikel durch die Schleimstoffe der Bodenorganismen - besonders des Regenwurms - zu 1 –10 mm großen Aggregaten verklebt werden. Das Krümelfüge besitzt eine hohe Porosität und ist z.B. charakteristisch für den Oberboden unter Grünland. Ein Krümelfüge ist immer ein Kennzeichen für eine hohe biologische Aktivität.



**Abb. 7: Krümelfüge**

### **Einzelkorngefüge**

Die einzelnen Bodenpartikel (Sand oder Ton) sind nicht mit einander verklebt. Die Anordnung der Partikel erfolgt durch ihre Größe und Form. Diese Böden zerrieseln bei Trockenheit und bei Überflutung. Ein Einzelkorngefüge liegt bei Sand- oder Kiesböden mit geringen Humus-, Ton- und Eisenoxidanteilen vor.



**Abb. 8: Einzelkorngefüge**

### **Kohärentgefüge**

Bei diesem Gefüge werden die Bodenpartikel durch Kohäsionskräfte zusammengehalten und eine Gliederung ist nicht mehr erkennbar. Diese Böden zerrieseln auch beim Austrocknen nicht. Ein Kohärentgefüge liegt bei Schluff, Lehm und Tonböden vor.



### Polyedergefüge

Hier liegen relativ scharfkantige und glatte Aggregate mit einer Größe von 2–50 mm vor. Hier ist der Porenanteil im Vergleich zum Krümelgefüge geringer. Polyedergefüge sind typisch für tonreiche Böden mit geringer biologische Aktivität.



Abb. 9: Polyedergefüge



Abb. 10: Prismengefüge

### Plattengefüge

Dieses Gefüge ist durch horizontal gelagerte, 1-50 mm dicke Platten mit einer rauhen Fläche gekennzeichnet. Es entsteht bei schluffreichen Böden, die schnell wechselnden Belastungen ausgesetzt sind, wie z.B. der Bewegung der Wurzelteller bei Sturm, dem Befahren mit schweren Maschinen oder dem Begehen.



Abb. 11: Plattengefüge Abbildung aus Bodenschutz plus

## Versuche

### 3.2 V1 Gefügeformen [AK]

#### Verweise

Korngröße - Bodenart, Bodenporen, Bodenluft, Bodenwasser

Verdichtung, Erosion

#### Didaktische Anmerkung

Die Gefüge müssen genau betrachtet werden. Es ist zu hinterfragen, welche Bedeutung dies für die Bodennutzung und für die Bodenlebewesen hat.

Einstiegsmöglichkeit:

- Phantasiereise als Regenwurm: Was erlebt er? Wo fühlt er sich wohl?
- Entwicklung eines Samenkorns / Was benötigt der Keimling,

damit er sich entfalten kann?

## 3.3 Bodenporen

Je nach Bodengefüge und Bodenart ergeben sich unterschiedlich große Bodenporen bzw. Hohlräume (s. Bodengefüge). Sie sind für die Durchlüftung und den Wasserhaushalt wichtig, da sie entweder mit Luft oder mit Wasser gefüllt sind.

**Tabelle 1: Bodenporen und ihre Bedeutung**

Poren	Porendurchmesser	Bedeutung für den Wasserhaushalt	Aufgaben /Nutzung
Grobporen	> 50 µm	nach Abzug von Stau und Sickerwasser mit Luft gefüllt	Verankerung der Pflanzen, Sauerstoffversorgung von Wurzeln und Bodenorganismen
Mittelporen	0,2–50 µm	Wasserspeicherung durch Kapillarkräfte gegen die Schwerkraft	Wasserversorgung der Pflanzen: nutzbar für Wurzelhaare, Bakterien, Pilze, Algen, Protozoen (nutzbare Feldkapazität)
Feinporen	< 0,2 µm	meist wassergefüllt	Wasser wird durch die Kapillarkräfte zu fest gebunden, daher für Pflanzen nicht nutzbar (Totwasser)

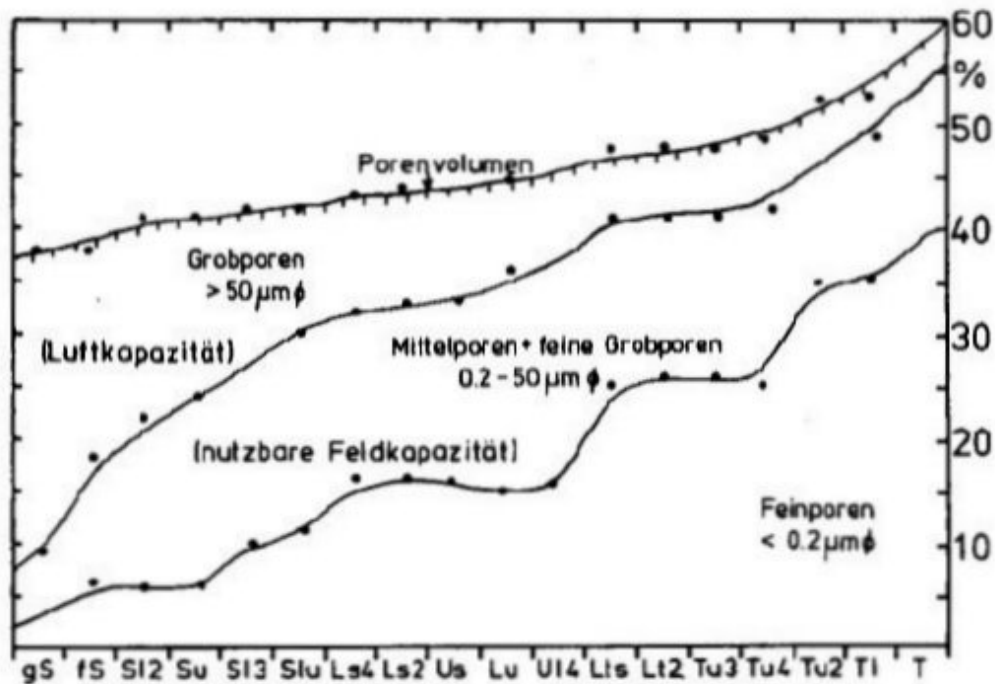


Abb. 12: Beziehung von Porung und Bodenart, aus: Handbuch des Bodenschutzes

Der Anteil am Porenvolumen von Mineralböden liegt zwischen 35 % und 60 %.

In verdichteten Böden (35 – 40 %) ist der Anteil an Feinporen relativ hoch und der Anteil an Grobporen gering. Da die Poren größtenteils mit Wasser gefüllt sind, sind verdichtete Böden schlecht durchlüftet. Eine Entwässerung ist schwer möglich (Staunässe). D.h. die Pflanzenwurzeln haben immer „nasse Füße“ und bekommen schlecht Luft. Dies macht die Pflanzen anfällig für Krankheiten (Wurzelfäule).

## Versuche

3.3 V1 Porenvolumen und Luftgehalt [AK]

## Verweise

Bodeneigenschaften - Korngröße - Bodenart

Bodeneigenschaften - Bodengefüge

Bodeneigenschaften - Bodenwasser - Saugkraft

Bodeneigenschaften - Bodenwasser - Wasserspeicher

Boden in Gefahr – Bodenschutz - Winderosion, ... - Wassererosion

Boden in Gefahr – Bodenschutz - Verdichtung

## Didaktische Anmerkung

s. Bodengefüge

### 3.4 Bodenluft

Eine gute Durchlüftung des Bodens ist die Voraussetzung für ein aktives Bodenleben und reges Pflanzenwachstum. Die Durchlüftung hängt von der Porengröße ab. Deren Größe wird von der Korngröße (Bodenart) und dem Bodengefüge bestimmt. Humusreiche Böden mit einem Krümelgefüge enthalten „ausreichend“ Luft.

Die Zusammensetzung der Bodenluft weicht bzgl. Sauerstoff- und Kohlendioxidgehalt von der Luft in der Atmosphäre ab. Durch die Atmungsaktivität der Bodenorganismen und der Pflanzenwurzeln wird mehr Sauerstoff verbraucht und mehr Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) ausgeschieden.

**Tab. 2: Bodenluft und atmosphärische Luft im Vergleich (aus Naturwissenschaften, Boden)**

Bestandteile der Luft	Atmosphärische Luft [%]	Bodenluft [%]
Stickstoff	78	78
Sauerstoff	21	18-20
Kohlendioxid	0,03	bis 1
andere	0,97	0,97

Der Austausch der Bodenluft erfolgt über Diffusion. Die Bodenporen sind gefüllt mit Luft oder Wasser. Bei starkem Regen verdrängt das Wasser die Luft und beim Versickern dringt frische Luft ein. Auf diese Weise erfolgt der Luftaustausch.

## Versuche

**3.4 V1** Bodenluft [AK]

## Verweise

Bodeneigenschaften – Bodenwasser,

Bodeneigenschaften – Korngröße - Bodenart

## Didaktische Anmerkung

Zusammenhang Bodenart und Bodenporen, sowie Bodenporen und die Verteilung von Luft und Wasser im Boden

Dass Luft im Boden ist, zeigt ein einfacher Versuch:

Ein (Marmeladen)Glas halb mit Erde füllen und vorsichtig mit Wasser begießen. Je nach Bodenart steigen unterschiedliche Mengen an Luftblasen in die Höhe. Auch als Schnelltest für verdichtete Böden geeignet.

### 3.5 Bodenwasser

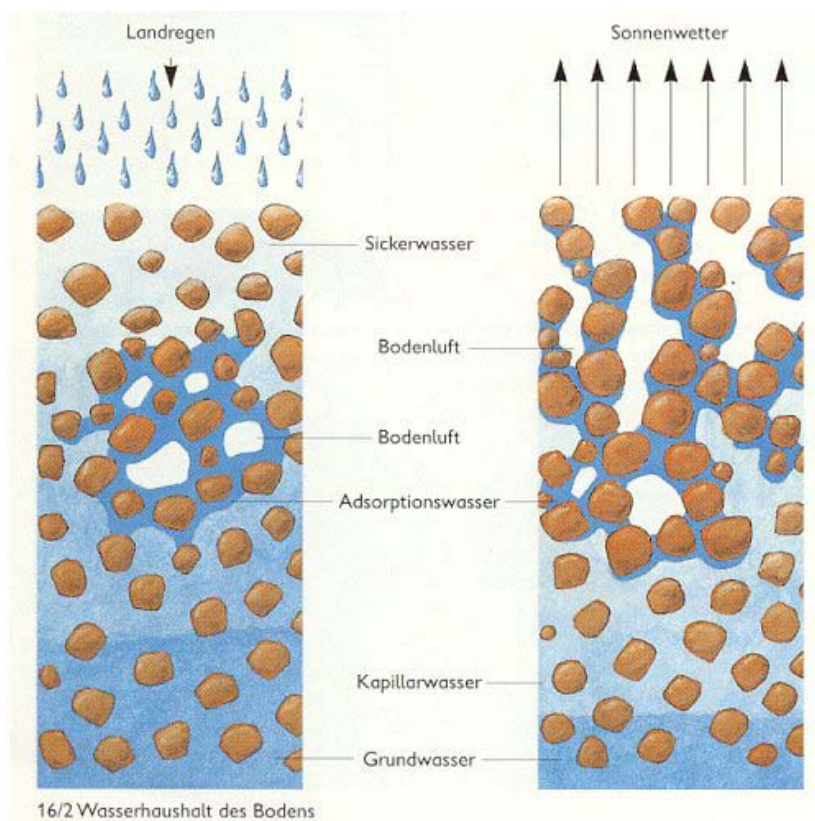
Die Korngröße bzw. die Bodenart sowie das Bodengefüge bestimmen die Porengröße und Porenform, wobei die Bodenporen entweder mit Wasser oder mit Luft gefüllt sind.

Das Wasser in den Bodenporen ist mehr oder weniger an den festen Bestandteilen des Bodens - der Bodenmatrix - gebunden.

Das Bodenwasser ist das „Blut der Erde“. Es enthält und transportiert gelöste Nährstoffe.

Das Wasser, das als Niederschlag auf den Boden gelangt, kann

- bei Wasserüberschuss als Oberflächenwasser abfließen,
- als Haftwasser, entgegen der Schwerkraft in den Feinporen festgehalten werden,
- durch Grob-/Mittelporen als Sickerwasser in tiefere Zonen gelangen,
- sich in tieferen Schichten mit geringer Wasserleitfähigkeit zum Grundwasser aufstauen.



**Abb. 13: Wasserhaushalt des Bodens aus: Naturwissenschaften Boden.**

Das Haftwasser ist zum Teil in den feineren Poren enthalten. Dort wird es durch den Zusammenhalt (Kohäsion) und der Haftung der Wasserteilchen an den Porenwänden

(Adhäsion) der Bodenkapillare festgehalten. Es wird als Kapillarwasser bezeichnet. Dieses ist in der Lage entgegen der Schwerkraft nach oben zu wandern. Die kapillare Steighöhe beträgt bei Tonböden 2 m und bei Sandböden 0,5 m (Naturwissenschaften - Boden, 1998). Aufsteigendes Kapillarwasser verdunstet an der Oberfläche. Der Boden trocknet aus und kühlt ab. Durch unterbrechen der Kapillare wird dies reduziert. Auf dieser Erkenntnis beruht der Spruch. "Dreimal hacken ist besser als einmal gießen".

Die Kapillare erhalten ihren Nachschub vom Grundwasser. Nur wenige Pflanzenarten sind in der Lage das Grundwasser direkt zu nutzen, so z.B. erreichen Pappeln und Eichen eine Wurzellänge von mehr als 12 Meter.

Humusstoffe und Tonteilchen umgeben sich mit Wasserhüllen, so dass Tonböden im Vergleich zum Sandboden das Vierfache an Wasser binden können.

Sickerwasser, das in Richtung Grundwasser fließt, ist nur während der Niederschläge für die Pflanzen verfügbar. Es gelangt rasch über die Grobporen in die Tiefe.

### **Versuche**

**3.5 V1** Bodenwasser – Wasserspeicher [AK]

**3.5 V2** Bodenwasser – Saugkraft [AK]

### **Verweise**

Bodeneigenschaften: Bodenporen, Bodenluft, Bodentemperatur

Bodenfunktionen: Ausgleichskörper im Wasserkreislauf

Boden in Gefahr Bodenschutz – Wassererosion

### **Didaktischer Hinweis**

Die beschriebenen Versuche zeigen die wichtigsten Eigenschaften des Bodenwassers auf. Die Zusammenhänge sollten mit Hilfe des Wasserkreislaufs erarbeitet werden (s. Bodenfunktion - Ausgleichskörper im Wasserhaushalt). Eventuell einen Besuch beim örtlichen Wasserwerk einplanen.

## **3.6 Bodentemperatur**

Die Wechselwirkungen zwischen Bodentemperatur, Bodenluft und Bodenwasser ergeben das Bodenklima. Diese Faktoren sind mit entscheidend für das Pflanzenwachstum, die Aktivität der Bodenorganismen und die Intensität der Verwitterungsprozesse.

Die Erwärmung des Bodens erfolgt durch die Absorption der Sonnenenergie. Diese ist abhängig von:

- der geographischen Lage,
- der Höhenlage,
- der Hanglage und -neigung,
- der Stärke der Pflanzendecke,

- der Bodenoberfläche und
- der physikalisch-chemischen Zusammensetzung des Bodens.

Ein Südhang oder ein Boden mit einer rauhen dunklen Oberfläche erwärmt sich stärker als ein Nordhang oder ein glatter heller Boden.

An der Bodenoberfläche folgen die Temperaturschwankungen den Veränderungen der Lufttemperatur. Bereits in 10 cm Tiefe sind die Temperaturschwankungen geringer und nehmen mit zunehmender Tiefe weiter ab.

Die Bodenbestandteile bewirken eine geringe Wärmeleitung. Die Wärme breitet sich nur langsam aus, wobei wassergefüllte Poren die Wärmeleitfähigkeit erhöht und luftgefüllte Poren sie verringern. Trockene, lockere und gut durchlüftete Sandböden leiten die Wärme schlechter ab als nasse, dichte und luftarme Tonböden. Bei Tonböden ist jedoch der Wärmeverlust durch Verdunstung größer als bei Sand, daher ist ein Tonboden „kalt“ und ein Sandboden „warm“.

Eine Pflanzendecke wirkt regulierend auf die Wärmeaufnahme und Wärmeabgabe.

## Versuche

**3.6 V1** Bodentemperatur [AK]

## Verweise

Bodeneigenschaften: Korngröße und Bodenart, Bodengefüge

## Didaktische Anmerkung

Neben den wissenschaftlichen Untersuchungen kann die Bodentemperatur auch mit verbundenen Augen gefühlt werden.

Auf diese Weise wird der Boden viel intensiver wahrgenommen. Eventuell werden hier bereits erste Zusammenhänge zwischen Bodenart und Wärme und -speicherfähigkeit erkannt.

## 3.7 Kalkgehalt

Die Pflanzen stellen unterschiedliche Ansprüche an den Kalkgehalt des Bodens (s. Zeigerpflanzen). Die Kalkreserven eines Bodens bilden anorganische Calciumverbindungen wie Calcit  $\text{CaCO}_3$ , Dolomit  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ , Gips  $\text{CaCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , Ca-Phosphate und Apatite.

Die Löslichkeit der Ca-Salze ist stark pH-abhängig und nimmt mit steigendem Säuregrad zu. Der Kalk ( $\text{CaCO}_3$ ) kann Wasserstoff-Ionen chemisch binden. Kalkböden können aufgrund ihrer Pufferkapazität einer Versauerung entgegenwirken.

Bei kalkhaltigen Gesteinsmassiven wie die Schwäbische Alb, das Jura etc. wird der Kalk ausgewaschen und in tiefere Schichten verlagert. Auf diese Weise entstehen Tropfsteinhöhlen (s. Bärenhöhle, Nebelhöhle etc.).

Kalk wird durch das Freisetzen von Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) mit Hilfe von verdünnter Salzsäure nachgewiesen. Eine Versauerung von Acker und Waldböden, infolge des Eintrags von Schwefeldioxid und Stickoxid aus der Atmosphäre, wird durch Kalkung bekämpft.

Durch den Kalk werden Kalium und Magnesium gegen Calcium ausgetauscht. Die Tonminerale sind dann mit den schwer austauschbaren zweiwertigen Calcium-Ionen belegt. Die freigesetzten Kalium-Ionen können ausgewaschen werden und gehen auf diese Weise den Pflanzen verloren. Der Boden verarmt an Nährstoffen.

## Versuche

**3.7 V1** Kalkgehalt in Böden [AK]

## Verweise

Bodenentwicklung: Chemische Verwitterung

Bodenfunktionen: Filter und Puffer für Schadstoffe,

Boden in Gefahr - Bodenschutz: Versauerung

## Didaktische Anmerkung

Schüler bringen kalkhaltiges Material (Muscheln, Schneckenhäuschen, Dolomit, Baumaterial aber auch Gips, Kreide oder Baumaterial) zum Testen mit.

Einstieg über Zusammenhang zu den mitgebrachten Sachen und einer Tropfsteinhöhle (s. Folie im Anhang 1). Vielleicht kann der Vorgang in einer Tropfsteinhöhle selbst nachvollzogen werden oder während einer Exkursion veranschaulicht werden.

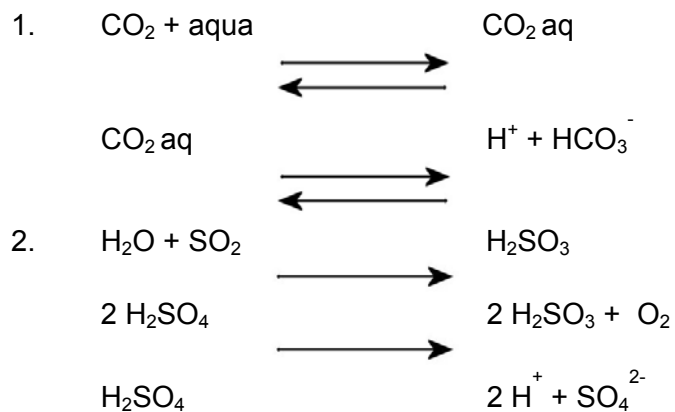
(Adressen s. Anhang 4)

## 3.8 pH-Wert

Als wichtigstes chemisches Merkmal des Bodens ist die Acidität, d.h. der Gehalt an dissoziationsfähigen Wasserstoff-Ionen ( $\text{H}_3\text{O}^+$  - Ionen) in der Bodenlösung, zu nennen. Sie ist entscheidend für die Verwitterung der mineralischen Bodenpartikel als auch für die physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften der Böden. Die Acidität beeinflusst das Bodengefüge, den Wasser- und Lufthaushalt des Bodens, die Verfügbarkeit an Pflanzennährstoffen und die Aktivität der Mikroorganismen. Sie ist auch entscheidend für die Mobilisierung von Schwermetall- und Metallionen (z.B. Cadmium, Aluminium).

Durch die Aktivität der Bodenorganismen und die Atmung der Pflanzenwurzeln wird Kohlendioxid frei, das zur Kohlensäure dissoziiert. Eine weitere Quelle von Wasserstoff-Ionen sind die sauren Niederschläge. Hier finden im Niederschlagswasser Reaktionen mit den emittierten Schwefeldioxyden und Stickoxiden statt.





Weitere Möglichkeiten der  $\text{H}^+$ -Ionen Freisetzung:

- physiologisch saure Dünger z.B. Ammoniumsulfat und Harnstoff
- organische Moleküle der humosen Bodenbestandteilen (Carboxylgruppen, phenolische oder alkoholische Hydroxylgruppen),
- Wurzeln für die Aufnahme von Kationen,
- Oberflächen von Tonmineralen und Oxiden.

Die  $\text{H}^+$ -Ionenkonzentration in der Bodenlösung, lässt sich am einfachsten über die pH-Messung ermitteln (s. Versuchsbeschreibungen)

In der Bodenkunde wird der pH-Wert nicht nur in destilliertem Wasser sondern auch in einer Salzlösung gemessen.

Messungen mit 0,01 mol Calciumchlorid-Lösung simulieren eine Bodenlösung, wie sie in landwirtschaftlich genutzten Böden des gemäßigt humiden Bereichs anzutreffen sind.

## Versuche

3.8 V1 pH-Wert [AK]

## Verweise

Bodeneigenschaften: Kalkgehalt, Nährstoffe,

Bodenfunktionen: Filter und Puffer von Schadstoffen, Standort für natürliche Vegetation

Boden in Gefahr: Versauerung

## Didaktische Anmerkungen

Zusammenhang des Boden- pH- Werts zu biologischen Bodenmerkmalen (Mikroorganismenaktivität, Zeigerpflanzen, natürliche Standortsbedingungen) und zur Versauerung herstellen.

### 3.9 Humusgehalt und Humusform

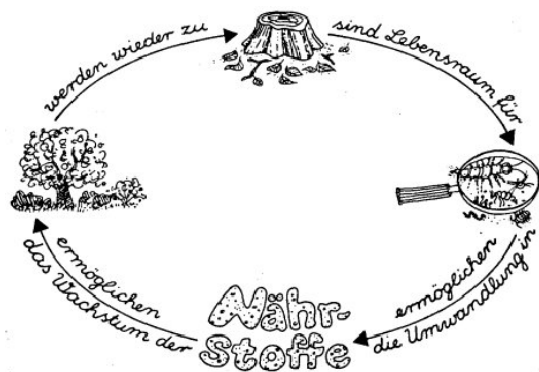
Humus ist ein wichtiger Faktor für die Bodenfruchtbarkeit. Er entsteht durch Abbau von totem organischen Material (Laub, abgestorbene Pflanzenwurzeln, etc.). Humus sorgt für lockeren Boden mit viel Luft für die Wurzeln. Er saugt das Wasser auf wie ein Schwamm und gibt es bei Bedarf wieder ab. Außerdem enthält er viele Mineralstoffe.

Wie schnell Humus gebildet wird, hängt vom Klima, den Bodenverhältnissen und den Inhaltsstoffen des organischen Materials ab. Schwer abbaubar und mineralstoffarm sind Rinden und Holzteile (bilden den Dauerhumus). Gräser, Kräuter und Blätter von z.B. Linde, Pappel, Ulme sind mineralstoffreich und leicht abbaubar (bilden den Nährhumus). Die Abbaugeschwindigkeit der Blätter von Esche und Ulme beträgt ein Jahr, die von Linde und Ahorn zwei Jahren und die der Buche drei Jahre. Die Nadeln von Fichte, Kiefer und Lärche sind erst nach drei und mehr Jahren abgebaut (Naturwissenschaften – Boden, 1998).

Der Humusabbau wird durch Feuchte und Wärme sowie durch eine gute Bodendurchlüftung und einen neutralen bis basischen pH-Wert gefördert.



Abb. 14: Zersetzungsstadien aus: Unsere Umwelt entdecken. Knirsch R.R. 1988



**Abb. 15: Recycling im Wald aus: Unsere Umwelt entdecken. Knirsch R.R. 1988**

Der Abbau des organischen Materials bis zu den Ausgangssubstanzen Wasser, Kohlendioxid und Mineralsalzen läuft in drei Schritten ab:

1. Stoffe der Pflanzen zersetzen das gerade abgestorbene Gewebe z.B. die Blattfärbung im Herbst.
2. Makro- und Mesoorganismen (z.B. Regenwürmer, Asseln, Milben, Larven) des Bodens fressen das tote Material und arbeiten es in den Mineralboden ein.
3. Mikroorganismen (z.B. tierische Einzeller, Bakterien, Pilze) zersetzen das vorverdaute Material, die Huminstoffe (Fulvosäure, Huminsäure) bis hin zu den Ausgangssubstanzen.

Je nach Ausgangsmaterial und Bodenverhältnissen lassen sich drei Humusformen unterscheiden, Rohhumus, Moder und Mull. Die Charakterisierung ist in Anhang 2 zu finden.

Die freigesetzten Mineralsalze stehen den Pflanzen wieder als Nährstoffe zur Verfügung. Es bildet sich ein Kreislauf, denn in der Natur gibt es keinen Abfall.

### Versuche

**3.9 V1** Humus – Recycling: vom Blatt zur Erde [AK]

**3.9 V2** Humusgehalt eine quantitative Bestimmung [AK]

### Verweise

Bodenfunktionen: Lebensraum für Bodenorganismen

Bodentypen

### Didaktische Anmerkungen

Laubstreu im Wald selbst untersuchen (evtl. Ausflug mit dem Förster). Den Kreislauf dieses natürlichen Recyclings aufzeigen (vom Keimling übers Laub zum Humus zur Erde).

Als weitere praktische Erfahrungsmöglichkeit kann ein Besuch bei einer Kompostieranlage oder ein selbst angelegter Kompostplatz sein.

### 3.10 Nährstoffe

Pflanzen entnehmen dem Boden für ihr Wachstum Wasser und Mineralsalze. Dabei sind bei den Mineralsalzen die Hauptelemente (Stickstoff, Phosphor, Schwefel, Kalium, Calcium und Magnesium) sowie die Spurenelemente (z.B. Zink, Kupfer, Eisen, Mangan, Cobalt, Molybdän und Bor) für die Ernährung der Pflanzen wichtig.

Die Nährstoffe stammen von den Ausgangsgesteinen oder gelangen über die Düngung, die Atmosphäre oder das Grundwasser in den Boden.

Dabei liegen die Nährstoffe in verschiedenen Bindungsformen vor, die für die Pflanzen relativ unterschiedlich zur Verfügung stehen, z.B.:

- als wasserlösliche Ionenverbindungen,
- adsorbiert bzw. austauschbar an der Oberfläche von Humusstoffen und Tonmineralen,
- in schwer austauschbarer Form in den Zwischenschichten der Tonminerale,
- komplex gebunden in dem organischen Substrat, in der Biomasse,
- immobil als Gitterbaustein der Gerüstsilikate (Kalium, Natrium, Calcium z.B. im Feldspat),
- eingeschlossen im Innern von Eisen- und Manganoxiden.

Die Tonminerale sind aus zwei oder drei Schichten von Silikatketten aufgebaut. Die Dreischichtminerale können zwischen den Schichten Kationen aus der Bodenlösung einlagern.

Die Pflanzenwurzeln sind in der Lage durch Ausscheiden von Wasserstoffionen die Kationen aufzunehmen. Es erfolgt ein Kationenaustausch.

Der Stickstoff muss dem Boden zugeführt werden. Dies ist über eine Düngung von Nitrat  $\text{NO}_3^-$  - oder Ammonium  $\text{NH}_4^+$  möglich. In der Atmosphäre sind 78 % Stickstoff enthalten. Dieser wird technisch über die Ammoniaksynthese in eine pflanzenverfügbare Form umgewandelt. Die Natur nutzt ebenfalls diese Umwandlung und zwar über die Knöllchenbakterien, die in Symbiose in den Wurzelenden der Schmetterlingsblütler (z.B. Erbse, Lupine) leben.

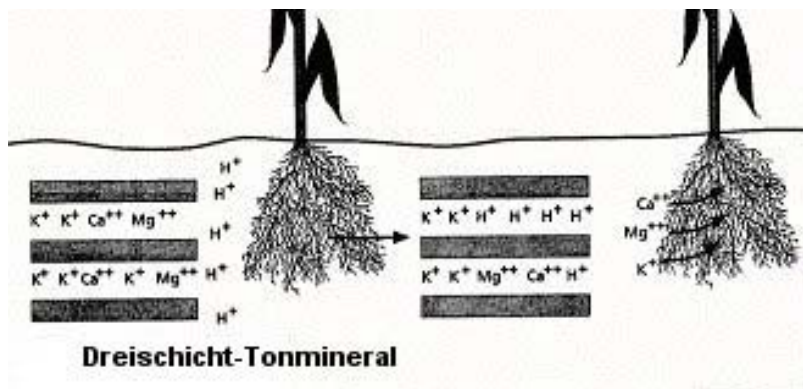


Abb. 16: Nährstoffversorgung der Pflanzen über Tonminerale; aus: Geographie heute, 1998.

## Versuche

**3.10 V1** Nährstoffe [AK]

**3.10 V2** Nährstoffe – Stickstoff/Nitrat [AK]

## Verweise

Bodeneigenschaften: pH-Wert

Bodenfunktionen: Filter und Puffer für Schadstoffe

# 4 Bodentypen

Der Boden ist ein Naturkörper, bei dem ein Gestein unter dem Einfluss eines bestimmten Klimas sowie einer bestimmten streuliefernden Vegetation und Organismenpopulation durch bodenbildende Prozesse, d.h. durch Verwitterung, Mineralbildung, Zersetzung und Humifizierung, Gefügebildung sowie Verlagerung umgeformt wurde und wird.

Der Boden war nicht seit Urzeiten vorhanden, sondern er ist geworden. Die Böden in unseren Breiten (Mitteleuropa) haben sich nach der letzten Eiszeit vor ca. 10.000 Jahren entwickelt. Damit 10 cm Boden aus dem Festgestein entstehen, bedarf es 1.000 bis 10.000 Jahren. Die Bodenneubildung beträgt ca. 1,5 t/ha pro Jahr. (s. 6.1)

Die Ergebnisse der Bodenbildung und Bodenveränderung treten bei der Betrachtung der Schichtenfolgen (Profil) z.T. ganz deutlich zu Tage. Böden mit gleicher Schichtung d.h. Horizontabfolge haben die gleiche Entwicklung durchlaufen und bilden einen bestimmten Bodentyp. Zur Charakterisierung der Böden werden die einzelnen Horizonte entsprechend ihrer Entstehung und Lage mit einem Groß- und einem Kleinbuchstaben gekennzeichnet.

Hier werden beispielhaft die Bodentypen - Ranker, Parabraunerde, Podsol, Gley - vorgestellt, die in den Arbeitskarteien genau beschrieben sind. Die Bodenprofile liegen als Folie vor.

## Versuche

**4.1 V1** Bodenprofil

**4.1 V2** Rendzina

**4.1 V3** Parabraunerde

**4.1 V4** Podsol

**4.1 V5** Gley

## Verweise

Bodenentwicklung: - physikalische Verwitterung, chemische Verwitterung

Bodenfunktionen: Standort für natürliche Vegetation - Zeigerpflanzen

## Didaktische Anmerkung

Zur Veranschaulichung bzw. Kontaktaufnahme sind

- Lackprofile - erhältlich bei Regierungspräsidien (s. Anhang 4)
- Bodenlehrpfade (s. Anhang 4)
- Baugruben
- selbst gegrabene Profilgruben
- Landschaften und Böden im Regierungsbezirk Karlsruhe
- Boden, Böden, Bodenschutz (UVM)

geeignet.

Anhang 1 enthält eine Folie mit den Bodentypen. Anhang 4 enthält weiterführende Literatur

An einem selbst gegrabenen oder evtl. an einer Baugrube (Eigentümer fragen) können z.B. in Form von Gruppenarbeiten die Bodeneigenschaften wie Bodenart, Kalkgehalt, pH-Wert ermittelt werden.

Ein weiterer Schritt ist, das Profil im Zusammenhang mit der Landschaft zu betrachten.

## 4.1 Bodenlandschaften

Böden sind Naturkörper, die sich je nach Wirken der bodenbildenden Faktoren (Ausgangsgestein, Klima, Geländeform, menschlicher Einfluss) unterscheiden. So treten in einem bestimmten Raum Böden mit gleichen oder verschiedenen Eigenschaften auf. Sie bilden in ihrer Gesamtheit ein Bodenmosaik bzw. eine bestimmte Bodenlandschaft aus. Die verschiedenen Böden sind in einer bestimmten wiederkehrenden Weise in der Landschaft angeordnet. Dieses Mosaik spiegelt sich in der Verteilung der Pflanzengesellschaften wider. Eine Landschaft mit typischen Charakter, d.h. mit einem bestimmten Standortmuster, das ein bestimmtes Vegetationsmuster bedingt, bildet sich aus. Ist der menschliche Eingriff in einer Landschaft gering, kann anhand der leicht erkennbaren Vegetationsunterschiede auf einen Wechsel des Bodens geschlossen werden.

In einer Landschaft sind die Übergänge der Bodentypen fließend, da sich benachbarte Böden beeinflussen (Stofftransport). Das bedeutet, dass Eingriffe in einen Standort einen anderen mit verändern können und somit eine Kette von Reaktionen ausgelöst werden kann.

Hier werden drei typische Bodenlandschaften in Baden-Württemberg im Schnitt = Catena beschrieben (Schichtstufenlandschaft, Landschaft in Grundgebirge und Sandstein, Glaziallandschaft).

Graphik siehe Folien aus Boden. Böden. Bodenschutz in Baden-Württemberg (Ministerium für Umwelt und Verkehr)

### Verweise

Bodentypen, Zeigerpflanzen

## Didaktische Anmerkung

Einstieg über:

- Landschaftsbilder – Stimmungsbilder - als Foto oder als Gemälde (Folien liegen vor s. Anhang 1),
- Bodenkarten (s. Internet)
- einen Ausflug in die Landschaft der Schulumgebung oder
- Phantasiereise in zwei verschiedene Landschaften; die eine angenehm fast paradiesisch, die andere unwirtlich wüstenhaft

Zusammenhang von Böden, Vegetation, landwirtschaftlicher Nutzung und dem Menschen herstellen.

Als weiterer Schritt wäre zu fragen, was Veränderungen in den Landschaften bewirken und für welchen Preis (nicht nur materiell).

## 5 Bodenfunktionen

Der Boden ist ein Naturkörper und übernimmt wichtige ökologische Funktionen, die für die Lebensgrundlage aller Lebewesen dieser Erde von elementarer Bedeutung sind.

Zum besseren Verständnis werden die Bodeneigenschaften einzeln betrachtet. Aber auch hier wird bereits klar, dass die Eigenschaften ineinander greifen, sich gegenseitig bedingen oder ausschließen. Es wird klar, der Boden ist ein komplexes vielschichtiges Ökosystem. Die Zusammenhänge werden über die Bodenfunktionen deutlich.

Dieses Kapitel stellt Kreisläufe, Vernetzungen und die Beziehungen des Bodens zu Luft, Wasser, Flora, Fauna und dem Menschen heraus.

### 5.1 Lebensraum für Bodenorganismen

Die Böden bieten entsprechend ihren Eigenschaften vielen verschiedenen Bodenbewohnern einen Lebensraum.

In einer Hand voll Erde sind mehr Lebewesen als Menschen auf der Erde. In einem Gramm Boden können 2 – 600 Millionen Mikroorganismen enthalten sein (Naturwissenschaft - Boden, 1998).

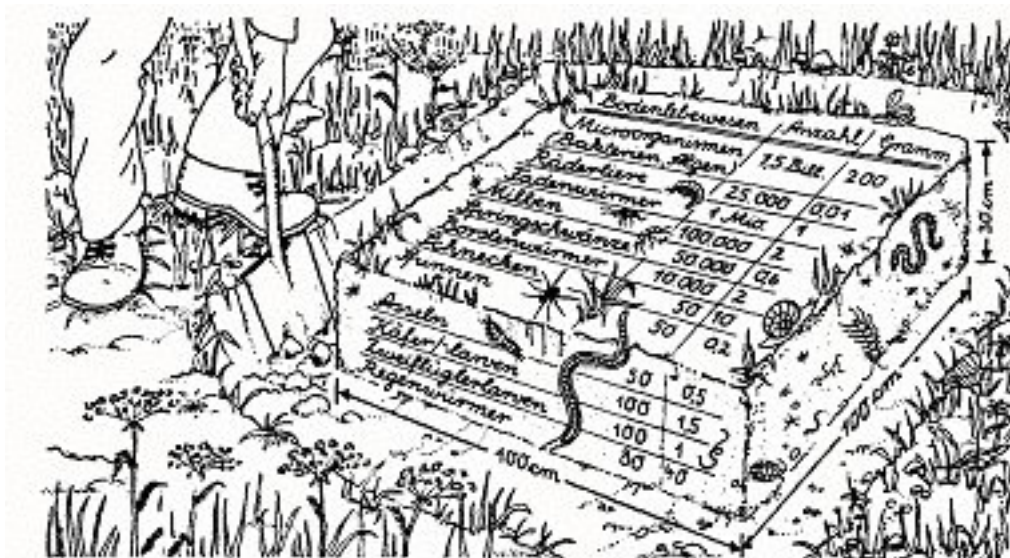


Abb. 17: Bodenlebewesen aus: Kinder, Umwelt und Natur, 1994.

## Versuche

- 5.1 V1 Hallo ist da wer? [AK]  
 5.1 V2 Regenwurmkasten [AK]  
 5.1 V3 Aktivität [AK]

## Verweise

Bodeneigenschaften: Humusgehalt und Humusformen, Bodentemperatur

## Didaktik

Zum Kennen lernen der Bodentiere z.B. Waldspaziergang mit dem Förster, Selbsterkundung (s. Humus – Recycling) oder auch über Filme bzw. Dias (s. Anhang 4) möglich.

Aufgaben der Bodenlebewesen und den Bestimmungstabellen siehe Anhang 2.

## 5.2 Standort für natürliche Vegetation

Die Standorteigenschaften ergeben sich durch die Kombination verschiedener Bodeneigenschaften wie z.B. Wasser-, Luft-, und Nährstoffhaushalt. Sie bestimmen das Vorkommen bestimmter Pflanzengesellschaften.

Somit kann anhand der Vegetation –Zeigerpflanzen - auf die Standorteigenschaften geschlossen werden.

Liste der Zeigerpflanzen siehe Anhang 2.

Veränderungen der Standortbedingungen durch menschliche Eingriffe wie Säureeintrag über die Luft, Nährstoff- und Schadstoffeintrag über Niederschläge und Grundwasser, bewirken eine Veränderung der Artenzusammensetzung.



## Versuch

5.2 V1 Zeigerpflanzen [AK]

## Verweise

Bodeneigenschaften: Kalkgehalt, pH-Wert, Nährstoffe

## Didaktische Anmerkung

Einstieg mit Pflanzenmärchen, hier werden z.T. Standortbedingungen erwähnt, neben dem Aussehen und der Heilwirkung der Pflanzen.

Zusammenhang zwischen Boden und Pflanzen (und Landschaft) herstellen. In mehreren Gruppen (Gruppen, die den Boden untersuchen, Gruppen für Pflanzenbestimmung, Gruppen, die kochen) Thematik erarbeiten. Ergebnisse (Boden – Pflanzenpaar und evtl. Kochrezept s. Anhang 4) gemeinsam z.B. als Poster zusammenstellen.

Exkursionen z.B. in Auenwälder (Naturschutzzentrum Rappenwört), in Moorlandschaften (Lehrpfad - Weingartener Moor).

## 5.3 Standort für Kulturpflanzen

Nicht jeder Boden ist gleich gut für Ackerbau geeignet. Der Mensch charakterisiert Böden in fruchtbare und unfruchtbare Böden.

Die Bodenfruchtbarkeit kann für einen bestimmten Zeitraum rein betriebswirtschaftlich (bzw. volkswirtschaftlich) betrachtet werden. Im Gegensatz dazu wird in der Mythologie die Bodenfruchtbarkeit als etwas Zyklisches all umfassendes und ehrbares betrachtet.

Für die volkswirtschaftliche Betrachtungsweise zählt die relativ langfristige Ertragsfähigkeit oder Produktivität. Durch eine intensive Nutzung werden dem Boden Nährstoffe entzogen. Auch bei fruchtbaren Böden muss die Düngung den Nährstoffvorrat wieder auffüllen, da über die Verwitterung der Nährstoffentzug nicht ausgeglichen werden kann.

Als Maß für die Fruchtbarkeit bzw. Ertragsfähigkeit wurde 1934 die Bodenzahl für landwirtschaftlich genutzte Böden eingeführt. Für die Bestimmung fließen die Bodenart, das geologische Alter des Ausgangsgesteins und die Entwicklungsstufe, in der sich der Boden befindet, ein. Es wurden eigens dafür Bodenschätzungskarten ausgearbeitet (Württemberg 1:2.500, Baden 1:1.500). Diese sind über die Finanzämter zugänglich. Für ausgewählte Gebiete liegen beim Geologischen Landesamt Karten im Maßstab 1:10.000 vor. Die Böden als Standort für Kulturpflanzen können in 5 Klassen eingeteilt werden (5 = sehr hohe Leistungsfähigkeit des Bodens, 1 = sehr geringe Leistungsfähigkeit des Bodens) s. Tabelle 3:

Die Bodenzahl gilt als Grundlage für die Besteuerung landwirtschaftlicher Betriebe und spielt bei Kauf und Verkauf des Bodens eine wichtige Rolle.

In der Mythologie ist die Bodenfruchtbarkeit ein immer wiederkehrendes, im jahreszeitlichen Zyklus stehendes, Ereignis. Es war für das Überleben elementar und wurde mit speziellen Riten gefeiert zur Huldigung der Mutter Erde. Der Mensch sah sich noch als Teil des Gesamten. Hieraus sind u.a. die Osterbräuche (Frühling, Osterfeuer, Osterei, Ostergebäck wie Osterlamm und Osterhase) und z.B. die griechischen Mythologien mit Demeter und Persephone entstanden.

### Versuche

**5.3 V1** Standort für Kulturpflanzen – Mythologie [AK]

### Verweise

Bodeneigenschaften: Nährstoffe, pH-Wert,

Bodenfunktionen: Standort für natürliche Vegetation - Zeigerpflanzen

### Didaktische Anmerkung

Karten zu den Bodenfunktionen sind im BofaWeb (s. Anhang 4) abrufbar. Vergleich bzgl. Anbaugesamt, Bodenarten etc. möglich.

Hier wird deutlich, dass nicht jeder Boden gleich genutzt werden kann. Nach anthropozentrischen Gesichtspunkten werden die Böden in landwirtschaftlich nutzbare oder eher natürlich zu belassende Flächen eingestuft.

Einstieg auch hier über Pflanzenmärchen oder über das Gleichnis des Sämanns (Matth. 13,8 und Mark. 4,8) „auf fruchtbaren Boden fallen“.

**Tab. 3: Bewertungsklassen der Acker- und Grünlandzahl aus: Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit, Ministerium für Umwelt und Verkehr , 1995.**

Acker- oder Grünlandzahl	Bewertungsklasse
> 75	5
61 – 75	4
41 – 60	3
28 – 40	2
< 28	1



Abb. 18: Faktoren des Pflanzenstandort aus: Bodenschutz plus aid

## 5.4 Ausgleichskörper im Wasserkreislauf

Das Wasser ist auf unserer Erde von zentraler Bedeutung und befindet sich stets in Bewegung. Es beschreibt einen Kreislauf, wobei die Sonne alles in Bewegung hält. Dabei spielt auch der Boden eine wichtige Rolle.

Der Boden beeinflusst je nach Bodenform (Gefüge, Korngrößenverteilung, Hanglage) und Nutzung den Wasserkreislauf in der Natur.

Der Boden beeinflusst

- wie viel Regenwasser direkt zum Grundwasser durchfließt (Grundwasserneubildung),
- die Fließgeschwindigkeiten von Bächen und Flüssen (Ausgleich im Wasserhaushalt der Landschaften),
- wie viel und wie lange Wasser pflanzenverfügbar (in den Mittelporen) gespeichert wird,
- wie hoch der Oberflächenabfluss ist vor allem bei versiegelten bzw. verdichteten Böden (Hochwasserschutz).

Jede Bodenveränderung wirkt sich direkt oder indirekt auf den Wasserhaushalt in der Natur aus.

Die einzelnen Parameter wurden bei den Bodeneigenschaften vorgestellt.

Der Boden steht in Kontakt und in Verbindung mit Luft, Gewässern und Pflanzen und er besitzt wasserfilternde Fähigkeiten.

Von der Beschaffenheit der Böden und ihrer Nutzung hängt die Qualität des sich neu bildenden Grundwassers ab bzw. des daraus genutzten Trinkwassers.

Hier sind die Zusammenhänge bedeutend (s. Skizze Wasserkreislauf).



**Abb. 19: Wasserhaushalt aus: Bodenschutz plus aid**

## Versuche

### 5.4 V1 Wasserkreislauf [AK]

## Verweise

Bodeneigenschaften: Bodenwasser – Wasserspeicher

Bodenwasser - Saugkraft

Boden in Gefahr – Bodenschutz: Verdichtung, Versiegelung

## Didaktische Anmerkung

Einfluss des Bodens auf den Wasserhaushalt der Natur zeigen. Selbst erfahrendes der Schüler oder Berichte aus den Medien mit einbeziehen (Sommerklima in der Stadt und im Wald, starke Niederschläge in der Stadt und auf der Wiese, etc.).

Hochwasserereignisse besprechen, evtl. Besuch bei der Hochwasserzentrale in der Landesanstalt für Umweltschutz planen.

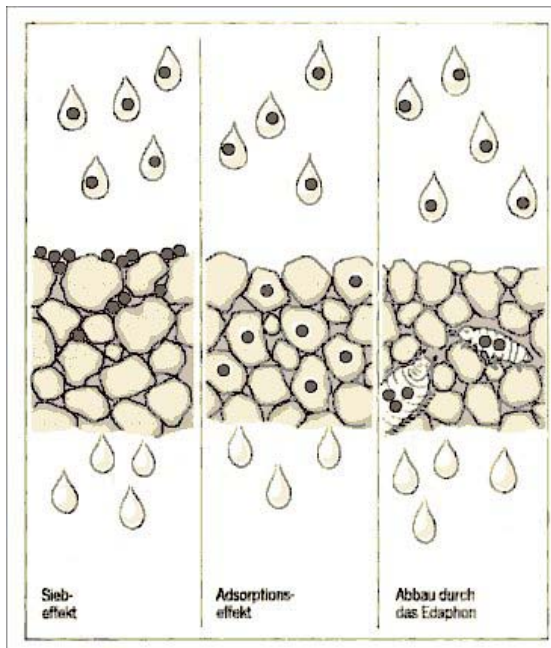
## 5.5 Filter und Puffer für Schadstoffe

Die Reinigungskraft des Bodens erfolgt durch:

- Siebeffekt: Festsubstanzen im Sickerwasser passieren nicht die Poren (in feinporigen Böden sogar Partikel der Größe  $< 2 \mu\text{m}$ ), die Festsubstanzen werden herausgefiltert,
- Adsorptionseffekt: gelöste Substanzen werden z.B. an Ton- und Humusteilchen gebunden oder abgepuffert,
- Mikrobieller Abbau: organische Schadstoffe wie z.B. Altöl, werden durch Mikroorganismen, Pilze oder Kleinlebewesen z.T. abgebaut.

Diese Fähigkeiten sind jedoch begrenzt. Oft können nicht alle Schadstoffe wie z.B. Schwermetalle abgebaut, zu hohe Düngergaben (z.B. Nitrat) nicht verwertet oder steigende Schadstoffeinträge (Altlasten, Schießplätze) nicht mehr gefiltert werden. Dies hat negative Folgen für die Vegetation (Wachstum und Verzehr) und für das Grundwasser (Trinkwasserqualität).

Der Boden kann schnell unbemerkt zu einer Schadstoffsенке werden, aber die Reinigung dieser Böden ist, wenn überhaupt sehr aufwendig bzw. nur unter großem finanziellen Einsatz möglich.



**Abb. 20: Reinigungskraft des Bodens, aus: Boden in Not 1994**

### Versuche

5.5 V1 Filter und Puffer [AK]

5.5 V2 Pufferkapazität [AK]

### Verweise

Boden in Gefahr/Bodenschutz: -Versauerung

Boden in Gefahr/Bodenschutz: -Schadstoffe

### Didaktische Anmerkung

Schadstoffeinträge die vor Ort bekannt sind unter dem Gesichtspunkt der Reinigungskraft des Bodens betrachten.

## 5.6 Landschaftsgeschichtliche Urkunde

Der Boden birgt viele Geheimnisse, die erst durch zufällige oder gezielte Grabungen zum Vorschein kommen. Dies sind Dokumente für die Natur- und Kulturgeschichte.

So kann u.a. im zeitlichen Vergleich erkannt und rekonstruiert werden, inwieweit die Bodennutzungen durch den Menschen eine Auswirkung auf die Bodenentwicklung hatte. Wichtige Bodenformen sind für ein Verständnis der Bodenentwicklung und als Zeugen für die ver-

schiedenen Bewirtschaftungsformen von großer Bedeutung (z.B. historischer Bergbau, alte Weinberghänge, Siedlungsreste, Pollen in Moore, Dendrochronologie).

Fundstellen von Versteinerungen und Fossilien, herausgewitterte Vulkankegel oder Paläoböden verweisen auf geologisch- bodenkundliche Besonderheiten hin.

### **Verweise**

Boden in Gefahr/Bodenschutz: -Erosion,

Bodentypen, Bodenlandschaften

### **Didaktische Anmerkung**

Besuch eines naturkundlichen Museums

## **6 Boden in Gefahr / Bodenschutz**

Schon bei den Bodenfunktionen war erkennbar, dass der Boden auch Gefahren ausgesetzt ist bzw. schon immer war (s. landschaftsgeschichtliche Urkunden).

Böden haben sich im engen Wechsel zu den Biozönosen entwickelt und haben den Naturhaushalt der Landschaften erheblich mitbestimmt. Auch Böden sind, ähnlich wie Lebewesen dieser Erde, leicht zerstörbar und können sich in historischen Zeitspannen nicht neu bilden. Sie müssen deshalb geschützt werden. Hier soll das Bundes-Bodenschutzgesetz von 1998 greifen. Doch Gesetze allein reichen nicht aus. Jeder einzelne ist in Sachen Bodenschutz gefragt.

Der Schutz muss alle Böden betreffen; Böden die vom Menschen intensiv genutzt werden, aber auch Böden die als natürliche Standorte von großer Bedeutung sind.

Nachfolgend werden einige Gefahren aber auch mögliche Lösungen aufgezeigt.

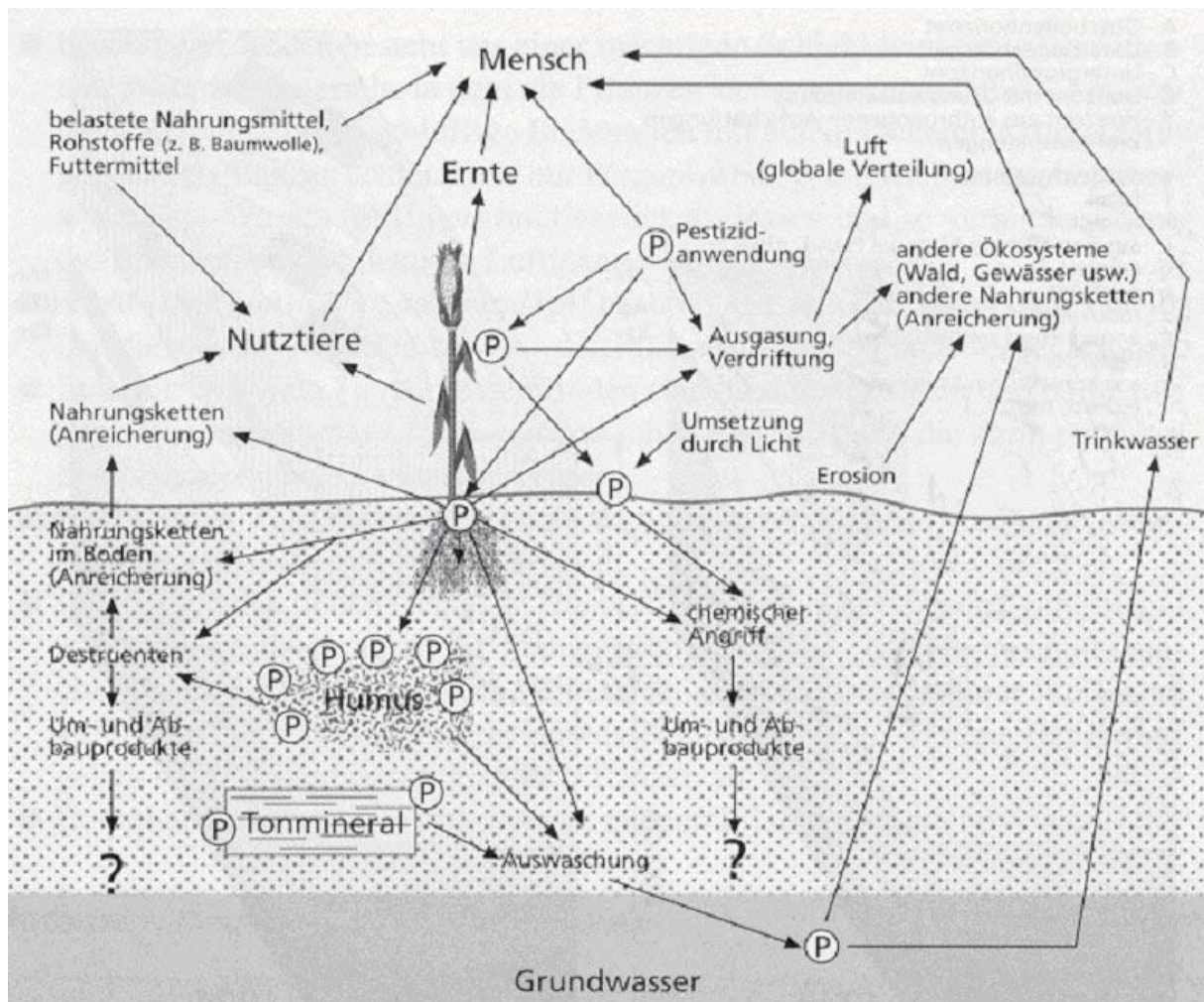


Abb. 21: Mögliche Folgen der Verwendung von Pestiziden, aus: Geographie heute, Lernkartei III, 1998

## 6.1 Erosion

Erosion bedeutet Verlagerung von Bodenmaterial entlang der Oberfläche durch Wasser oder Wind.

Erosion war bzw. ist an verschiedenen Stellen der Erde ein natürlicher Prozess, jedoch wird er weltweit durch die intensive Nutzung der Böden verstärkt bzw. ausgelöst.

Eine große Umweltkatastrophe ereignete sich in den 30er Jahren im Mittleren Westen der USA (s. John Steinbeck: Früchte des Zorns). Hier zerstörte die Winderosion in bisher unvorstellbarem Ausmaß fruchtbares Ackerland. Die Winderosion (Deflation) findet vor allem auf ebenen, vegetationsfreien bzw. -armen Flächen arider bis semiarider Gebieten statt.

Die Bodenerosion durch Wasser bedarf eines Gefälles und ist in ariden Gebieten mit spärlicher Vegetation und gelegentlichen starken Niederschlägen weit verbreitet. Hohe Bodenerosion ist auch in den humiden Gebieten mit dem Sesshaftwerden des Menschen



und der Waldrodung z.B. in Mittel und Südeuropa, China und Indien gegeben. Hohe Erosionsschäden treten vor allem bei Neulandgewinnungen (USA, Sowjetunion) auf.

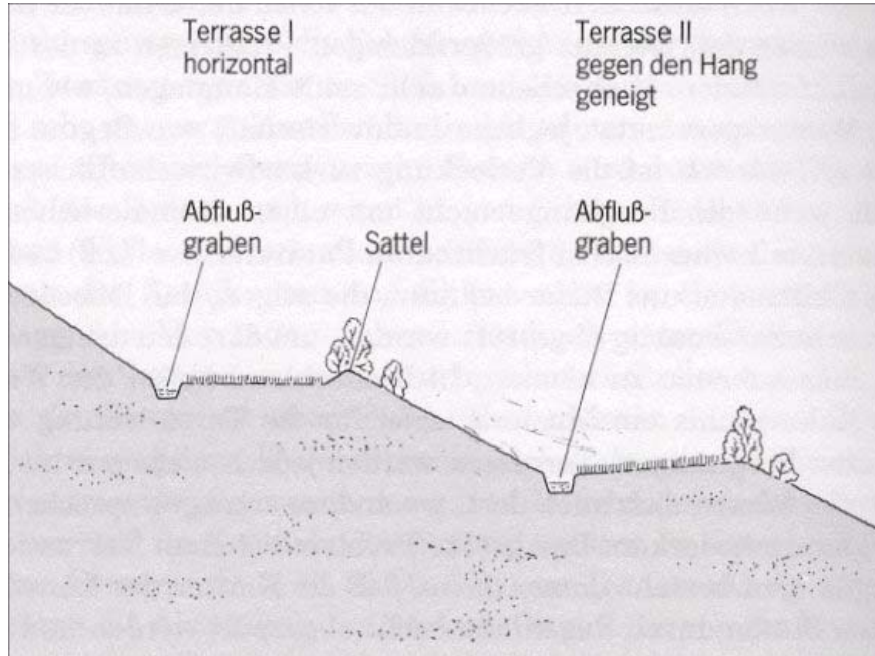
Häufig mussten Wälder zur Gewinnung von Bauholz und Ackerflächen weichen, so auch 5.000 bis 4.000 v. Chr. z.B. in Griechenland. Die Folgen waren, dass die Böden vom Wasserstrom ins Tal abgetragen wurden. Dort behinderten die Bodenablagerungen den Abfluss. Der Grundwasserspiegel stieg und die Talböden wurden vernässt.

Auch die intensive Beweidung in Hanglagen mit entstehenden Trampelpfaden führt zur reduzierten Durchlässigkeit und erhöht die Bodenerosion.

Der Terrassenbau wirkt u.a. dem entgegen.



**Abb. 22: Winderosion aus: Bodenschutz plus**



**Abb. 23: Erosionsschutz am Hang aus: Boden in Not, Fellenberg, G., 1994.**

Die Bodenerosion ist auch in Baden-Württemberg, vor allem in den lößreichen Gebieten, dem Kraichgau und im Alpenvorland ein Problem. Bezogen auf die gesamte Ackerfläche in Baden-Württemberg gehen jährlich 4,75 Millionen Tonnen fruchtbare Ackerkrume verloren (Landschaften und Böden im Regierungsbezirk Karlsruhe).



Verstärkt wird sie durch:

- bevorzugen von Kulturarten mit später Bodendeckung (Zuckerrübe, Mais, Sonnenblume) zu Lasten frühdeckender Arten (Getreide, Luzerne, Klee),
- erhöhter Bodenverdichtungen durch Einsatz schwerer Maschinen,
- vergrößern der Ackerfläche (Ackerschläge), d.h. herausnehmen von Hangstufen, Beseitigung von Hecken und Gräben,
- beschleunigten Humusabbau durch intensive Bodenbearbeitung (verminderter Humusgehalt fördert die Verschlammung),
- zunehmende Ackerlandnutzung durch Umwandlung von Wald - bzw. Grünland,
- mechanische Unkrautbekämpfung,
- durch Gefügezerstörung u.a. durch die Versauerung.



**Abb. 24: Erosionsschutz, Mulchen**



**Abb. 25: Erosionsschutz, Untersaat**



**Abb. 26: Erosionsschutz, Anbau quer zum Gefälle**

Die Bodenerosion in Baden-Württemberg kann Werte bis zu 117 t/ha im Jahr erreichen (s. Bodenerosionsatlas, BofaWeb Baden-Württemberg). Nach Ministerium Ländlicher Raum „Erosionsschutz im Ackerbau“ 1993 ist in 50 – 100 Jahren die Bodenkrupe (etwa 3.000 t/ha) flächenhaft abgetragen. Für die Neubildung von einer 2 - 3 cm dicken Bodenschicht bedarf es mehrere hundert Jahre. Die Bodenneubildung beträgt ca. 1,5 t/ha und Jahr.

Folgende Maßnahmen wirken einer Erosion entgegen:

- Untersaat bei Mais, Weinreben, Sonnenblume etc.
- Pflanzenreihen senkrecht zum Gefälle
- Verkürzung der Schläge, bzw. kleinere Parzellen mit Hecken (Windschutz)
- Einsatz von weniger schweren Maschinen und breiteren Reifen
- weniger häufige Bodenbearbeitung

## Versuche

6.1 V1 Winderosion [AK]

6.1 V2 Wassererosion [AK]

6.1 V3 Der Mann mit den Bäumen [AK]

## Verweise

Bodentypen, Bodenlandschaften

## Didaktik

Die Versuche veranschaulichen wie und in welchem Umfang die Erosion wirkt und zeigt mit welchen Mitteln die Erosion eingedämmt werden kann.

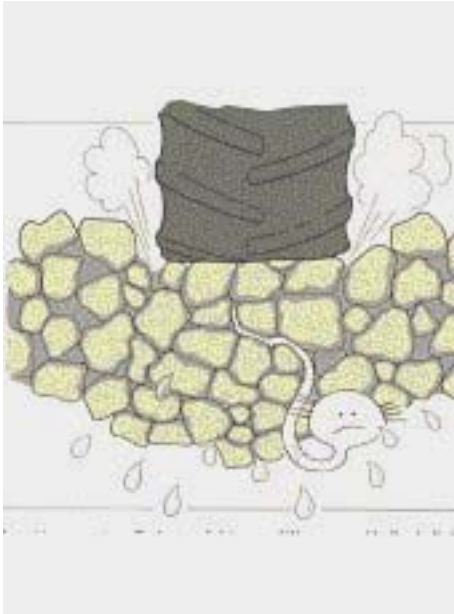
## 6.2 Verdichtungen

Eine weitere Bodengefährdung ist die Verdichtung von Böden. Verdichtete Böden haben ein verändertes bzw. zerstörtes Bodengefüge und ein reduziertes Versickerungsvermögen.

Die Niederschläge versickern nicht mehr vollständig, der Raum sowie die Durchlüftung und die Wasserversorgung für die Bodenlebewesen und Pflanzenwurzeln nehmen ab.



Abb. 27: Bodenverdichtung aus: Bodenschutz plus



**Abb. 28: Bodenverdichtung; aus Boden in Not**

Die Bodenverdichtung bedeutet:

- abnehmender Grobporenanteil,
- abnehmende Sauerstoffversorgung für die Pflanzenwurzeln und

Bodenlebewesen,

- verringerte Infiltration der Niederschläge,
- erhöhter Oberflächenabfluss, und damit erhöhte Erosionsgefahr,
- reduzierte Durchwurzelbarkeit für Pflanzen und Ertragsfähigkeit,
- verlangsamte Erwärmung der Böden im Frühjahr.

Das Ausmaß der Bodenverdichtung ist abhängig von der Bodenart und der Bodenfeuchte.

Die Beeinträchtigung des Wasser- und Lufthaushaltes ist bei:

- Sanden gering,
- lehmigen Sanden mäßig,
- Schluffen und Lehmen hoch,
- tonigen Lehmen und Ton sehr hoch.

Die Bodenverdichtung ist erkennbar an den Pfützen in den Fahrspuren oder an den vegetationsfreien Trampelpfaden.

Beim Befahren des Ackers mit schweren Maschinen ist es wichtig, die Last auf eine große Fläche zu verteilen, d.h. breitere Reifen mit niedrigem Druck einzusetzen. Trampelpfade lassen sich selten verhindern, aber sie zeigen anschaulich, dass auch wenig Last auf die Dauer genau so schädlich sein kann.

Gegenmaßnahmen:

- richtiger Zeitpunkt der Bodenbearbeitung,
- weniger häufiges Befahren der Ackerfläche
- schonen der oberen Bodenschicht, vermeiden von tiefen Pflügen
- breite Niederdruckreifen, Zwillingsräder

Eine Bodenverdichtung auf mechanischem Wege zu lockern ist möglich, stellt aber selten den ursprüngliche Zustand wieder her. Auf natürlichem Wege erfolgt über die Aktivität der Bodenlebewesen, bzw. durch Frosteinwirkungen im Winter ein Lockern des Oberbodens.

## Versuche

**6.2 V1** – Bodenverdichtung [AK]

## Verweise

Bodeneigenschaften: - Bodengefüge, -Bodenluft, -Bodenwasser,

Boden in Gefahr Bodenschutz: - Erosion,

## Didaktische Anmerkung

Können Bodenverdichtungen im Umfeld beobachten werden? Inwieweit trägt das eigene Verhalten dazu bei? Wie können Bodenverdichtung vermindert bzw. verhindert werden und was kann jeder einzelne dazu beitragen.

## 6.3 Versauerung

Das Waldsterben zeigt die Wirkung, die der saure Regen auf die Wälder und vor allem auf den Boden hat. Mit dem Säureeintrag durch die Niederschläge nimmt die Pufferkapazität der Böden ab. Auch die Ackerflächen sind davon betroffen. Der Landwirt entgegnet der Versauerung und der damit verbundenen Nährstoffauswaschung durch regelmäßige Kalkungen (Erhaltungskalkung) bzw. Gesundkalkung.

Mit abnehmendem pH-Wert wird die Auswaschung von Nährstoffen und Schadstoffen erhöht (s. Pufferkapazität). Mit zunehmender Versauerung werden auch die Bodenlebewesen (Regenwürmer, Mikroorganismen, Mykorrhizapilze) durch die hohen  $H^+$ -Ionen-,  $Al_3^+$ -Ionen und die Schwermetallkonzentrationen geschädigt.

Laut Umweltbundesamt von 1995 lag 1992 der Ausstoß an Schwefeldioxid bei 3,9 Millionen Tonnen und der von Stickstoffoxiden bei 2,9 Millionen Tonnen. Aus diesen Substanzen bilden sich nach Oxidation die Salpeter- und Schwefelsäure. Diese starken Säuren verursachen einen durchschnittlichen pH-Wert im Regenwasser von 4,3 (in Extremfällen auch pH 2).

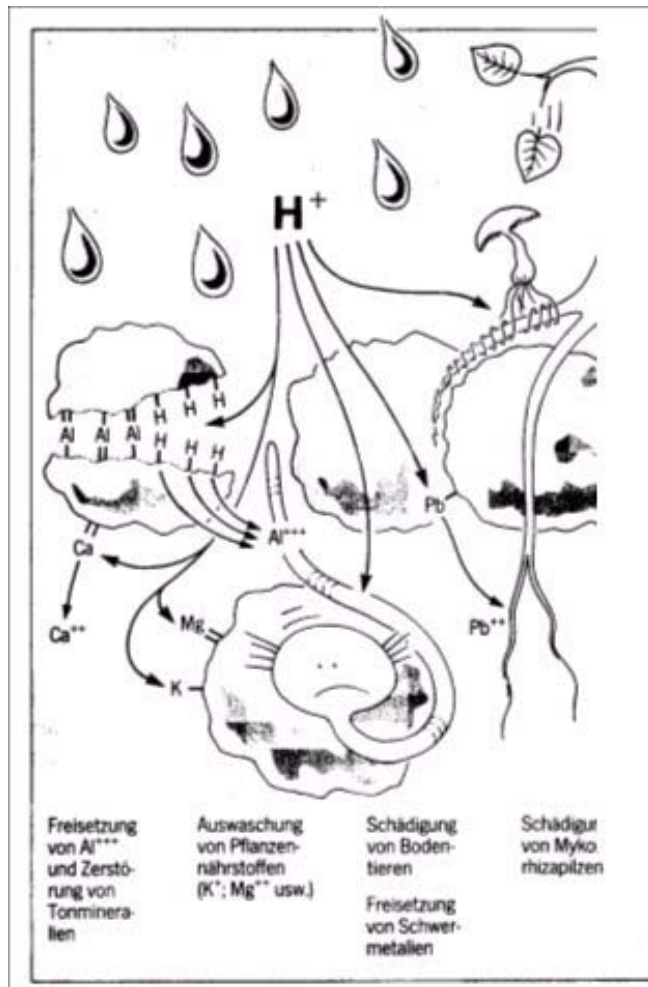


Abb. 29: Bodenversauerung

Gegenmaßnahmen:

- Reduzierung der Schadstoffemissionen
- Kalkung, damit Nährstoffe zur Verfügung stehen, die Tonverlagerung und damit Bodenverschlammung und Verdichtung vermindert werden.

Die Kalkgaben können z.B. als Branntkalk  $CaO$ , Löschkalk  $Ca(OH)_2$  oder kohlensaurer Kalk  $CaCO_3$  erfolgen.

Zur Erhöhung des pH-Wertes des Bodens von pH 5 auf pH 6 sind gemäß einer Düngemittelvorschrift folgende Gaben notwendig:

Bei schweren Böden: 2.000 kg Brannt- oder Löschkalk je ha,

bei mittelschweren Böden: 1.700 kg Brannt- oder Löschkalk je ha,

bei leichten Böden: 3.000 kg kohlensaurer Kalk je ha.

Die Kalkgaben sollten bei mehr als 2.000 kg/ha auf mehrere Jahre verteilt werden.

## Versuche

**6.3 V1** Boden in Gefahr / Bodenschutz – Versauerung [AK]

## Verweise

**3.8 V1** pH-Wert

**3.7 V1** Carbonatgehalt

## Didaktische Anmerkung

Waldbegehung evtl. mit dem Förster, Typische Schadbilder, die ihre Ursache in der Versauerung des Bodens bzw. dem sauren Regen haben, erkennen und notieren.

## 6.4 Versiegelung/Verbrauch

Der Verbrauch an Flächen durch Rohstoffgewinnung (Kiesgruben, Steinbrüche etc.), durch Ablagerungen (Deponien) und durch Umwandlung von intakten Böden in Siedlungs- und Verkehrsflächen nimmt stetig zu.

In Baden- Württemberg, mit einer Gesamtfläche von 36.000 km<sup>2</sup> wurden 1993 12,3 % Boden als Siedlungsfläche versiegelt. Dies entspricht einer Fläche von 540 km<sup>2</sup> bzw. 54.000 ha oder 72.973 Fußballfelder. Jährlich werden in Baden-Württemberg 35 km<sup>2</sup> oder 4730 Fußballfelder wertvollen Bodens versiegelt. (Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg).



**Abb. 30:** Kiesgrube, (Rohstoffgewinnung)





**Abb. 31: Flächenverbrauch**



**Abb. 32: Flächenversiegelung**

Mit der Erweiterung des Siedlungsraums werden überwiegend landwirtschaftlich genutzte Böden versiegelt und stehen für eine Nahrungsproduktion nicht mehr zur Verfügung.

Die zunehmende Versiegelung bewirkt:

- verminderte bis keine Bodenfunktionen,
- abnehmende Wasserversickerung,
- erhöhter Oberflächenabfluss,
- veränderter Bodenwasserhaushalt,
- absinken des Grundwasserspiegels, da verringerte Grundwasserneubildung,
- verändern des Umgebungsklimas.

Mögliche Maßnahmen gegen einen Flächenverbrauch bzw. Versiegelungen können sein:

- erhöhen der Geschoßflächenzahl,
- freie Flächen im Siedlungsbereich nutzen,

- Rückbau von versiegelten Flächen,
- versiegeln nur wo notwendig, d.h. Pflaster mit breiten Fugen, Schotterrasen, Rasen etc. bei z.B. Schulhöfen, wenig frequentierten Parkplätzen, Gärten.

Im Umkreis von der Schule, in bestimmten Gemeinde- oder Stadtteilen kann anhand von Karten eine Bestandsaufnahme von versiegelten und offenen Flächen erfolgen - falls möglich im Vergleich von früher und heute. Weiterhin können nach Alternativen zur Versiegelung gesucht werden.

## **Versuche**

### **6.4 V1** Versiegelung - Bestandsaufnahme

## **Verweis**

Bodenfunktionen: Ausgleichskörper im Wasserkreislauf, -Lebensraum für Bodenorganismen, Standort für natürliche Vegetation

## **Didaktische Anmerkung**

Im Umfeld der Schule oder in der jeweiligen Gemeinde oder Stadtteils

- Pflastervegetationen erforschen
- Bestandsaufnahme der versiegelten und offenen Flächen bestimmen
- Entsiegelungspotential ermitteln (s. Untersuchungen der LfU)

Mit offenen Augen die direkte Umgebung wahrnehmen und dabei die Bodenzerstörungen erkennen, aber auch Lösungsvorschläge erarbeiten und evtl. zusammen mit der Schulleitung oder dem zuständigen Gartenbauamt umsetzen.

## **6.5 S(chads)toffeinträge**

In den Boden gelangen über die Luft, die Niederschläge und das Aufbringen von Substraten (z.B. Düngemittel) Schadstoffe, die das Bodenleben bzw. wichtige Stoffkreisläufe beeinträchtigen oder zerstören. Dies hat Folgen für die Vegetation und für uns Menschen, auch wenn diese Einträge klein oder in entfernten Gebieten stattfinden. Der Boden ist nur schwer, wenn überhaupt zu sanieren und der Mensch ist ein Teil des Ökosystems Erde und steht am Ende der Nahrungskette.

Der Boden enthält neben den anthropogen eingetragenen Schadstoffen wie den Schwermetallen auch natürlich vorkommende. Die geogenen Schwermetalle sind überwiegend fest im Ausgangsgestein gebunden und nur schwer löslich. Hingegen sind die anthropogen eingetragenen Schwermetalle bzw. Schadstoffe löslicher und werden über die Nahrungskette (Vegetation und Trinkwasser) vom Menschen aufgenommen.



**Tab. 4: Herkunft der Schadstoffe im Boden und ihre Wirkungen**

Schadstoffgruppe	Schadstoffart	Herkunft	Wirkung
Säuren	SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub>	Kohleverbrennung	Versauerung der Böden, Schädigung der Lebewesen, Zerstörung von Bauwerken
Tausalze/ Streusalze	Natrium Chlorid NaCl	Streuen in den Wintermonaten	Schädigung der Vegetation am Straßenrand
Schwermetalle	Arsen As	Kohleverbrennung, Metallverhüttung, Glashütten, (Holzschutzmittelherstellung)	Nervenschädigung, tödliche Dosis 0,15 - 0,3 g
	Blei Pb	Stahlerzeugung, Heizung, Kohlekraftwerk,	Wirkt auf das Nervensystem, blockiert die Bildung des Hämoglobins
	Cadmium Cd	Stahlerzeugung, Kohleverbrennung, Müllverbrennung, chemische Industrie,	Knochenerkrankungen, Lungen und Nierenschädigung
	Chrom Cr	Verwendung in der Galvanik, Holzimprägnierung, Pigment bei der Gerberei, Katalysator,	Cr(VI) 1000- mal gefährlicher als Cr(III), canzerogen
	Kupfer Cu	Pflanzenschutzmittel, Dachrinnen, Zusatzstoff Schweinefutter	Kupfer wirkt toxisch auf Pflanzen und Mikroorganismen
	Nickel Ni	Schwerölverbrennung, Herstellung von Eisenlegierungen, chemische Industrie	Allergie auslösend, Ni- Staub krebs-erregend
	Quecksilber Hg	Krematorien	Gefährlich als Hg-Dampf bzw. Hg -organo -Verbindung
	Thallium Tl	Zementwerke, Metallverhüttung	1 g Thalliumsulfat ist für den Menschen toxisch

Schadstoffgruppe	Schadstoffart	Herkunft	Wirkung
	Zink Zn	Eisen- und Stahlindustrie, Reifenabrieb, Metallverhüttung, Kohleverbrennung	Einatmen von Zn-oxid-Dampf bewirkt Gelenk- und Muskelschmerzen,
Organische Schadstoffe	Altöl, Erdöl	Auto, Heizungen, Raffinerien	
Chlorkohlenwasserstoffe	PVC	Kunststoffproduktion, Kabelummantelung, Spielzeug, Folien	Vinylchlorid krebserzeugend
	Dioxin	Entstehen bei der Müllverbrennung, bei der Verarbeitung von chlorierten Kohlenwasserstoffen, Agent Orange,	Unterschiedlich giftig, krebserregend
Pflanzenschutzmittel		Produktion, Landwirtschaft	
Radioaktivität		Kernreaktoren	

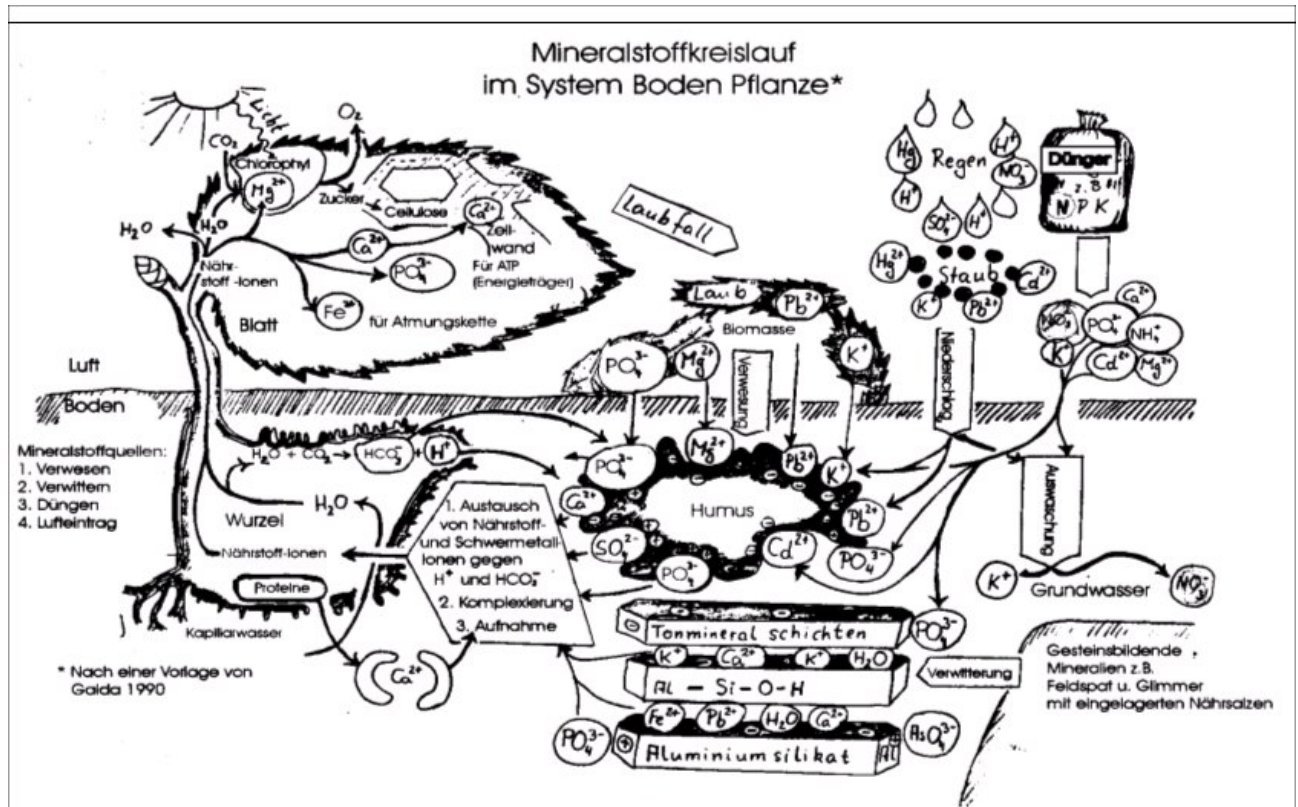


Abb. 33: Mineralstoffkreislauf aus: Böden untersuchen. Enßlin, W. 2000

## Verweis

### 5.5 V1 Bodenfunktionen - Filter und Pufferkapazität

### Didaktische Anmerkung

Schadstoffuntersuchungen liegen für verschiedene Gebiete in Baden-Württemberg vor. Diese Informationen können u.U. bei der Landesanstalt für Umweltschutz in Karlsruhe oder über das BofaWeb abgefragt werden. Für die Stadtgebiete Stuttgart, Karlsruhe, Pforzheim, Großraum Mannheim /Heidelberg und Lörrach liegen ausführliche Bodenzustandsberichte zur jeweiligen Schadstoffsituation vor.

Zum Thema Schadstoffe sind auch die entsprechenden Grenzwerte für Böden, Wasser oder Pflanzen zu betrachten.

## 7. Gesamtübersicht der Versuche und Untersuchungen zum Boden

**Bodenentwicklung [Übersicht/1]** (Bio = Biologie, Ch = Chemie, Phy = Physik, Erd = Erdkunde, FÜ = Fachübergreifend; Anforderungen + wenig, ++ mittel, +++ hoch)

Versuch	Zeit	Bio	Ch	Phy	Erd	Kunst	FÜ
2.1 V1	15 min bis > d			X	X		
2.1 V2	15 min bis > d			X	X		
2.2 V1	15 min +		X		X		
2.2 V2	20 min – 4 Tage		X		X		

Versuch	Siehe auch	Anforderungen
2.1 V1		+ / ++
2.1 V2		+ / ++
2.2 V1		+ / ++
2.2 V2		+ / ++

**Bodeneigenschaften [Übersicht/2]** (Bio = Biologie, Ch = Chemie, Phy = Physik, Erd = Erdkunde, FÜ = Fachübergreifend; Anforderungen + wenig, ++ mittel, +++ hoch)

Versuch	Zeit	Bio	Ch	Phy	Erd	Kunst	FÜ
3.1 V1	10 min +				X		X
3.1 V2	1 h – 24 h			X			
3.1 V3	30 min – 2 h					X	X
3.1 V4	30 min – 2 h					X	X
3.2 V1	15 min – 30 min				X		
3.3 V1	15 min - 1 Tag		X	X			

Versuch	Zeit	Bio	Ch	Phy	Erd	Kunst	FÜ
3.4 V1	> 30 min			X			
3.5 V1	15 min – 30 min		X	X			
3.5 V2	30 min – 5 Tage		X	X			
3.6 V1	15 min – 2 h			X			
3.7 V1	15 min – 30 min	X	X				X
3.8 V1	30 min		X				
3.9 V1	30 min - 2 h	X					
3.9 V2	30 min – 1 Tag	X	X				
3.10 V1	15 min – 5 Tage		X				
3.10 V2	1 h		X				

Versuch	Siehe auch	Anforderungen
3.1 V1	Elementare Untersuchungen	+
3.1 V2	3.1	++
3.1 V3	3.1	+
3.1 V4	3.1	+
3.2 V1	3.1, 3.3	+
3.3 V1	3.2, 3.4, 3.5	++
3.4 V1	3.3, 3.5	++
3.5 V1	3.3, 3.4, 3.5	+
3.5 V2	3.3, 3.4, 3.5	++
3.6 V1	2.1, 3.3, 3.5	+
3.7 V1	3.8 V1	+
3.8 V1	3.7	+
3.9 V1	3.9, 5.1	+
3.9 V2	3.9, 5.1	++
3.10 V1	5.1	+
3.10 V2	5.1	++

**Bodentypen [Übersicht/3]** (Bio = Biologie, Ch = Chemie, Phy = Physik, Erd = Erdkunde, FÜ = Fachübergreifend; Anforderungen + wenig, ++ mittel, +++ hoch)

Versuch	Zeit	Bio	Ch	Phy	Erd	Kunst	FÜ
4.1 V1	1 - 2 h				X		X
4.1 V2	30 min - 1 h				X		X
4.1 V3	30 min - 1 h				X		X
4.1 V4	30 min - 1 h				X		X
4.1 V5	30 min - 1 h				X		X

Versuch	Siehe auch	Anforderungen
4.1 V1		+ / ++
4.1 V2		+ / ++
4.1 V3		+ / ++
4.1 V4		+ / ++
4.1 V5		+ / ++

**Bodenfunktionen [Übersicht/4]** (Bio = Biologie, Ch = Chemie, Phy = Physik, Erd = Erdkunde, FÜ = Fachübergreifend; Anforderungen + wenig, ++ mittel, +++ hoch)

Versuch	Zeit	Bio	Ch	Phy	Erd	Kunst	FÜ
5.1 V1	30 min - 2 h	X					
5.1 V2	30 min - > Tage	X					X
5.1 V3	10 min - 1 h	X	X				
5.2 V1	1 h - - 1 Tag	X					X
5.2 V2	1 h - 1 Tag	X					X
5.2 V3	30 min - 2 h	X					X
5.3 V1	30 min - 2 h	X					
5.4 V1	1h			X	X		
5.5 V1	30 min - 2 h		X	X			
5.5 V2	30 min - 2 h		X				

Versuch	Siehe auch	Anforderungen
5.1 V1	3.9	+
5.1 V2	3.9	+
5.1 V3	3.9	+
5.2 V1	3.1 - 3.10	+ / ++
5.2 V2	6.4	+ / ++
5.2 V3	3.1 - 3.10	+
5.3 V1		+
5.4 V1	3.5	+
5.5 V1	3.7, 3.8	+ / ++
5.5 V2	3.7, 3.8, 6.3	++

**Boden in Gefahr - Bodenschutz [Übersicht/5]** (Bio = Biologie, Ch = Chemie, Phy = Physik, Erd = Erdkunde, FÜ = Fachübergreifend; Anforderungen + wenig, ++ mittel, +++ hoch)

Versuch	Zeit	Bio	Ch	Phy	Erd	Kunst	FÜ
6.1 V1	1 h - 1 Tag				X		X
6.1 V2	30 min - 2 h				X		X
6.1 V3	30 min - 2 h						X
6.2 V1	30 min - 2 h			X			X
6.3 V1	30 min - 2 h		X				X
6.4 V1	1 h - 1 Tag						X
6.5 V1	1 h - 5 Tage						X
6.5 V2	1 h - 14 Tage	X					X

Versuch	Siehe auch	Anforderungen
6.1 V1	3.1, 6.2	++
6.1 V2	6.2, 3.5	++
6.1 V3	6.1 V1, 6.1 V2, 3.5	++
6.2 V1	3.2, 3.3, 3.4, 3.5,, 6.1	++ / +++
6.3 V1	3.7, 3.8	++ / +++
6.4 V1	3.3, 3.5, 5.1, 5.2, 5.5	++ / +++
6.5 V1	5.1, 5.2, 5.5	+
6.5 V2	5.1, 5.2, 5.5	++

## Teil II - Arbeitskartei

### 1. Versuche und Untersuchungen zum Boden

#### Gesamtübersicht der Versuche und Untersuchungen zum Boden

2.1 V1	Bodenentwicklung	mechanische Verwitterung	Frostsprengung
2.1 V2			Temperatursprengung
2.2 V1		chemische Verwitterung	Lösen / Hydrolyse
2.2 V2			Stalagmiten / Stalaktiten
3.1 V1	Bodeneigenschaften	Korngröße und Bodenart	Fingerprobe
3.1 V2			Schlämmprobe
3.1 V3			Klänge
3.1 V4			Kunst
3.2 V1		Gefügeformen	
3.3 V1		Bodenporen	
3.4 V1		Bodenluft	
3.5 V1		Bodenwasser	Wasserspeicher
3.5 V2			Saugkraft
3.6 V1		Bodentemperatur	
3.7 V1		Kalkgehalt (Carbonatgehalt) in Böden	
3.8 V1		pH Wert	
3.9 V1		Humus Recycling: vom Blatt zur Erde	
3.9 V2		Humusgehalt eine quantitative Bestimmung	
3.10 V1		Nährstoffe	
3.10 V2		Nährstoffe	Stickstoff /Nitrat
4.1 V1	Bodentypen	Bodenprofil	
4.1 V2			Rendzina
4.1 V3			Parabraunerde
4.1 V4			Podsol
4.1 V5			Gley
5.1 V1	Bodenfunktionen	Lebensraum für Bodenorganismen	Hallo ist da wer?
5.1 V2			Regenwurmkasten
5.1 V3			Aktivität
5.2 V1		Standort für natürliche Vegetation	Zeigerpflanzen
5.2 V2			Stadtvegetation

5.2 V3			Geschichten
5.3 V1		Standort für Kulturpflanzen Bodenfruchtbarkeit	Bodenfruchtbarkeit
5.4 V1		Ausgleichskörper im Wasserkreislauf	Wasserkreislauf
5.5 V1		Filter und Puffer für Schadstoffe	Reinigung
5.5 V2			Pufferkapazität
6.1 V1	Boden in Gefahr	Winderosion	
6.1 V2		Wassererosion	
6.1 V3		Erosion - Der Mann mit den Bäumen	
6.2 V1		Verdichtung	
6.3 V1		Verdichtung	
6.4 V1		Versiegelung - Boden verschwindet	
6.5 V1		Giftmordanschlag - Fall 1/1	
6.5 V2		Giftmordanschlag - Fall 1/2	

## 2.1 V1 Bodenentwicklung - mechanische Verwitterung - Frostsprengung

Der Zahn der Zeit nagt an den Gebirgen! Über die Zeit wird das langsame aber unaufhaltsame Wirken der Verwitterung erkennbar. Sie ist meist der Anfang zur Bodenentwicklung. Hierbei werden - beeinflusst durch Wasser, Temperatur, Salze, Pflanzen, etc. - Gesteine und Minerale zerkleinert. Dadurch vergrößert sich deren Oberfläche und weitere Prozesse der Bodenentstehung können wirken. Ein Mechanismus der mechanischen bzw. physikalischen Verwitterung ist die Frostsprengung. Hier sind die Eigenschaften des Wassers bei unterschiedlichen Temperaturen der Motor. Ein weiteres Zerkleinern bewirken Pflanzenwurzeln, die in die Gesteinsspalten eindringen. Das Ganze kann man im Gebirge erkennen. Hier liegen oft kleinere oder größere Gesteinsbrocken am Weg. Diese wurden z.B. durch die Frostsprengung vom Fels abgesprengt und in die Tiefe geschleudert [siehe Abb. 1].

### Material

Becherglas, Wasser, Gefrierfach oder Frost, Steine: Sandsteine, Tonsteine, Granit (z.B. Pflastersteine), Kalksteine

### Versuchsbeschreibung

Steine und Gesteinsbrocken werden ca. 30 Minuten gewässert.

Danach werden sie getrocknet und in trockenen Bechergläsern über Nacht ins Gefrierfach gestellt. Diesen Tau und Frostwechsel mehrmals wiederholen!

### Auftrag / Aufgaben

1. Was ist über Nacht geschehen?
2. Welche Erklärung gibt es dafür?



3. Welche Eigenschaften (Anomalien) besitzt das Wasser und was bedeutet dies für die Natur (Teich im Winter)?
4. Wo können wir Folgen des Frostes in unserem Alltag entdecken?

## 2.1 V2 Bodenentwicklung mechanische Verwitterung - Temperatursprengung

Die mechanische Verwitterung ist ein Naturereignis, das erst nach langer Zeit erkennbar wird. Mit den Kräften der Natur werden sogar massive Gebirge Stück für Stück zerkleinert. In den Gebirgsregionen sind vor allem die Frostsprengung und die Wurzelsprengung dafür verantwortlich. Die hohen tageszeitlichen Temperaturschwankungen in den Wüstenregionen bewirken ein Bersten der Minerale – die Temperatursprengung. In den semiariden Gebieten, in denen die Verdunstung stärker ist als der Niederschlag, bewirkt die Salzsprengung ein Zerkleinern der Gesteine.

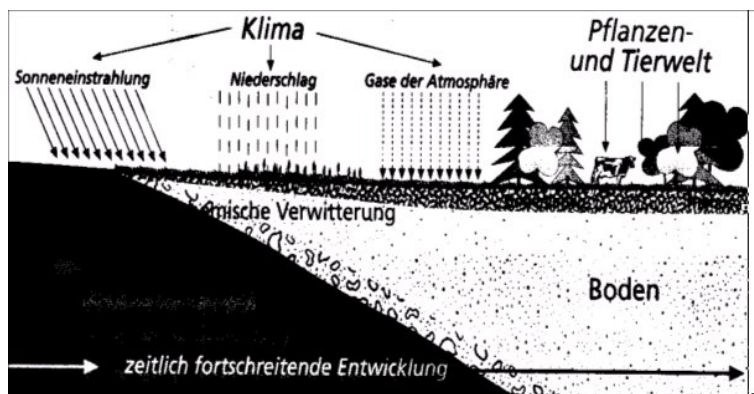


Abb. 34: Faktoren der Bodenbildung, aus Geographie heute. Lernkartei III: Boden 1998

### Material

Schutzbrille, Bunsenbrenner, Tiegelzange, Becherglas, Wasser, Steine: Sandsteine, Tonsteine, Granit (z.B. Pflastersteine), Kalkstein. (besonders grobkristalline Steine geeignet)

### Versuchsbeschreibung

Ein Stein - mit der Tiegelzange greifen – wird in der Brennerflamme erhitzt. Achtung Schutzbrille tragen! Anschließend wird er in ein Becherglas mit kaltem Wasser getaucht. Vorgang wiederholen.

### Auftrag / Aufgaben

1. Was geschieht mit den Steinen und welche Unterschiede können festgestellt werden?
2. Was ist die Ursache hierfür?
3. Was ist das Ergebnis der Frost- und Temperatursprengung?

## 2.2 V1 Bodenentwicklung - chemische Verwitterung - Lösen / Hydrolyse

Ein Sprichwort sagt „Steter Tropfen höhlt den Stein“. Wasser enthält unsagbare, geheimnisvolle Kräfte. Es kann Gesteinsmassive zerkleinern oder fast unmerklich über viele Jahre einfach auflösen. Der Vorreiter hierfür ist die mechanische bzw. physikalische Verwitterung, die das Gestein zerkleinert bzw. die Oberfläche vergrößert. Nachfolgende Prozesse wie die chemische Verwitterung haben so mehr Angriffsfläche. Die Minerale und Gesteine werden in ihrer Zusammensetzung verändert, d.h. Substanzen werden herausgelöst, (hydrolysiert oder oxidiert). Ein bekanntes Phänomen der chemischen Verwitterung ist die Entstehung einer Tropfsteinhöhle. Mit den Niederschlägen wird der Kalk aus dem Gestein herausgelöst und in tiefere Schichten verlagert. Tritt die Kalklösung an die Luft, wird der Kalk ausgefällt und es bilden sich die typischen Stalaktiten und Stalagmiten aus.

### Material

Becherglas, Steine: Sandsteine, Tonsteine, Granit (z.B. Pflastersteine), Kalksteine Wasser, Salzsäure oder auch Essig, Kaliumhexacyanoferrat II

### Versuchsbeschreibung

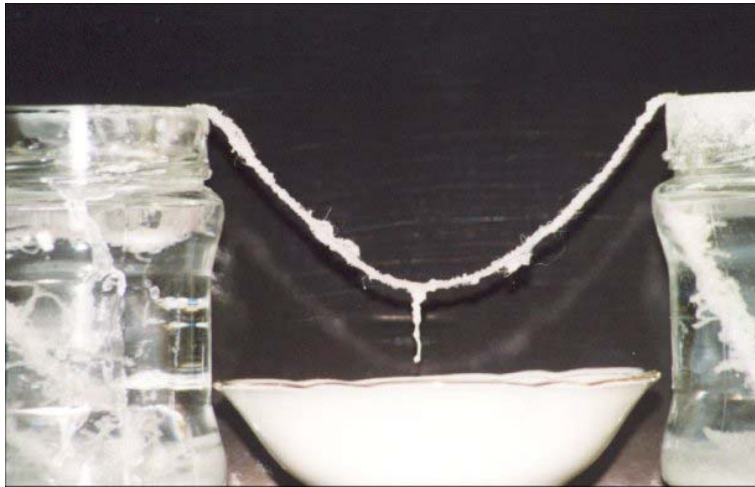
Jede Gesteinsprobe in ein Becherglas legen. Das Becherglas zuerst mit Wasser füllen und beobachten. Nun eine Gesteinsprobe im Becherglas vorsichtig mit Säure übergießen und beobachten. Achtung Schutzbrille tragen! Herausgelöstes Eisen kann mit einem Teststäbchen oder mit Gelben Blutlaugensalz (Kaliumhexacyanoferrat II) nachgewiesen werden.

### Auftrag/Aufgaben

1. Was kann beobachtet werden im Wasser und in der Säure?
2. Welche Unterschiede bei den Gesteinen sind erkennbar?
3. Durch welche Stoffe wird die chemische Verwitterung beschleunigt?
4. Wo sind Schäden durch eine chemische Verwitterung erkennbar?

## 2.2 V2 Bodenentwicklung - chemische Verwitterung - Stalagmiten / Stalaktiten

In einer Tropfsteinhöhle wachsen von oben nach unten die Stalaktiten. Darunter wachsen die Stalagmiten in die Höhe. Treffen beide zusammen bilden sie eine Säule aus ausgefälltem Kalk. Damit sie richtig groß werden brauchen sie Jahrhunderte oder Jahrtausende. Da wir nicht solange Zeit zum Beobachten haben, wird das Ganze verkürzt.



**Abb. 35: Bildung von Stalaktiten**

### **Material**

Wolle, Büroklammern, Schale, 2 Gläser (Marmeladegläser), Löffel, Kaisers Natron (ca. 100 mg), Wasser (400 ml)

### **Versuchsbeschreibung**

Wasser im Topf gut erwärmen und löffelweise das Natron zugeben und rühren, bis sich kein Natron mehr löst. Die Lösung wird jetzt auf die zwei Gläser verteilt.

Ein angefeuchteter Wollfaden mit jeweils einer Büroklammer am Ende wird in die Gläser getaucht. Der Wollfaden verbindet die beiden Gläser. In die Mitte unter dem Faden wird eine Schale gestellt. Nun 2 - 3 Tage stehen lassen und beobachten.

### **Auftrag/Aufgaben**

1. Wann kann der erste Stalaktit beobachtet werden.
2. Was wächst in der Schale?
3. Was ist der Grund für das Beobachtete?

## **3.1 V1 Bodeneigenschaften - Korngröße und Bodenart - Fingerprobe**

Wie fühlt sich ein Boden an, körnig oder mehlig, bleiben die Finger sauber? Böden bestehen aus einer Mischung von Mineralen verschiedener Größen. Dabei wird in Grobböden (Bodenskelett) mit einem Korndurchmesser  $> 2$  mm und in Feinböden mit einem Korndurchmesser  $< 2$  mm unterschieden. Der Feinboden ist aus den Anteilen von Sand (2,0 – 0,063 mm), Schluff (0,063 – 0,002 mm) und Ton ( $< 0,002$  mm) zusammengesetzt. Sand, Schluff und Ton stehen sowohl für eine Korngrößenklasse, als auch für eine Bodenart. Lehm besteht zu gleichen Teilen aus Sand, Schluff und Ton und ist ausschließlich eine Bezeichnung für eine Bodenart.

Die Verteilung der Teilchen bestimmt die Eigenschaften wie z.B. Haftungsvermögen, und Formbarkeit von Böden. Dadurch fühlen sie sich unterschiedlich an. Die Bodenarten können annähernd genau durch die Fingerprobe bestimmt werden.



**Abb. 36 Sandboden**



**Abb. 37 humusreicher Lehmboden**

### **Material**

Die Bodenart kann direkt im Freien oder im Klassenzimmer bestimmt werden. Verschiedene Bodenproben (Wald-/Gartenboden, Kompost, Sand, Lehm, Ton), etwas Wasser Bestimmungstafel – Bodenart (s. Anlage 2)

### **Versuchsbeschreibung**

Alle größeren Bestandteile wie Steine, Pflanzenwurzeln, etc. entfernen. Es bleibt die Feinerde (< 2 mm) übrig. Diese Feinerde, falls nötig, mit etwas Wasser anfeuchten. Solange kneten bis die Feuchtigkeit nicht mehr erkennbar ist (der Wasserglanz entweicht). Nun wird die Bestimmung durchgeführt. Die wichtigen Unterscheidungsmerkmale von Sand, Schluff und Ton können anhand der Bestimmungshilfe ermittelt werden.

### **Auftrag / Aufgaben**

1. Welche Bodenarten konnten bestimmt werden?

2. Werden die Hände vom Boden immer schmutzig, wenn ja, was färbt die Handflächen?

## 3.1 V 2 Bodeneigenschaften - Korngröße und Bodenart - Schlammprobe

Welches Teilchen sinkt schneller ab, ein Kleines oder ein Großes?

Die Sinkgeschwindigkeit der Bodenbestandteile kann zur Bestimmung der genauen Bodenart herangezogen werden. Dabei ist die Sinkgeschwindigkeit der Sand- oder Tonteilchen von ihrer Korngröße bzw. den Radien abhängig.

Es kann folgende Gleichung aufgestellt werden (bei einer mittleren Teilchendichte von etwa  $2,5 \text{ g/m}^3$ ):

$$v = \frac{3\,600\,000}{(m \cdot s)} \cdot r^2$$

Dabei wird  $r$  in (m) und  $v$  in (m/s) gemessen. Bestimmungstafel s. Anlage 2

### Material

Je Bodenprobe 2 Messzylinder (100 ml), Lineal, Folienstift, verschiedene, trockene Bodenproben (sandig, humusreich, tonig, ...), Wasser, Mörser, Stopfen, Stoppuhr

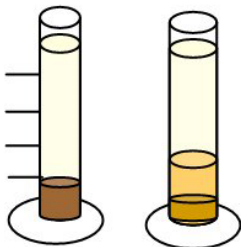


Abb. 38: Messzylinder

### Versuchsbeschreibung

Große Steine, Wurzeln, Fremdkörper aus der Bodenprobe entfernen. Dann verbackene Bodenteilchen mit dem Mörser zerkleinern. In die Standzylinder werden 10 ml Bodenproben gegeben, beschriftet und auf 100 ml mit Wasser aufgefüllt. Das Ganze wird gut geschüttelt, so dass ein (homogenes) Gemisch vorliegt. Nun lässt man alles genau 30 Sekunden abstehen und gießt den Überstand in den zweiten Messzylinder. Man lässt alles 50 Minuten stehen.

### Auftrag/Aufgaben

1. Mit dem Lineal werden die Gesamthöhen der Bodenanteile beider Messzylinder abgemessen. Vorsicht nicht schütteln!

2. Wie groß sind die Prozentanteile der einzelnen Fraktionen?
3. Hat sich alles abgesetzt, wenn nein was befindet sich noch in der Schwebel?
4. Welche Bodenarten können mit Hilfe des Bodenartendreiecks bestimmt werden?

### 3.1 V3 Bodeneigenschaften - Korngröße und Bodenart - Klänge

Stein auf Stein das klingt fein!

Jeder hat am Berg vielleicht schon mal gehört wie Steine in die Tiefe rollen. Ausgelöst durch Wanderer, Gemen oder Frost und jedes mal hat es anders geklungen. Oder man war froh, dass ein dumpfer Ton signalisiert hat „unten angekommen!“ Kann man die Bodenarten am Klang unterscheiden? Gibt es eine Melodie der Steine oder eine Symphonie des Bodens?



Abb. 39: Steinmeer

#### Material

Steine von unterschiedlicher Art und Größe, Sand, Ton, Lehm, Humus, Blätter, etc., Fotodöschen

#### Versuchsbeschreibung

Genanntes Material suchen und sammeln. Bauen eines Geräuschmemories: Hierfür jede Probe auf zwei Fotodöschen verteilen (als Rassel). Inhalt der Fotodöschen am Boden vermerken. Nun alle Döschen aufstellen und die gleich klingenden herausfinden. Fotodöschen stellen auch einen Klangkörper dar.

#### Auftrag/Aufgaben

Zusammengestellte Geräuscherinnerung gemeinsam spielen. Sind Unterschiede in der Bodenart erkennbar? Mit den anderen gesammelten Klangkörpern (Steine, Äste, tote Baumstämme) unterschiedliche Töne erzeugen. Gemeinsam eine Bodenmelodie komponieren.



## 3.1 V4 Bodeneigenschaften - Korngröße und Bodenart - Kunst

Ist Boden nur Dreck oder was? Die Indianer schmückten und schminkten sich bei besonderen Anlässen mit Bodenfarben. Bodenfarben wurden u.a. auch für Höhlenmalereien verwendet. Verschiedene Sandfarben ergeben in Flaschen gefüllt schöne Bilder. Steine von verschiedenen Formen und Farben erzeugen neben oder übereinander verwirrende Labyrinth oder sagenhafte Gestalten.



Abb. 40: Erdgeister



Abb. 41 Farben der Erde

### Material

Steine unterschiedlicher Größe, Sandboden (Buntsandstein gelb, rot etc.), Lössboden, Tonboden, Heilerde, Holz, Wasser, Schalen, Mörser, Pinsel; zum Schminken evtl. Heilerde benutzen, Blütenblätter etc.

### Vorschläge

1. Bodenproben in Wasser aufschlämmen. Die Schlammprobe aufs Papier bringen, beliebige Muster gestalten, neues kreieren, trocknen. Schlammprobe kann auch auf andere feste Gegenstände verteilt werden.
2. Mit Schlammprobe (oder Heilerde) sich gegenseitig bemalen und mit Blüten oder Blätter verschönern.
3. Steine zu Skulpturen oder Mandalas verändern.
4. Mandalas bauen mit den unterschiedlichen Kornfraktionen.
5. Zum Thema von grob nach fein Tast- oder Fühlbilder bzw. Skulpturen erstellen.
6. Ton zum Vergleich auch Sand auf verschiedene Materialien ausstreichen, beim Trocknen entstehen Risse, Stücke evtl. bemalen.

## 3.2 V1 Bodeneigenschaften - Gefügeformen

Wie sieht genauer betrachtet Boden aus? Ein Erdklumpen oder Bodenmonolith kann Bände sprechen. Detektivisch ist man dem Leben, der Entstehung und den Eigenschaften dieses Bodens auf der Spur. Dabei können Regenwurmröhren, kleinere Bodenbewohner, Wurzelreste, Hohlräume, Farbveränderungen und unterschiedliche Strukturen der Böden beobachtet werden. So liegen in Sandböden mit wenig Humus die Sandkörnchen einzeln vor. Dies ist ein Einzelkorngefüge. Wenn Humus mit Sand und Ton durch Bodenorganismen verklebt werden, entsteht ein krümeliges Gefüge - das Krümelgefüge. Sind jedoch die Teilchen horizontal und parallel ausgerichtet (z.B. beim Befahren) entsteht ein dichtes Gefüge, das Plattengefüge.

### Material

Stereolupe, Präpariernadel, Rasierklinge, Uhrmacherpinzette; Bodenmonolith oder Stechzylinderprobe, auch aus tieferen Horizonten; Papier und Bleistift

### Versuchsbeschreibung

Die Bodenproben werden unter der Stereolupe beginnend mit der geringsten Vergrößerung betrachtet. Es können Aggregatformen, Wurzelröhren, den Verlauf von Feinwurzeln, Wohnröhren von Bodenlebewesen und Farbveränderungen beobachtet und skizziert werden.

### Auftrag/Aufgaben

1. Genau beobachten, notieren und skizzieren.
2. Gibt es Farbveränderungen, Hohlräume, Röhren, Wurzeln, Bodentiere etc.?
3. Worin unterscheiden sich die Böden?
4. Welche Gefügeform liegt vor?
5. Gibt es Unterschiede bei den Horizonten innerhalb eines Bodenprofils?



### 3.3 V1 Bodeneigenschaften – Bodenporen - Porenvolumen und Luftgehalt

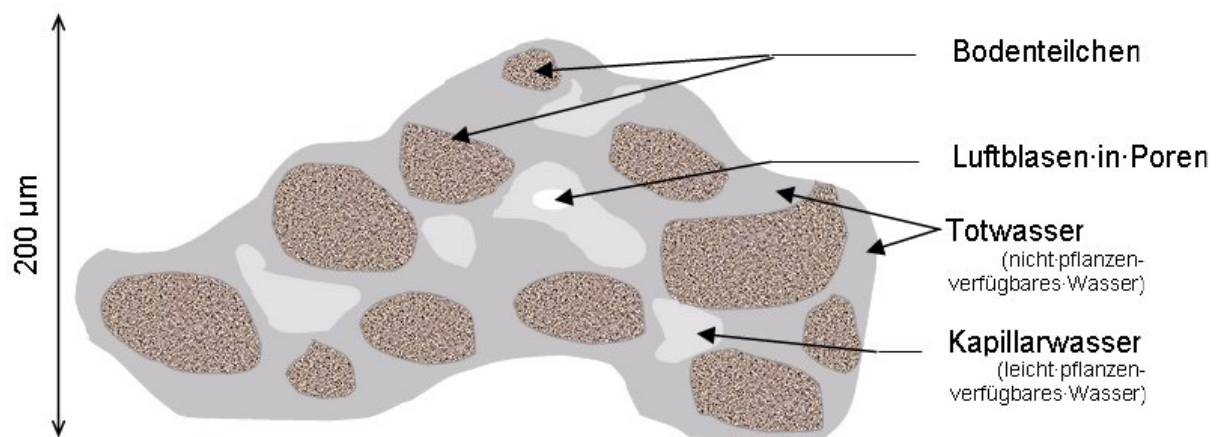
Boden besteht aus vielen verschiedenen Bestandteilen und auch aus Hohlräumen. Diese Poren (Porung) besitzen unterschiedliche Größen (Durchmesser) wie z.B.:

Grobporen: 10  $\mu\text{m}$ ,

Mittelporen: 0,2 bis 10  $\mu\text{m}$  und Feinporen: von < 0,2  $\mu\text{m}$ .

Die Porenverteilung ist abhängig von der Bodenart. Ein Sandboden enthält besonders viele Grobporen, Lehm und Schluffböden viele Mittelporen und Tonböden viele Feinporen.

Je größer der Humusgehalt eines Bodens, desto mehr Grob- und Feinporen besitzt er. Die Poren sind mit Luft oder Wasser gefüllt. Wie wichtig die Bodenporen sind, kann man an Pfützen in Fahrspuren oder Trampelpfaden erkennen.



**Abb. 42: Bodenporen schematisch dargestellt**

#### Material

Böden zum Vergleichen von verdichtet (Fahrspur, Trampelpfad) und unverdichtet (Mitten im Acker oder auf der Wiese); eine leere Dose (170 ml), Bohrer, Dosenöffner, Spaten, 500 ml Messzylinder, 200 ml Messzylinder, Trockenschrank

Calgon - Lösung als Wasserenthärter oder 0,1 mol/l Tetra- Natriumdiphosphatlösung (44,6 g Tetra-Natriumdiphosphat-Decahydrat auf 1 l  $\text{H}_2\text{O}$  destilliert).

#### Versuchsbeschreibung

- Dosenvolumen ohne Bodenlöcher bestimmen  $V_{\text{Boden + Luft}}$ .
- Den Boden der Dose durchlöchern

- Durchlöcherter Dose mit der offenen Seite völlig in die Erde drücken und danach mit dem Spaten ausheben
- Boden 24 h bei 105°C trocknen, im Exsikkator abkühlen und wiegen.
- Inhalt völlig zerkleinern und mit 200 ml Diphosphatlösung in den 500 ml Messzylinder geben.
- Messzylinder verschließen, einige Minuten waagrecht schütteln. Aus der Waagrechte langsam in die Senkrechte kippen. Luftblasen steigen auf.
- Nun wird das Suspensionsvolumen  $V_{\text{Suspension}}$  abgelesen.

### Auftrag / Aufgaben

1. Welches Luftvolumen ist vorhanden?
2. Wie unterscheiden sich die beiden Böden?
3. Wie groß ist das Porenvolumen und die Bodendichte?

Das Bodenvolumen und das Luftvolumen kann nach folgenden Gleichungen berechnet werden:

$$V_{\text{Boden}} = V_{\text{Suspension}} - 200 \text{ ml}$$

$$V_{\text{Luft}} = V_{\text{Boden+Luft}} - V_{\text{Boden}}$$

Der Luftgehalt ist

$$\frac{V_{\text{Luft}}}{V_{\text{Boden+Luft}}} \cdot 100 \%$$

## 3.4 V1 Bodeneigenschaften - Bodenluft

Atmet ein Maulwurf unter der Erde? Und was ist mit den Pflanzenwurzeln? Alle Bodenorganismen, Maulwurf, Käfer, Würmer, Springschwänze, Mikroorganismen, Pflanzenwurzeln benötigen Luft zum Atmen. Diese Luft ist in den Poren und wird langsam abgegeben. Luft und Wasser teilen sich die im Boden vorhandenen Poren. Wie viel Platz für Luft und Wasser sind, hängt von der Bodenart und der Lagerungsdichte des Bodens ab. Ein verdichteter Boden hat weniger Platz für Wasser und Luft.

### Material

Stativmaterial, Kolbenprober, Versuchsrohre mit passenden, durchbohrten Stopfen, Gewichte à 250 g und 500 g, Gummischlauch, Glasröhrchen, Watte; verschiedene ausgestochene Bodenproben mit erhaltener Struktur (Ackerböden auch mit Proben aus verdichteter Fahrspur)

### Versuchsbeschreibung

Der Versuch wird entsprechend der Skizze aufgebaut. Unter konstantem Druck wird mit Hilfe eines Gewichts die Luft durch die Probe getrieben.

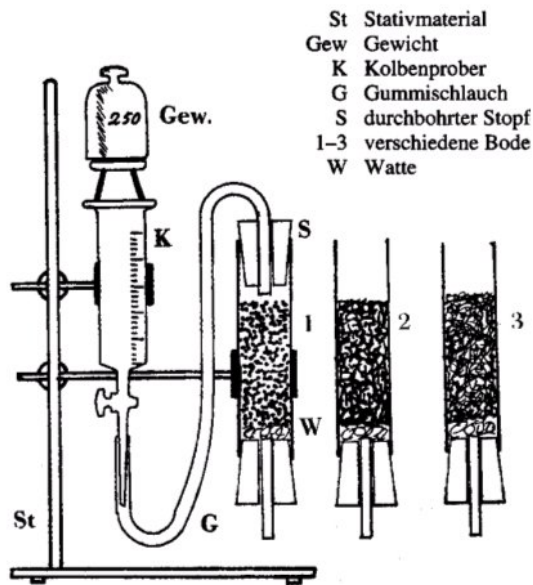


Abb. 43: Luftvolumen

**Auftrag/Aufgaben**

1. Wie viel Zeit verstreicht, bis 100 ml Luft durch die Proben entwichen ist?
2. Wie unterscheiden sich die Proben und was ist der Grund dafür?
3. Wie ist die Bodenluft zusammengesetzt?

### 3.5 V1 Bodeneigenschaften - Bodenwasser - Wasserspeicher

Ein Regenschauer brachte das Wasser, das die Pflanzen und die Tiere so benötigen. Es regnete langsam und gleichmäßig. Das Wasser verschwand im Boden, als ob es geheime Wege kennen würde. Auch nach langer Regenzeit verschwand das Wasser. Jedoch zeigten sich auch Stellen an denen das Wasser nicht mehr versickerte, sondern sich Pfützen bildeten. Nach dem Regen bleibt der Boden lange Zeit feucht und ist so ein Wasserreservoir für Pflanzen und Tiere.



Abb. 44: Feuchte Wiese

## Material

Verschiedene, getrocknete Böden (Ton-, Sand- und Humusboden) mit gleichem Gewicht; 3 Plastikblumentöpfe, Bechergläser, Messzylinder, Filterpapier oder Watte, Stoppuhr

## Versuchsbeschreibung

Auf die gelochte Seite des Blumentopfes wird ein Filterpapier oder Watte gelegt. Die Töpfe werden mit Bodenproben bis unter den Rand gefüllt. Nun werden die Töpfe auf ein Becherglas gestellt, dass sich das durchgelaufene Wasser sammeln kann. Über jede Probe wird langsam 300 ml Wasser gegossen. Das durchgesickerte Wasser wird in Bechergläsern aufgefangen und 3 - 4 mal über der Probe entleert, so dass alle Bereiche in der Probe gleichmäßig durchnässt sind.

## Auftrag / Aufgaben

1. Nach welcher Zeit waren die ersten Wassertropfen erkennbar und wann kam kein Wasser?
2. Wie viel Wasser bleibt im Becherglas übrig und welches Volumen wurde vom Boden festgehalten?
3. Welche Wasserkapazität liegt vor (s. Anhang 2)?
4. Welche Unterschiede weisen die Böden auf?
5. Wo steckt das festgehaltene Wasser?
6. Was kann nach einem Regenschauer beobachtet werden, wo bilden sich Pfützen?

## 3.5 V2 Bodeneigenschaften - Bodenwasser - Saugkraft

Lange Zeit hat es nicht geregnet und dennoch sieht die Wiese saftig grün aus! Der Boden in dem das Gras wächst fühlt sich trocken an. Woher bekommt also das Gras sein Wasser? Je tiefer man gräbt umso feuchter wird es. Wenn es regnet, versickert das Wasser. Es fließt von oben nach unten gemäß der Schwerkraft. Aber wie gelangt das Wasser nach oben?

## Material

50 cm lange Glasrohre mit 2 cm Innendurchmesser; durchbohrte Gummistopfen, Sieb, Messlatte, Becherglas, Stative, Watte, Kressesamen; Farblösung: 50 mg Rote Beete Saft (oder rote Tinte, 50 mg Eosin) auf 100 ml Wasser; Verschiedene Böden (Ton-, Sandboden, Gartenerde, etc.)

## Versuchsbeschreibung

- Glasrohre auf einer Seite mit dem durchbohrten Stopfen schließen und über den Stopfen einen Wattebausch legen.
- Die Rohre werden mit den getrockneten und gesiebten Böden gefüllt.
- Oben wird Kresse eingesät.
- Diese fertigen Rohre werden in das mit gefärbten Wasser gefüllte Becherglas gestellt. Der Wasserspiegel muss bis zum Boden steigen.

- Zur Kontrolle Wasser in Kapillaren mit unterschiedlichen Durchmesser aufsaugen und beobachten

#### **Auftrag / Aufgaben**

1. Wie hoch steigt das Wasser in den verschiedenen Bodenröhren?
2. Wo keimt die Kresse aus?
3. Besteht ein Zusammenhang zwischen Bodenart, der Steighöhe und der Kressekeimung?
4. Was ist die Ursache für diese Saugkraft?
5. Was bedeutet dies für die Nutzung der Böden, auf was ist zu achten?

### **3.6 V1 Bodeneigenschaften - Bodentemperatur**

Sommer, Sonne, Meer, Strand, Strandlauf ... Aber der Sand ist so heiß, da verbrennt man sich die Füße! Im Sommer erwärmt die Sonne die ganze Natur auch den Boden. Aber ist jeder Boden gleich warm oder gleich kalt? Erwärmt sich jede Landschaft gleich? Wo ist es im Sommer angenehm kühl?



**Abb. 45: schattenfreier Ackerboden**



**Abb. 46: Schatten im Wald**

### **Material**

Thermometer, Schalen für die Erde, verschiedene Bodenarten: Wiese, Acker, Wald; Maßstab, Formblatt

### **Versuchsbeschreibung**

1. Für Messungen im Zimmer werden für jede Bodenart zwei Schalen gefüllt. Danach wird eine ins Dunkle und eine in die Sonne (oder Wärmelampe) gestellt. Nun werden die Temperaturen am Anfang und nach 0,5; 1; 1,5 und 2 Stunden gemessen.
2. Für Messungen im Freien werden bei verschiedenen Bodenarten die Temperaturen an der Bodenoberfläche in 5 cm, 10 cm, 20 cm und 30 cm Tiefe bestimmt (Loch in entsprechender Tiefe bohren). Gemessen wird auch die Lufttemperatur in 1m Höhe.

### **Auftrag / Aufgaben**

1. Welche Bodenart erwärmt sich schneller und was sind die Gründe dafür?
2. Die gemessenen Temperaturen in die Tabelle eintragen!
3. Wie ist der Temperaturunterschied von der Bodenoberfläche und in 20 cm Bodentiefe zu erklären
4. Welchen Einfluss hat die Vegetation auf den Temperaturverlauf?



## 3.7 V1 Bodeneigenschaften - Kalkgehalt (Carbonatgehalt) in Böden

Marmor, Stein und Eisen bricht ... Zu den am weitesten verbreiteten Mineralien der Erde gehört Kalk (Calciumcarbonat,  $\text{CaCO}_3$ ). Aus Kalk bzw. Kalkstein entstanden z.T. riesige Bergmassive wie die Alpen. Bei ihrer Entstehung vor 60 – 140 Millionen Jahren (Kreidezeit) waren im wesentlichen marine Organismen, wie Muscheln, Schnecken oder Strahlentierchen beteiligt, deren kalkhaltigen Mineralskelette nach ihrem Tod sedimentierten. Nicht nur früher auch heute gibt es noch riesige Korallenriffe in den Weltmeeren (z.B. Barrier- Riff vor Australien). Kalk ist an verschiedenen Stellen anzutreffen, z.B.

- als Werkstoff in der Bauindustrie: Kalkstein, Mörtel, Zement, Marmor (unter hohem Druck entstanden)
- zum Abgas entschwefeln von Braunkohlekraftwerken in Form von „gebrannter“ Kalk (große Mengen Gips  $\text{CaSO}_4$  werden gebildet)
- als Ablagerung an Wasserhähnen, da Kalk gelöst im Trinkwasser vorliegt.

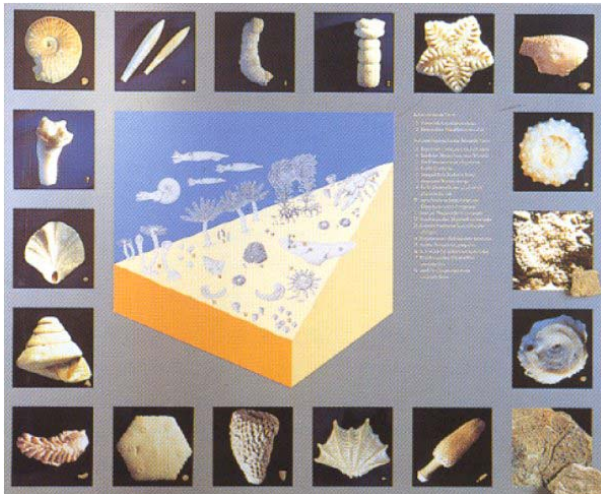


Abb. 47: Kleinfossilien aus dem Weißen Jura

### Material

Steine (Kalksteine, Granit, Sandsteine, Dolomit); Bodenproben (Gartenboden, Waldboden, Löß), Eierschalen, Schneckenhäuser, Muscheln, Kreide, Knochen, Baustoffe, etc...; 10 % Salzsäure in einer Plastikspritze (Vorsicht reizend,)

### Versuchsbeschreibung

Zu den jeweiligen Proben werden 1-2 Tropfen der Säure zugeben, Reaktionen beobachten und klassifizieren (s. Anhang 2); Hinweis: Achtung bei Sanden fällt die Reaktion stärker aus (Rückstufung um 1-2 Einheiten).

### Auftrag / Aufgaben

1. Was ergab die Schätzung der Kalkgehalte (Ergebnisse tabellarisch zusammenfassen)?

2. Wie lautet die chemische Gleichung zu diesem Versuch?
3. Gibt es in der Umgebung kalkhaltige Gesteine (s. geologische Karten)?

### 3.8 V1 Bodeneigenschaften - pH-Wert

Sauer macht lustig! Oder? Manche Früchte oder Lebensmittel sind sauer, andere nicht. Sauer mag es die Tanne, Kiefer oder Wacholder, aber nicht der Spinat oder der Weißkohl. Der Säuregrad (Acidität) in Lösungen und im Boden wird durch den Gehalt von  $\text{H}_3\text{O}^+$  - Ionen (einfacher  $\text{H}^+$ ) bestimmt. Der Gehalt an  $\text{H}^+$  -Ionen ist für den Nährstoffhaushalt des Bodens und damit für das Gedeihen der Pflanzen entscheidend. In schwach sauren Böden sind die Nährstoffe für die Pflanzen leicht verfügbar. Die Fruchtbarkeit des Bodens ist hoch, da auch die Mikroorganismen und die Bodentiere aktiver sind.

Nicht alle Böden haben den gleichen pH-Wert und dies ist an dem Leben in und auf dem Boden erkennbar.

#### Material

pH-Meter, Indikatorpapier, oder Hellige pH-Meter (Name eines im Handel erhältlichen pH-Meter); verschiedene Bodenproben (auch aus verschiedenen Tiefen, Streu), destilliertes Wasser, Becherglas, Rührstab

#### Versuchsbeschreibung

10 g Bodenprobe werden mit 25 ml destilliertem Wasser versetzt. Das Gemisch wird kräftig gerührt und nach 5 Minuten den Überstand abgegossen (dekantiert). Der pH-Wert in der Bodenlösung wird bestimmt. (Indikatorpapier, pH-Meter). Beim Bestimmen mit dem Hellige pH-Meter ist die beiliegende Anleitung zu beachten (geeignet für Feldbestimmung).

#### Auftrag / Aufgaben

1. Die gemessenen Ergebnisse mit den dazugehörigen Bewertungen werden in eine Tabelle eingetragen. (s. Anhang 2)
2. Die pH-Werte können miteinander verglichen werden.
3. Welche Pflanzen haben auf den untersuchten Böden ideale Standortbedingungen? (s. Anhang 2)
4. Wie kommen die Wasserstoffionen in den Boden?

### 3.9 V1 Bodeneigenschaften - Humus – Recycling: vom Blatt zur Erde

Wer geht im Herbst nicht gerne durch das bunte Blättermeer auf dem weichen und wohlriechenden Waldboden? Aber versinkt der Wald nicht in seinen Blättern? Beim Durchwandern solcher Streuschichten bemerkt man, dass z.T. noch ganze Blätter oder nur Blattskelette anzutreffen sind (unterschiedliche Zersetzungsstadien). Bei genauerem Hinsehen entdeckt man viele verschiedene Bodenbewohner. Sie sind verantwortlich für den guten Geruch und die Bildung von Humus. Den Um-, Ab- und Neubau von tierischen oder pflanzlichen Material nennt man Humifizierung. Dabei werden die Huminstoffe gebildet. Dies



sind neue organische Substanzen, die mehr oder weniger dunkel gefärbt sind. Wir können die Humusformen in Mull, Moder und Rohhumus unterscheiden. (s. Anhang 3). Tipp: Auch Holz wird direkt zersetzt und zu Erde verwandelt (Dauer etwa 12 Jahre). Dazu gibt es verschiedene Spezialisten. Einer davon schmeckt gekocht lecker. Dazu werden Baumstämme mit Pilzen infiziert (z.B. Shitake), ein schattiges Plätzchen gesucht und gewartet bis sich Fruchtkörper bilden. Diese werden geerntet und entsprechend zubereitet (Guten Appetit).



**Abb. 48: Zersetzungsstadien**



**Abb. 49: Hallimasch**



**Abb. 50: Porling Holzersetzer**

## Material

z.B. Im Laubwald, 4 Steinchen, Lupe, Spatel oder Messer, Schreibpapier, Bleistift, Weißer Karton oder Schale

## Versuchsbeschreibung

Auf dem Waldboden wird mit Hilfe der vier Steinchen eine Fläche von der Größe eines DIN A 4 Papiers abgesteckt. Nun werden schichtweise die Blätter und Pflanzenteile abgehoben und alles ganz genau beobachtet. So wird Schicht für Schicht abgetragen bis zur ersten dunkelbraunen Schicht. Für den Recyclingkreislauf werden unterschiedliche Zersetzungsstadien der Blätter gesammelt und auf ein weißes Papier gelegt. (Suche eventuell in Gruppen).

## Auftrag / Aufgaben

1. Welche Farbe, Form und Feuchte besitzt das Material der Streuschicht? (s. Arbeitsblatt)
2. Von Blättern und Blattresten können kleine Zeichnungen angefertigt werden.
3. Welche Stadien gibt es vom frischen bis zum zersetzten Blatt?
4. Das Ergebnis als Kreislauf darstellen „vom Keimling über Blatt zur Erde“.

## 3.9 V2 Bodeneigenschaften - Humusgehalt

Was ist Humus? Humus ist die gesamte Menge an organischer Substanz - pflanzlichen und tierischen Ursprungs - im Boden. Die Streuschicht bestehend z.B. aus Blättern, Nadeln oder Früchten dient neben abgestorbenen Wurzeln und Tieren vielen verschiedenen Bodenlebewesen (Regenwurm, Käfer, Pilzen, Mikroorganismen etc.) als Nahrung.



**Abb. 51: Bodenleben**

Dabei werden die Substanzen umgewandelt d.h. verdaut und es werden Nährsalze, Kohlendioxid und Wasser frei. Diese organischen Substanzen (u.a. Kohlenhydrate, Proteinen, Zellulose, Chitin, Wachs) werden durch das Glühen ebenfalls umgewandelt und der Glühverlust entspricht annähernd dem Humusgehalt.

## Material

Boden aus unterschiedlichen Tiefen (z.B. 5 cm, 10 cm 20 cm), Waage, Spatel, Porzellantiegel, Dreifuß, Bunsenbrenner, Abzug, (Exsikkator); (Auch im Muffelofen bei 500°C für mindestens 3 Stunden)

## Versuchsbeschreibung

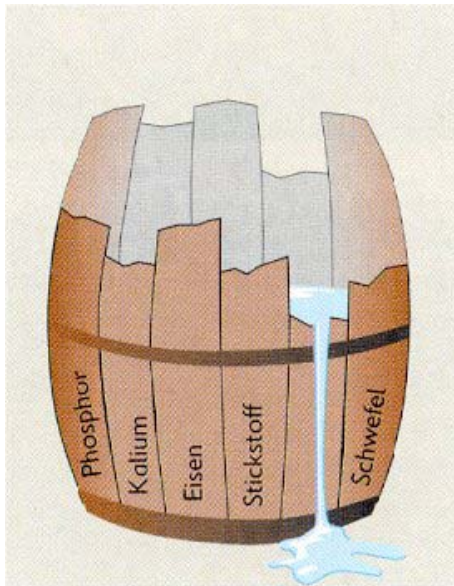
In den Porzellantiegel 5 g luftgetrockneten Boden einwiegen und das ganze auf dem Dreifuß mit Tondreieck mittels Bunsenbrenner bis zur Rotglut erhitzen (Abzug!). Die organischen Bestandteile sollen verglühen. Sobald keine graue Substanz (Asche) mehr entsteht, lässt man den Tiegel zugedeckt abkühlen (auch im Exsikkator möglich). (Bei vorhandenen Muffelofen kann der Porzellantiegel mit der abgewogene Bodenprobe bei 500°C für mindestens 3 Stunden verascht werden. Den Tiegel mit Inhalt lässt man im Exsikkator abkühlen.)

## Auftrag / Aufgaben

1. Für jede Probe wird durch Rückwiegen der Glühverlust ermittelt.
2. Wie groß ist der Humusgehalt der Bodenprobe in g und in %; Ergebnisse in die Tabelle eintragen.
3. Wie können die Böden bzgl. Ihres Humusgehaltes bewertet werden?
4. Verändert sich der Humusgehalt in der Tiefe?
5. Aus was besteht die zurückbleibende Asche?

## 3.10 V1 Bodeneigenschaften - Nährstoffe

Wachsen die Pflanzen überall gleich gut oder gibt es Wachstumsunterschiede? Damit Pflanzen gedeihen können, brauchen sie neben Licht, Wasser und Kohlendioxid auch Nährstoffe wie z.B. Stickstoff, Phosphor, Schwefel, Magnesium, Kalium und Calcium – die Hauptnährstoffe. Diese Nährstoffe sind z.B. gelöst in der Bodenlösung, angelagert an Tonminerale und Humusstoffe, gebunden an organischer Substanz oder fixiert im Gestein. Somit sind die Gehalte und die Verfügbarkeit der Nährstoffe nicht in allen Böden gleich. Eine Pflanze wird durch den Nährstoff, der am wenigsten anzutreffen ist, in ihrer Entwicklung begrenzt (Minimumgesetz von Justus von Liebig).



**Abb. 52: Minimumgesetz**

Nährstoffversorgung der Pflanzen über Tonminerale [siehe Abb. 18]

### Material

12 Petrieschalen oder Blumentöpfe; Sandboden und Gartenerde; Düngemittellösung in verschiedenen Konzentrationen (0,1 %, 0,5 %, 1 %, 5 %, 10 %); Kressesamen, Wasser, Notizblatt, Lineal

### Versuchsbeschreibung

Je 6 Blumentöpfe mit Gartenerde und Sandboden füllen. Auf jeden Topf 25 Kressesamen legen. Nun werden von einem Düngemittel fünf Konzentrationen hergestellt (s. Material). Jeder Boden wird mit je 20 ml der Düngemittellösungen befeuchtet. Der 6. Topf wird mit Wasser befeuchtet und stellt die Kontrolle dar. Alle Töpfe genau beschriftet und über mehrere Tage beobachten.

### Auftrag / Aufgaben

1. Die Kressesamen beobachten und notieren wann sie keimen und wie groß sie werden.
2. Ergebnisse bezogen zur Kontrolle tabellarisch und graphisch aufzeichnen.
3. Sind Unterschiede erkennbar, wenn ja was sind die Gründe dafür?

## 3.10 V2 Bodeneigenschaften - Nährstoffe – Stickstoff/Nitrat

Stickstoff ist ein wesentlicher Bestandteil der Luft (ca. 78 %) und nur 1 % des gesamten Stickstoffs der Erde liegt als Nitrat vor. Dennoch ist Stickstoff ein zentraler Nährstoff (Makronährstoff) für die Pflanzen. Stickstoff wird benötigt für den Eiweißaufbau (Protein). Im Boden liegt Stickstoff als Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) und als Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) gebunden vor. Wie gelangt der Stickstoff in Form von  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  in die Pflanzen?

- Knöllchenbakterien (Rhizobien), welche in Symbiose mit Schmetterlingsblütlern (Leguminosen) leben, können Luftstickstoff fixieren und in pflanzenverfügbares Nitrat umwandeln.
- Bakterien im Boden können aus verschiedenen Stickstoffformen Nitrat bilden.
- Ausbringen von Stickstoffdüngern, wie Kalkstickstoff, Salpeter, Ammoniumsalze

Zu hohe Stickstoffgaben wandern ungenutzt ins Grundwasser. Ist dieses mit Nitrat belastet, lässt es sich nur aufwendig zu Trinkwasser aufbereiten. Der Nitratgehalt im Trinkwasser darf 50 mg  $\text{NO}_3^-/\text{l}$  nicht überschreiten.



**Abb. 53: Wurzelknöllchen**

### **Material**

Bestimmung des Nitratgehalts im Boden: Boden (Acker, Wiese, Wald oder aus 0 - 30 cm Tiefe); Nitrat-Test von Neudorf oder Nitrat/Nitrit-Teststäbchen; Rundfilter, Becherglas, Gesättigte Kaliumchloridlösung (30 g KCl auf 1 l  $\text{H}_2\text{O}$ )

### **Versuchsbeschreibung**

Von mehreren Stellen einer bestimmten Fläche Bodenproben ziehen und Proben mischen. Genau Menge an Boden abwiegen (Boden feucht oder trocken); Gemäß Vorschrift des jeweiligen Tests verfahren

### **Auftrag / Aufgaben**

1. Welcher Wert konnte gemessen werden?
2. Wie viel Nitrat ist im Boden?
3. Ist eine Düngung notwendig? (s. Anhang 2)

## **4.1 V1 Bodentypen - Bodenprofil**

Wer stand nicht schon in einem Steinbruch oder vor einer Baugrube! An den Wänden lassen sich verschiedene Farbmuster, Baumwurzeln, einstige Wurzelröhren, Steine, Risse, etc. erkennen. Es scheint ein gewisses System vorzuliegen, denn überwiegend liegt eine horizontale Schichtung vor. Diese Schichten werden Bodenhorizonte genannt. Die Abfolge dieser Horizonte bilden das Bodenprofil. Die oberste Schicht, der Oberboden bzw. A-

Horizont, ist meist locker, mehr oder weniger humusreich, braun bis schwarz gefärbt, stark verwittert und kann im Schnitt eine Dicke von 5 cm bis zu 30 cm erreichen. Hier ist das meiste Leben, da ausreichend Luft, Wasser und organisches Material vorhanden ist. Danach folgt der Unterboden, die Verwitterungsschicht bzw. der B-Horizont. Hier ist der Boden dichter und fester und enthält weniger organisches Material. Dieser so genannte Verwitterungshorizont enthält gelöste Stoffe (Nährstoffe) aus dem A-Horizont die mit dem Wasser nach unten verlagert werden. Diese bestimmen meist die Farbe dieses Horizontes (gelblich bis rostbraun). Die dritte Schicht, der C-Horizont, ist der Rohboden. Er besteht aus dem Ausgangsmaterial der Bodenbildung und kann somit fest (Gestein) oder locker (Sand, Löß, Mergel etc.) sein.

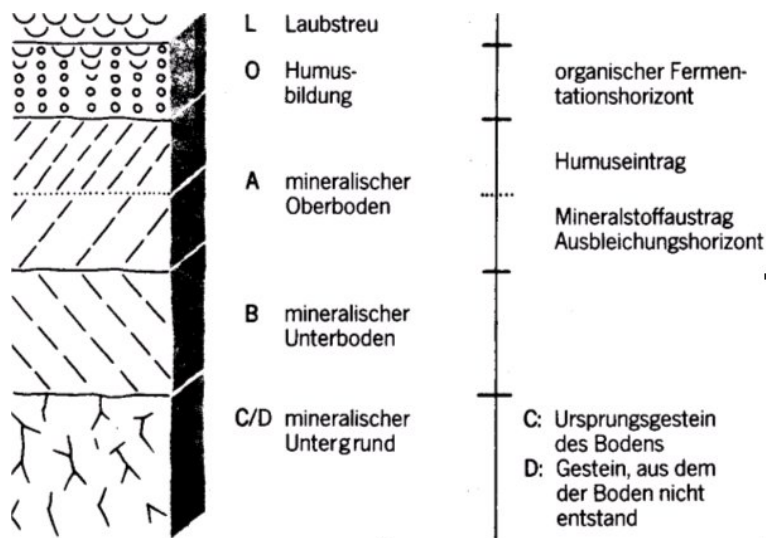


Abb. 54: Gliederung eines Bodenprofils

### Material

Ort: Baugrube, Steinbruch, Bodenprofil etc.; Arbeitsblatt, Stift, Metermaß, Beutel, Spaten, Bohrstock, Wasser, 10 %-ige HCl, Pflanzenbestimmungsbuch, Kartenmaterial, z.B. Topographische Karte TK 25, Bodenübersichtskarte BÜK 200, Bodenkarte BK 25

### Versuchsbeschreibung

Geeignete Baugrube suchen und vor einer Probeentnahme die Erlaubnis des Eigentümers einholen. Nun werden die Horizonte bestimmt und wie alle weiteren Angaben ins Protokoll eingetragen.

### Auftrag/Aufgaben

1. Wie ist der Boden aufgebaut, welche Bodenhorizonte konnten gefunden werden?
2. Wie unterscheiden sich die Horizonte (Farbe, Geruch, Bodenart etc.)?
3. Welche Eigenschaften hat bzw. hatte dieser Boden?



## 4.1 V2 Bodentypen - Bodenprofil – Rendzina

Die Rendzina oder auch Raschelboden, des Teufels Hirnschale oder Pfeiflesacker genannt, entwickelt sich aus Kalkstein, Dolomit oder Mergel. Anzutreffen ist sie u.a. im Muschelkalkgäu und in der Schwäbischen Alb. Entstanden ist sie durch Lösungsverwitterung, indem der Kalk durch das Sickerwasser weggeführt wurde. Mit der Zeit sind auf diese Weise feine Spalten und Höhlen (Bärenhöhle, Nebelhöhle, etc.) entstanden. Mit dem Lösen des Kalks hat sich ein tonhaltiger, humusreicher, krümeliger, schwarzbrauner Oberboden (Ah-Horizont) gebildet. Dieser liegt direkt auf dem unverwitterten Kalkgestein (C-Horizont). Die Rendzina bietet gute Standortsbedingungen für die natürliche Vegetation. An steilen Lagen ist bei diesem flachgründigen Boden vor allem auf den Erosionsschutz zu achten. Bei sehr alten Rendzinen kann sich ein Verwitterungshorizont (Bv) entwickeln, d.h. es entsteht allmählich ein Kalkbraunlehm (Terra fusca).

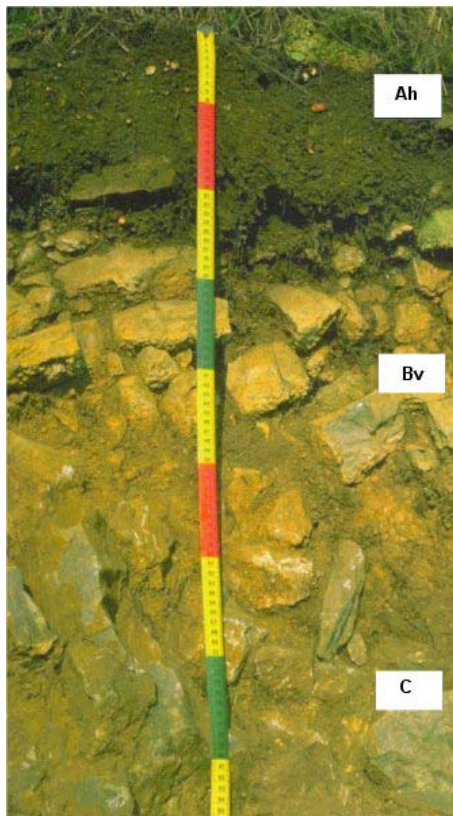


Abb. 55: Rendzina

### Material

Frisches Bodenprofil; Lackprofil, oder Folie (s. oben); Bodenübersichtskarte; [Bei Profilaufnahme s. Arbeitsblatt 4.1 A - V1]

### Versuchsbeschreibung

Wenn die Möglichkeit besteht ein frisches Profil zu graben, dann können für jeden Horizont einzelne Bodeneigenschaften bestimmt werden.

### Auftrag / Aufgaben

1. Die wichtigsten Eigenschaften und Besonderheiten dieses Bodentyps in einer Art Steckbrief zeichnen bzw. notieren
2. Wo kommt dieser Bodentyp vor (s. Bodenkarte)?
3. Welche Pflanzen sind typisch für diesen Standort bzw. wie kann er genutzt werden?
4. Wie kann eine weitere Entwicklung aussehen?

## 4.1 V3 Bodentypen - Bodenprofil - Parabraunerde

Die Parabraunerde ist ein weit verbreiteter Boden (aus z.B. Löß, Lehm oder lehmige Sande). Sie hat sich aus der Braunerde weiterentwickelt. Nach der Entkalkung und Verbraunung erfolgte eine Tonverlagerung in tiefer liegende Horizonte. Es entsteht ein tonarmer (ausgewaschener) fahl gefärbter Al-Horizont (lessiviert) und darunter ein mit Tonmineralen angereicherter Bt - Horizont. Darunter liegt der durch Mineralverwitterung verbrauchte Bv - Horizont. Die typische Vegetation sind Laubwälder. Durch die reichliche Laubstreu bildet sich ein aktives Bodenleben und ein mächtiger Ah-Horizont aus. Der tiefgründige, gut durchlüftete Boden ist ein sehr ertragreicher Ackerboden und wird seit über 1000 Jahren landwirtschaftlich genutzt. Allerdings sind die Parabraunerden anfällig für Erosionen und Verdichtungen.

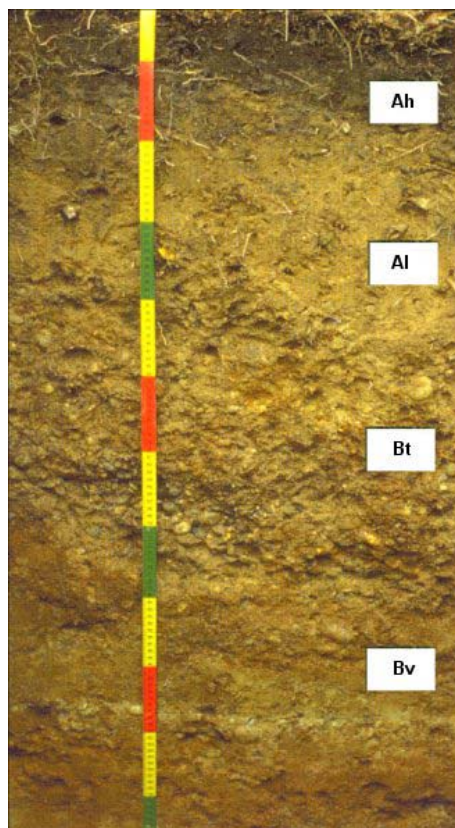


Abb. 56: Parabraunerde



## Material

Frisches Bodenprofil, Lackprofil oder Folie Bodenübersichtskarte; Bei Profilaufnahme s. Arbeitsblatt 4.1 A- V1

## Versuchsbeschreibung

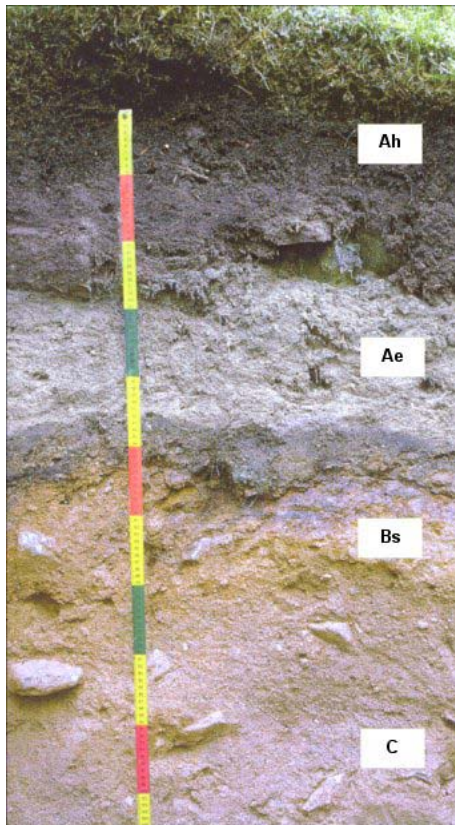
Wenn die Möglichkeit besteht ein frisches Profil zu graben, dann können für jeden Horizont einzelne Bodeneigenschaften bestimmt werden.

## Auftrag / Aufgaben

1. Die wichtigsten Eigenschaften und Besonderheiten dieses Bodentyps in einer Art Steckbrief zeichnen bzw. notieren
2. Wo kommt dieser Bodentyp vor (s. Bodenkarte)?
3. Welche Pflanzen sind typisch für diesen Standort bzw. wie kann er genutzt werden?
4. Wie kann eine weitere Entwicklung aussehen?

## 4.1 V4 Bodentypen - Bodenprofil - Podsol

Podsol bedeutet Bleicherde. Dieser Boden entstand auf Sand oder Sandsteinen und ist nährstoffarm und sauer. Der Podsol besitzt eine klare Horizontabfolge mit entsprechendem Farbmuster. Verantwortlich hierfür sind aggressive Huminsäuren, die sich aus der Rohhumusdecke herauslösen. Sie versickern mit den Niederschlägen und lösen beim Wandern in die Tiefe Eisen- und Manganverbindungen. Dabei entsteht ein gebleichter aschgrauer Auswaschungshorizont (Ae). Die ausgewaschenen Verbindungen reichern sich im Unterboden (Bs) an, und färben diesen rostbraun bis schwarz. Mit dem Einwaschen von Eisen-, Mangan- und Humusverbindungen können mit der Zeit sämtliche Bodenporen verkitten und es bildet sich ein wasserundurchlässiger Ortstein. Dieser grobporige, nährstoffarme und saure Boden weist ein nur geringes Bodenleben auf. Die anzutreffende Vegetation ist z.B. Heidelbeere, Heidekraut und Nadelbäume. Aus diesen Pflanzenrückständen bildet sich eine Rohhumusdecke. Der Podsol ist im Schwarzwald weit verbreitet.



**Abb. 57: Podsol**

### **Material**

Frisches Bodenprofil oder Lackprofil (s. oben); Bodenübersichtskarte; Bei Profilaufnahme s. Arbeitsblatt 4.1 A- V1

### **Versuchsbeschreibung**

Wenn die Möglichkeit besteht ein frisches Profil zu graben, dann können für jeden Horizont einzelne Bodeneigenschaften bestimmt werden.

### **Auftrag / Aufgaben**

1. Die wichtigsten Eigenschaften und Besonderheiten dieses Bodentyps in einer Art Steckbrief zeichnen bzw. notieren.
2. Wo kommt dieser Bodentyp vor (s. Bodenkarte)?
3. Welche Pflanzen sind typisch für diesen Standort bzw. wie kann er genutzt werden?
4. Wie kann eine weitere Entwicklung aussehen?

## **4.1 V 5 Bodentypen - Bodenprofil - Gley**

Die Bezeichnung Gley stammt aus dem Russischen und bedeutet Matsch, d.h. dieser Boden steht fast das ganze Jahr über im Grundwasser. Er ist in Gebieten mit hohem Grundwasserspiegel anzutreffen, häufig auf Sand- und Kiesablagerungen der Talauen. Der mächtige, ton- und lehmreiche Unterboden bedingt eine intensive chemische Verwitterung. Bei hohem

Wasserstand (Frühjahr und Winter) sind das Bodenleben und sauerstoffbedingte Umsetzungen stark behindert. Unter Luftabschluss herrschen Reduktionsprozesse vor (z.B.  $\text{Fe}^{3+}$  wird zu  $\text{Fe}^{2+}$  reduziert). Dies bedingt eine blaugraue Färbung (z.T. auch fauliger Geruch bedingt durch Reduktion von Schwefelverbindungen zu Schwefelwasserstoff  $\text{H}_2\text{S}$ ). Sinkt der Grundwasserspiegel (Sommer und Herbst) gelangt Sauerstoff an die zweiwertigen Eisenverbindungen und oxidiert diese. So entsteht ein Go-Horizont, der rostbraun oder gelblich gefleckt erscheint. Da in den tieferen Schichten ganzjährig das Grundwasser steht, bildet sich in folge der Reduktionsprozesse ein Gr-Horizont mit graubleicher Farbe aus. Dieser Boden wird als Grünland genutzt.

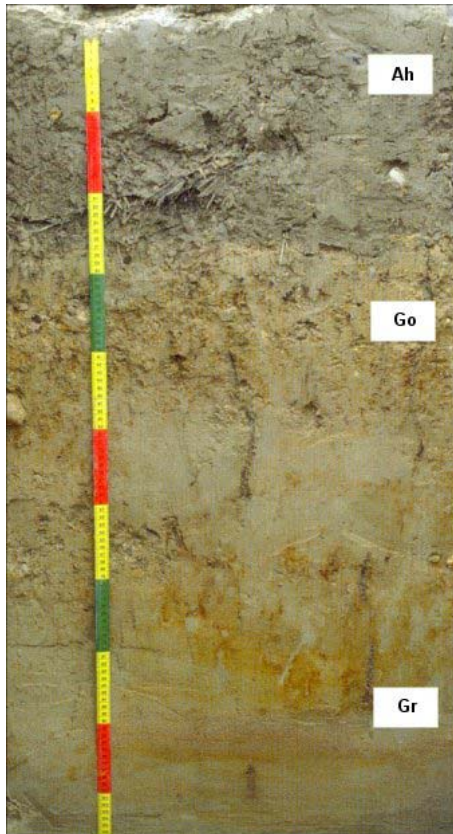


Abb. 58: Gley

### Material

Frisches Bodenprofil oder Lackprofil (s. oben); Bodenübersichtskarte; Bei Profilaufnahme s. Arbeitsblatt 4.1 A- V1

### Auftrag / Aufgaben

1. Die wichtigsten Eigenschaften und Besonderheiten dieses Bodentyps in einer Art Steckbrief zeichnen bzw. notieren
2. Wo kommt dieser Bodentyp vor (s. Bodenkarte)?
3. Welche Pflanzen sind typisch für diesen Standort bzw. wie kann er genutzt werden?
4. Wie kann eine weitere Entwicklung aussehen?

## 5.1 V1 Bodenfunktionen - Lebensraum für Bodenorganismen – Hallo ist da wer?

Eine Hand voll Boden enthält mehr Bodenlebewesen, als es Menschen auf der Erde gibt. Ohne die Bodenlebewesen würde der Wald in seinem Laub ersticken. Eine Umwandlung von organischen Material in mineralisches wäre nicht möglich. Boden könnte sich nicht bilden. Der Boden wäre nie gelockert.

Art und Anzahl der Bodenlebewesen

### Material

Waldboden, Laubstreu oder Komposterde, Lupe, (Innen vielleicht auch ein Stereomikroskop), Weißes Blatt, Pinsel, Glasgefäß

### Versuchsbeschreibung

In der Laubstreu, Waldboden oder Komposterde werden die fleißigen Bodenbewohner erforscht. Mit der Lupe werden die Tiere beobachtet. Zum genauen bestimmen werden die Tiere in ein Gefäß überführt, danach wieder befreien.

### Auftrag / Aufgaben

1. Welche Bodenlebewesen konnten entdeckt und bestimmt werden (s. Anhang 2).
2. Welche Aufgaben übernehmen diese Tiere?
3. Ergebnisse ins Arbeitsblatt notieren.

## 5.1 V2 Bodenfunktionen - Lebensraum für Bodenorganismen - Regenwurmkasten

Wer ist dieser fleißige Gärtner? Er baut imposante Türme in denen er jedoch nicht lebt. Er meidet die Sonne, ist lieber im Dunkeln aktiv und liebt leichte Kost. Er versorgt die Pflanzen mit Nährstoffen durch seinen Kot.

Regenwurmlosung



**Abb. 59: Regenwurmglas**

### **Material**

2 große Einmachgläser, dunkle Gartenerde, heller Sand (Vogelsand), Packpapier oder Schachtel, Gaze (Nylonstrumpf, Stoffrest), 10 Regenwürmer, altes Laub, Kaffeesatz, Gras, klein geschnittene Apfelschalen etc.

### **Versuchsbeschreibung**

Das Glas wird abwechselnd mit feuchter Gartenerde 5 cm und feuchtem Sand 3 cm bis 10 cm vor dem Glasrand gefüllt. Die Regenwürmer werden in das Glas gelegt. Auf die Erde wird jetzt das Futter, das Laub, der Kaffeesatz etc. gegeben. Das Glas wird mit der Gaze zugebunden, mit der Pappe abgedunkelt und an einen schattigen, nicht zu warmen Ort gestellt. Das Futter wird von Zeit zu Zeit nachgefüllt und die Erde befeuchtet. Achtung keine Staunässe!

### **Auftrag / Aufgaben**

1. Was geschieht mit den Schichten? Beobachtetes notieren.
2. Was passiert mit dem Futter?
3. Welche Bedeutung hat der Regenwurm für den Boden? Geeignete Informationen hierzu suchen.

## 5.1 V3 Bodenfunktionen - Lebensraum für Bodenorganismen- Aktivität

Boden ist voller Leben. Dieses Leben ist z.T. so winzig, dass es mit dem bloßen Auge nicht sichtbar ist. Diese Mikroorganismen verbrauchen Sauerstoff und produzieren Kohlendioxid. Dieses Kohlendioxid kann man messen. Es dient als Maß für die Aktivität der Bodenorganismen. Nun stellt sich die Frage, ob an jedem Standort, bei jeder Nutzung und zu allen Jahreszeiten die gleiche Aktivität herrscht?

### Material

verschiedene Böden, Bodennutzungen, gesättigte Bariumhydroxid - Lösung  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ , Pipette, Tondreieck, Petrischale mit 70 mm Durchmesser, schwarze Pappscheibe, Einmachglas (70 mm Durchmesser = 1 l), Stoppuhr

### Versuchsbeschreibung

Die Drahtenden des Tondreiecks nach unten biegen und in die Erde drücken. Die Tonrollen sollen ca. 5 mm über dem Erdboden sein. Auf diesem „kleinen Tisch“ wird zuerst die Pappscheibe und darauf die Petrischale gestellt. Nun wird die Petrischale mit 5 ml  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  gefüllt und sofort das Einmachglas darüber gestülpt. Die Zeit wird gestoppt bis man eine sichtbare Trübung in der Barytlaugung entdeckt.

### Auftrag / Aufgaben

1. Wie lange dauert es bis eine erste Trübung wahrnehmbar ist?
2. Welche Unterschiede gibt es bei Waldböden, Sandböden, Kompost, Ackerböden etc.?
3. Wie kommt es zu dieser Trübung?
4. Wie lautet die chemische Reaktion?
5. Können auch jahreszeitliche Unterschiede bestehen?

## 5.2 V1 Bodenfunktionen - Standort für natürliche Vegetation - Zeigerpflanzen

Wachsen überall die gleichen Pflanzen oder suchen sich die Pflanzen ihren Standort aus? Die Pflanzen stellen an ihren Standort bestimmte Ansprüche wie Lichtmenge, Wärme, Feuchte, Durchwurzelbarkeit des Bodens, Kalkgehalt, Nährstoffgehalt usw. (s. Bild). Pflanzen, die nur auf bestimmten Böden wachsen nennt man Zeigerpflanzen. Mit Hilfe der Zeigerpflanzen kann auf bestimmte Bodeneigenschaften geschlossen werden. Eine erste Bewertung des Bodens ist möglich. Je mehr Zeigerarten auftreten, umso sicherer ist die Bodenbewertung. Die Zeigerpflanzen zeigen uns im Garten welche Bedingungen herrschen. Durch genaues Beobachten können wir uns viel Arbeit beim Wildkräuter jäten sparen. Auch in der Stadt finden wir Zeigerpflanzen. Sie haben sich angepasst und leben in den Pflasterritzen. Auch sie weisen bestimmte Eigenschaften auf, die es ihnen ermöglichen an extremen Standorten zu überleben.



**Abb. 60: Brennnessel**



**Abb. 61: Weide**

### **Material**

Freiflächen wie Wiese, Schulgarten oder Stadtpark, Bestimmungsbücher, Plastikbeutel, Pflanzenpresse, Fotoapparat, Lageplan



## Versuchsbeschreibung

Im Frühsommer wird an einem bestimmten Areal nach Zeigerpflanzen Ausschau gehalten. Danach können die Bodeneigenschaften bewertet werden. Typische Pflanzen sammeln, bestimmen, pressen und ein Herbarium anlegen.

### Auftrag / Aufgaben

1. Die Verbreitung bestimmter Pflanzen in einem Lageplan notieren – kartieren.
2. Kartierung am Schulgarten und Schulhof durchführen.
3. Beweise über Fotos festhalten oder Pflanzen pressen für ein Herbarium.
4. Kartierung auch im Städtischen Bereich durchführen.
5. Kann bei all diesen Standorten auf den Boden geschlossen werden?

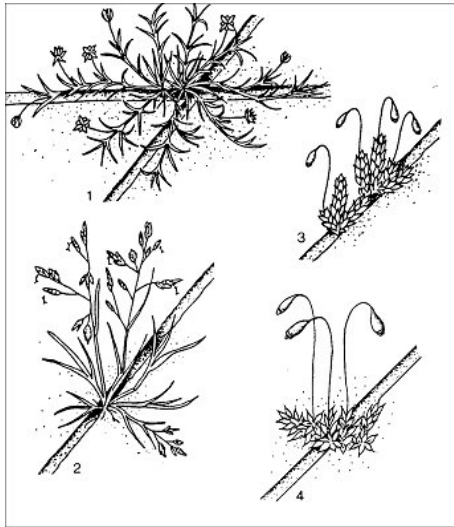
## 5.2 V2 Bodenfunktionen - Standort für natürliche Vegetation - Stadtvegetation

Was ist das: „Alles ist grau und mittendrin ist etwas gelbes zu sehen“? Richtig, ein Löwenzahn zwischen Pflastersteinen. Bei genaueren hinschauen entdeckt man noch mehr dieser Pflasterpflanzen. Sie sind an ihren Standort angepasst und bilden ganz zum Ärgernis einiger, ein „Stadtbiotop“. Zu diesem Biotop zählen auch Stadtbäume mit den bewachsenen Baumscheiben, Fassadenbegrünungen, Dachbegrünungen, Parkanlagen etc. Offener Boden ist in der Stadt selten zu finden, aber bestimmte Pflanzenarten sind mit wenig zufrieden und haben eine unermüdliche Ausdauer. Sie leben unter erschwerten Lebensbedingungen und werden permanent mechanischen oder chemischen Belastungen ausgesetzt.



Abb. 62: Wegerich





**Abb. 63: Pflastervegetation Moose**

### Material

Stadtplan, Fotoapparat, Bestimmungsbuch, Lupe, Formblatt, Tüte

### Durchführung

Gruppeneinteilung, Gebietsaufteilung

### Aufgaben / Auftrag

1. Pflanzenstandorte beschreiben und Pflanzen bestimmen.
2. Fundorte in den Lageplan zeichnen.
3. Wie ist die Verteilung dieser Grünzonen im Untersuchungsgebiet?
4. Wie haben sich diese Pflanzen an ihren Standort angepasst?
5. Welche Bedeutung haben die Grünzonen für ihre Umgebung?

## 5.2 V3 Bodenfunktionen - Standort für natürliche Vegetation – Geschichten

**Das fleißige Schwesterchen:** Das kleine Engelchen Arnika hatte eine Schwester mit Namen Calendula. Sie war genau das Gegenteil von Arnika: still, bescheiden und fleißig. Sie liebte ihr Schwesterchen Arnika von Herzen und tat oft seine Arbeit, wenn Arnika wieder einmal vor lauter Hüpfen und Tanzen seine Pflichten vergaß. So war sie auch sehr froh, als Engelchen Arnika wieder heil und gesund von der Erde zurück kam und berichtete, was für wunderbare Dinge auf der Bergwiese geschehen waren. Calendula freute sich sehr, dass nun auf der Bergwiese Blumen wuchsen, die den Menschen gegen ihre Schmerzen halfen, aber zugleich war sie auch traurig. „Ach hätte ich nur auch solch goldene Füße wie du, liebe Arnika, so wollte ich durch die ganze Welt wandern und allen Menschen die heilkräftigen Blumen bringen. Es ist nicht recht, dass nur die Leute in den Bergen diese Blumen kennen. In den Ebenen gibt es auch viele mit Verletzungen, Entzündungen und Geschwüren, die froh

wären, eine heilkräftige Pflanze zu haben.“ So klagte die mitleidige Calendula, und in ihrer Traurigkeit bemerkt sie nicht, daß schon eine ganze Weile der liebe Gott hinter ihr stand und alles gehört hatte, was die beiden Engelchen miteinander sprachen. Dein Wunsch soll erfüllt werden, liebe Calendula“, sagte er. „Fliege hinunter zur Erde und wandere durch Gärten der Menschen. Überall, wo du gehst, werden Blumen wachsen, die der Arnika an Heilkraft gleichkommen. Du brauchst dazu keine goldenen Füße, da du ein mitleidiges Herz hast.“ „Oh, danke, vielen Dank, lieber Gott“, sagte Calendula übergücklich und machte sich auf den Weg. Sie flog hinunter in Dörfer und Städte und wanderte von einem Garten zum anderen, und überall wo ihre Füße den Boden berührten, wuchsen sonnengelbe Blumen. Sie hatten außer ihrer Heilkraft auch alle Eigenschaften des Engelchens Calendula: sie waren bescheiden wie sie und sehr fleißig, denn sie produzierten so viele Samen und vermehrten sich so schnell, dass die Menschen schon bald viel zu viel davon hatten. Da man bekanntlich Dinge, die es im Überfluss gibt, nicht besonders schätzt, so wurde bald die Blume Calendula gering geachtet und beinahe vergessen, welche große Heilkraft sie besitzt. Auch gab man ihr andere Namen wie Ringelblume, Studentenblume, Gartenbutterblume, Totenblume, ja sogar Wucherblume. Wir Menschen haben das bescheidene, mitleidige Engelchen Calendula, dem wir soviel zu verdanken haben, längst vergessen. Aber die Blume, die sie uns gebracht hat, hilft immer noch Wunden, Geschwüre und Entzündungen heilen und Schmerzen lindern.

1. Was kann aus dem Märchen zum Aussehen, zu Standortbedingungen und zu Heilkräften der Calendulablume abgelesen werden?
2. Welche verwandte Pflanze gibt es und wo kommt sie vor?
3. Die Pflanze sammeln und zeichnen.
4. Aus den Blütenblättern kann mit entsprechendem Fett (Vaseline, Melkfett) eine Salbe gekocht werden.
5. Mit anderen Pflanzen eine ähnliche Geschichte erfinden.

### **5.3 V1 Bodenfunktionen - Standort für Kulturpflanzen - Bodenfruchtbarkeit**

Im griechischen gibt es zum Thema Jahreswechsel und Bodenfruchtbarkeit folgende Erzählung: Hades, der Gott der Unterwelt hatte sich unsterblich in Persephone, die Tochter der Demeter, Erd- und Fruchtbarkeitsgöttin, verliebt. Er entführte sie in sein Reich, um sie zu ehelichen. Demeter suchte überall ihre verschwundene Tochter. Helios, der Sonnengott, hatte die Entführung beobachtet und erzählte Demeter vom Raub und von der Mitwisserschaft des Zeus. Nun muss man wissen, dass Demeter den Menschen das Korn gegeben hat und sie den Ackerbau lehrte. Demeter überlegte nun, was sie machen könnte, und ließ ihre Arbeit im Stich. Heute würden wir sagen: sie streikte. Alle Fruchtbarkeit versiegte, das Korn dorrt, nichts wuchs mehr. Die Götter sahen mit Schrecken das Leben auf der Erde dahinschwinden und waren zum Einlenken bereit. Zeus ersann einen Kompromiss. Hermes, der Götterbote, holte Persephone aus dem Hades und teilte ihr den Schiedsspruch mit: ein Drittel des Jahres sollte Persephone von nun an in der Unterwelt verbringen, die restlichen zwei Drittel auf dem Olymp. Hades gab der scheidenden Gattin einen Granatapfel mit, das Zeichen der Fruchtbarkeit, den Persephone wieder mit auf die Erde nahm. Die fruchtbaren Monate sind in Griechenland Herbst, Winter und Frühling, also die Zeit, die Persephone im Olymp verbrachte. Im heißen, trockenen Sommer wächst dagegen nichts, denn Persephone weilt in dieser Zeit im Hades. Zu Demeters Ehren wurde im alten Griechenland im Monat der

Aussaat, im September, ein neuntägiges Fest gefeiert, an dem nur Frauen teilnehmen durften. Eleusis, unweit von Athen, war der Kultort, zu dem die Frauen in einer feierlichen Prozession zogen. Sie feierten damit Persephones Wiederkehr aus dem Hades, opferten den beiden Göttinnen, Demeter und ihrer Tochter, und baten sie um Fruchtbarkeit für ihre Saat.

1. Wie heißen in unseren Breiten die fruchtbaren Monate?
2. Welche Merkmale von Fruchtbarkeit können auf den Boden bezogen werden?
3. Gibt es bei uns ein Fruchtbarkeitsfest und wie heißt es?

## 5.4 V1 Bodenfunktionen - Ausgleichskörper im Wasserkreislauf - Wasserkreislauf

Wo ist das Wasser, wenn es im Sommer lange heiß war? Und wo kommt es plötzlich her wenn es ein Gewitterregen gibt? Wieso gibt es Quellen und was passiert mit dem Wasser das im Boden versickert? Können Pflanzen auch schwitzen? Und ... Wasser ist ständig in Bewegung und wird durch die Sonne in Bewegung gehalten. Wir Menschen nutzen das Wasser unterschiedlich intensiv und greifen ständig in den Wasserkreislauf ein. So wirken sich Veränderungen im Boden direkt oder indirekt auf den Wasserkreislauf aus.

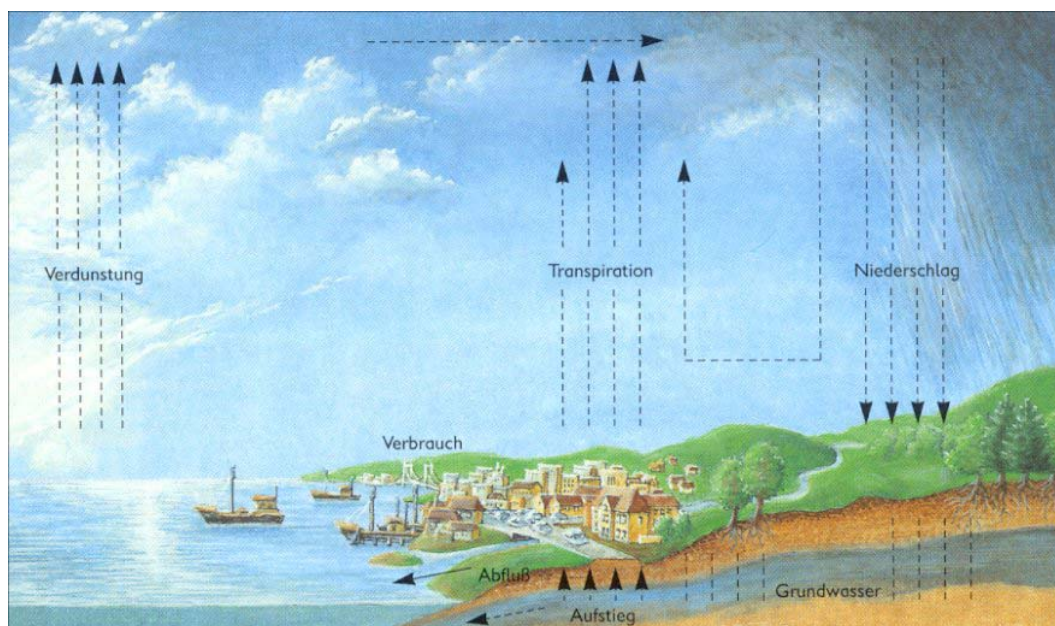


Abb. 64: Wasserkreislauf

### Material

### Versuchsbeschreibung

Wenn es regnet, beobachten was mit dem Wasser geschieht.

### Auftrag / Aufgaben

1. Wo ist überall Wasser und wie wird es genutzt?
2. Wie kann der Wasserkreislauf im Formblatt vervollständigt werden
3. Welche Veränderungen im Wasserkreislauf bewirken die Eingriffe des Menschen (Rodung, Versiegelung, Flussbegradigung ...)?

## 5.5 V1 Bodenfunktionen - Filter und Puffer für Schadstoffe - Reinigung

Wir reden von Luftschadstoffen, vom sauren Regen, von Schwermetallen in Böden und gewinnen gleichzeitig unser Trinkwasser aus dem Grundwasser. Da stellt sich die Frage, wo bleiben diese Schadstoffe? Besitzen alle Böden die gleichen Eigenschaften? Und sind die Fähigkeiten der Böden auch mal erschöpft? Der Boden besteht aus verschiedenen Bestandteilen wie z.B. aus Humus und aus Tonmineralen. Die Tonminerale enthalten überwiegend negativ geladene Teilchen wie Silikate, Aluminate, Phosphate. Es bilden sich Zweischicht- und Dreischicht-Tonminerale aus. Zwischen den Schichten können Kationen (positiv geladene Ionen), wie Kalium, Calcium, Magnesium, Natrium etc. angelagert werden. Der Humus mit seinen Huminsäuren besitzt viele negativ geladene organische Gruppen wie Phenolate, Carboxylate, aber auch positive geladene Aminogruppen. Die Struktur der Huminsäuren ist sehr komplex und wird von dem Ausgangsmaterial (Eichenlaub, Gras, Tannennadeln, etc.) bestimmt. Kationen wie  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ , etc. können gut gebunden werden.

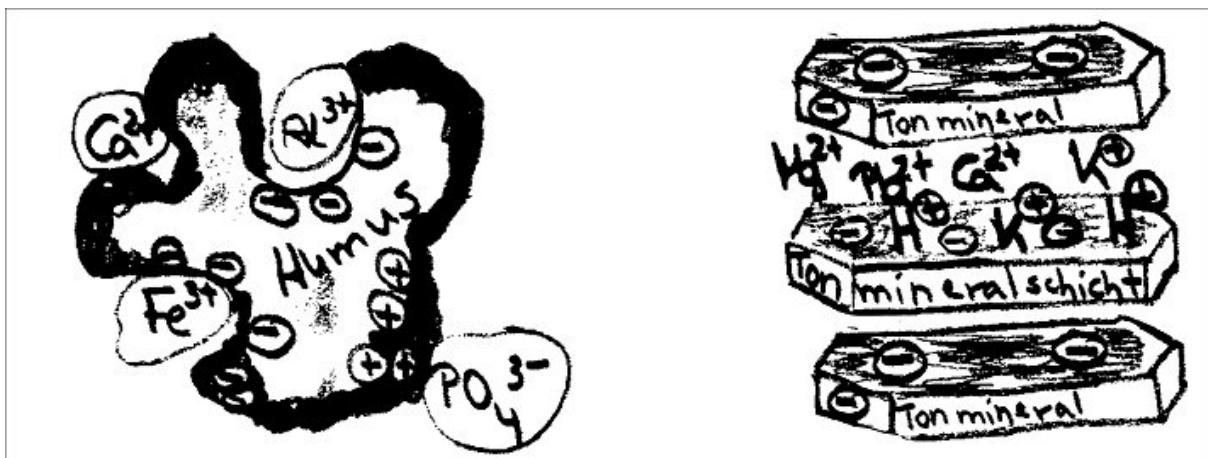


Abb. 65: Pufferkapazität des Bodens

### Material

Verschiedene Böden (Ton, Sand, Humus); Tropftrichter (oder PET-Flaschen mit abgesägten Boden und durchbohrtem Schraubverschluss); Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Sieb, Watte, Stativ mit Klemmen; Farblösungen: Kationenfarbstoff: [+] Traubensaft, Rotwein, Methyleneblau, Fuchsin-Lsg; Anionenfarbstoff: [-] Rotebeetesaft, Rote Tinte, Eosin-Lsg, Bromthymolblau-Lsg; Neutralfarbstoff: Möhrensaft

## Versuchsbeschreibung

In den Tropftrichter einen Wattebausch legen und mit gesiebttem Boden zur Hälfte füllen. Jeden Boden zuerst mit wenig Wasser anfeuchten und ihn dann mit 10 ml einer Farblösung begießen. Nach dem versickern wird mehrmals mit 50 ml Wasser vorsichtig nach gewaschen. Das durchsickernde Wasser wird in den Reagenzgläsern aufgesammelt. Die Färbung ab dem zweiten bzw. dritten Reagenzglas wird bewertet. Jeder Boden sollte mit den drei Farblösungen getestet werden.

## Auftrag / Aufgaben

1. Welcher Boden kann welche Färbelösung reinigen?
2. Wie ist das Ergebnis zu erklären, evtl. mit Zeichnung s. Arbeitsblatt?
3. Was bedeutet dies für die Schadstoffe?

## 5.5 V2 Bodenfunktionen - Filter und Puffer für Schadstoffe - Pufferkapazität

Der Boden besitzt die Fähigkeit eingetragene Säuren zu puffern, d.h. trotz Säureeintrag verändert sich der pH-Wert im Boden nicht.

Wirkungsbereich pH-Wert	Puffersystem	Puffersubstanz	Bedeutung
8,6 bis 6,2	Kalkpuffer	Kalk	Entkalkung
6,2 bis 5,0	Silikatpuffer	Silikat	
5,0 bis 4,2	Austauschpuffer	Aluminiumhydroxokationen	Ca <sup>2+</sup> und Mg <sup>2+</sup> werden ausgetauscht, und ausgewaschen und gehen den Pflanzen verloren.
4,2 bis 3,0	Aluminiumpuffer	Aluminium Al <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup> ist ein starkes Zellgift, Mikroorganismen werden geschädigt, die Nährstoffaufnahme ist gestört oder gestoppt.
< 3,0	Eisenpuffer	Eisenhydroxide	Fe <sup>3+</sup> sind ebenfalls potentielle Zellgifte und gelangen wie Al <sup>3+</sup> ins Grundwasser

## Material

Bodenproben, Tropftrichter, Watte, Becherglas, 50 ml Salzsäure (0,1 M)

## Versuchsbeschreibung

In Tropftrichter etwas Watte legen und mit erdfeuchter Bodenprobe bis zur Hälfte füllen. Den Boden mit 50 ml Salzsäure übergießen (pH-Wert der Salzsäure vorher überprüfen). Die durchgelaufene Flüssigkeit wird im Becherglas gesammelt. pH-Wert bestimmen

## Auftrag / Aufgaben

1. Welcher pH-Wert kann ermittelt werden?
2. In welchem Puffersystem befindet sich der Boden?
3. Wie lautet die chemische Gleichung?
4. Was bedeutet dies für die Umgebung?
5. Was bewirkt eine Kalkung?

## 6.1 V1 Boden in Gefahr – Bodenschutz - Winderosion – Boden in Bewegung

Ein Spaziergang am Strand, die Sonne scheint, es ist warm, da kommt plötzlich ein Wind auf. Auf einmal werden 1000 Nadelstiche an Gesicht und an den Beinen spürbar. Der Wind hat den Sand in Bewegung gebracht (siehe Abb. 22: Winderosion). Am gewaltigsten wirkt diese Naturkraft noch in den ariden und tropischen Gebieten (s. Früchte des Zorns von J. Steinbeck, Westamerika in den dreißiger Jahren). Erosion gab es schon immer und sie hat unsere Landschaften mitgeformt (z.B. Lößverwehungen). Jedoch stellt in unseren Breiten die Wassererosion ein Problem dar. In Baden-Württemberg können an bestimmten Gebieten mehr als 50 t Boden pro Hektar im Jahr abgetragen werden (s. Bodenerosionsatlas).

## Material

Große Mengen an Sand-, Schluff-, Ton- und Humusboden, großer Karton bzw. Schachtel, Fön, Bäume, Sträucher im Maßstab einer gebastelten Modelleisenbahn

## Versuchsbeschreibung

Die Wände an der Schmalseite eines Kartons werden entfernt. Eine Schmalseite bleibt offen und an der gegenüberliegenden Seite wird ein Fangsack montiert. Der Karton wird auf einen Tisch gestellt. 1 kg trockener Boden abgewogen. Dieser Boden wird an der wandfreien Seite auf einem 25 cm breiten Streifen verteilt. Jetzt wird das Feld mit dem Fön angeblasen. Der Boden wird im Fangsack aufgefangen.

## Auftrag / Aufgaben

1. Wie viel Boden (in %) wurde ausgeweht? (aufgefangener Boden abwägen)
2. Welche Unterschiede sind bei den einzelnen Bodenarten erkennbar?
3. Was geschieht, wenn Sträucher oder Bäume aufgebaut werden?
4. Wie kann der Wind in doppelter Weise die Bodenfruchtbarkeit zerstören?

5. Was hat die Winderosion erdgeschichtlich verändert?

## 6.1 V2 Boden in Gefahr – Bodenschutz - Wassererosion

„Raubbau am Land rächt sich mit dem Verlust der Deckschicht.“ „...Man hat errechnet, dass seit der ersten Besiedlung Amerikas eine Bodenschicht abgeschürft wurde, die im Gewicht dem gesamten Ackerland Deutschlands gleichkommt.“ Manche Bewirtschaftungsverfahren verursachen mehrfach höhere Bodenverluste im Vergleich zu früher. Bleibt die Erosion derart hoch, muss damit gerechnet werden, dass in 50 – 100 Jahren die Bodenkrume (etwa 3000 t/ha) zu großen Teilen flächenhaft abgetragen ist. Die Wald- und damit die Bodenzerstörung haben ihre Hintergründe im Bevölkerungsdruck (Waldrodung für Ackerflächen), in der Unwissenheit bzw. Profitgier (Abholzung für industrielle Zwecke), in der Nachlässigkeit (Überweidung) und an mangelnden Mitteln (Brennholz für Energiebedarf).



Abb. 66: Wassererosion und Gegenmaßnahmen

### Material

Sandkasten oder vergleichbares (Sandboden, evtl. Lehmboden), Steine, Hölzer, Grasbüschel, Gießkanne, Wasser

### Beschreibung

Aus dem Sand wird ein großer Berg gebaut. An diesem werden verschiedene Maßnahmen getestet, die zum einen die Erosion fördern und zum anderen die Erosion verhindern. Zum Beispiel Furchen parallel und mit dem Hang, Bewuchs, Terrassenbau, Steine etc.. Nach dem Bau wird der ganze Berg mit dem Brausestrahl der Gießkanne beregnet. Danach wird beobachtet.

### Auftrag / Aufgaben

1. Welche Faktoren beeinflussen den Bodenabtrag?
2. Welche Folgen hat die Bodenzerstörung?
3. Welche Maßnahmen vermindern die Erosion?
4. Welche Gebiete und welche Böden sind in Baden-Württemberg besonders gefährdet (s. Erosionsatlas)?

## 6.1 V3 Boden in Gefahr – Bodenschutz - Erosion - Der Mann mit den Bäumen

Erzählung von Jean Giono (1956)

### Kurzfassung

Die Geschichte beschreibt einen Zeitraum von 34 Jahren (1913-1947). Der Autor wandert im provencalischen Hochland. Dabei trifft er den Schäfer Elzéard Bouffier. Beim ersten Treffen bietet die Gegend ein trostloses, wüstes Bild: Alle Bäume sind abgeholzt, das Wasser ist versiegt, die einst hier lebenden Menschen haben längst alles verlassen. Über Jahre zieht der Schäfer mit seinen Tieren einsam über das Land und pflanzt unbeirrt vom Krieg Eichen, später auch Birken und Buchen an. Und er erreicht schließlich sein Lebensziel: Die Bäume wachsen zu Wäldern heran, es gibt wieder Wasser und mit ihm kehren die Menschen zurück.

### Material

Ausführliche Geschichte in der Literatur nachlesen. Bilder sammeln zu Wüste, vegetationsfreie Gebiete, Wasser, Siedlung, Wald, Samen, Keimlinge etc.

### Aufgabe / Auftrag

1. Wie sah die Landschaft vorher und nachher aus? Dazu Bilder anfertigen (Zeichnung, Collage) oder mit Boden, Steinen, Pflanzen etc. formen.
2. Was sind die wichtigsten Unterschiede dieser beiden Landschaften?
3. Was geschieht mit einer Landschaft ohne Wald?
4. Wie und mit welchen Mitteln kann eine solche Landschaft gerettet werden?
5. Gibt es vergleichbare Landschaften und was könnte man dagegen tun?

## 6.2 V1 Boden in Gefahr – Bodenschutz - Verdichtung

Zum Beispiel auf einer Wiese, am Stadtrand oder im Park ist oft eine Art Schnittmuster erkennbar. Die Linien zeigen die Abkürzungen, die die Anwohner benutzen. Diese wurden zu Trampelpfaden. Durch das stetige Betreten der gleichen Flächen sind die Graspflanzen verschwunden und bei Regen stehen kleine Pfützen. Nach längerer Zeit entstehen Vertiefungen. Bodenverdichtungen entstehen auch durch schwere Bearbeitungsmaschinen in der Landwirtschaft. Zu erkennen an den Fahrspuren, die keinen oder nur einen spärlichen Pflanzenwuchs aufweisen. An den verdichteten Stellen ist das Porenvolumen reduziert, d.h. es herrscht Sauerstoffmangel, Wasser kann nicht versickern, die Bodenorganismen sind in ihrer Aktivität eingeschränkt. Wie löst die Natur diese Verdichtung? Sie lockert durch Bodenfrost, Quellung - Schrumpfung und durch die Aktivität der Bodenlebewesen den Boden und wie kann der Mensch die Verdichtung verhindern?





**Abb. 67: Verdichteter Boden**

### **Material**

Stechzylinder, Brettchen, Hammer, Messzylinder, Wasser, Stoppuhr, Filterpapier oder Mullbindenstück mit Durchmesser des Stechzylinders

### **Versuchsbeschreibung**

Der Stechzylinder wird auf die Bodenoberfläche waagrecht aufgesetzt. Zuvor wird die Vegetation abgeschnitten. Das Brettchen wird auf den Stechzylinder aufgelegt und etwa 1 cm eingeschlagen. Die befeuchtete Mullbinde wird in den Zylinder gelegt (Aufschlämmen von Bodenteilchen soll verhindert werden). Jetzt gießt man zügig 50 ml Wasser in den Zylinder und stoppt die Zeit, die bis zum völligen Versickern verstreicht. Pro Boden mindestens drei Parallelversuche durchführen.

### **Auftrag / Aufgaben**

1. Wie unterscheidet sich die Infiltrationsrate (Versickerungsrate) von Sandboden, Schluffboden, Trampelpfad, Parkplatz, Fahrspur?
2. Welche Böden sind besonders anfällig für Verdichtungen?
3. Wo sind noch Bodenverdichtungen erkennbar? (Spielplatz, Fußballplatz)

## **6.3 V 1 Boden in Gefahr – Bodenschutz - Versauerung**

Irgendwann wird auch der Boden sauer! Aber er zeigt es uns nicht direkt, sondern indirekt über die Baumschäden oder Grundwasserbelastungen. Die Schadstoffe in der Luft, wie Stickoxide und Schwefeloxide lösen sich in den Niederschlägen und bilden Säuren. Dieser saure Regen erhöht den  $H^+$ -Ionen Gehalt im Boden. Der Boden kann jedoch nur einen ge-

wissen  $H^+$ -Ionen Gehalt abfangen und binden (abpuffern), ohne dass Belastungen auftreten. Diese Fähigkeit (Pufferkapazität) ist irgendwann jedoch erschöpft und was dann? Was kann dagegen unternommen werden (siehe Abb. 29: Bodenversauerung).

### Material

Stativ mit Zubehör, Tropftrichter, Glasrohr, Erlenmeyerkolben, Reagenzglas, Glaswolle, Bodenprobe; 0,1 N Salzsäure, Ammoniumoxalatlösung, Ammoniaklösung, Dinatriumhydrogenphosphat, Lösung des gelben Blutlaugensalz, Indikatorpapier auf Al-Ionen

### Versuchsbeschreibung

Tropftrichter mit Glaswolle auslegen und an ein Stativ spannen. Nun zur Hälfte mit erdfeuchter Bodenprobe füllen. Bodenstruktur bleibt relativ erhalten, wenn mit einem Glasrohr eine Probe gezogen wird. Diese dann vorsichtig in den Tropftrichter füllen. Auf die Probe zunächst 20 ml destilliertes Wasser geben. Durchgesickertes Wasser mit einem Erlenmeyerkolben auffangen. Jetzt sechsmal 20 ml 0,1 N Salzsäure auf die Probe geben und getrennt im Erlenmeyerkolben auffangen.

### Auftrag / Aufgaben

1. Die aufgefangenen Lösungen werden nach: pH-Wert, Al-Ionen und Ca- Mg- Fe(III)-Ionen untersucht.
2. Ergebnisse in die Tabelle eintragen.
3. Welche Folgen hat die Versauerung des Bodens?
4. Welche Gegenmaßnahmen können unternommen werden?

## 6.4 V1 Boden in Gefahr – Bodenschutz - Versiegelung – Boden verschwindet

Es war einmal eine schöne Wiese mit Bäumen an einem kühlen Bach. Es war ruhig, nur die Vögel zwitscherten, die Bienen summten und die Frösche quakten. Eine wahre Erholung für die Augen, die Ohren, die Nase und die Seele. Viele fanden diese Wiese schön und angenehm, es kamen immer mehr zur Wiese und auf einmal war die Wiese nicht mehr grün, denn es wurden Straßen und Parkplätze gebaut. Und es war nicht mehr still, sondern es gab nur Lärm und Radau. Auch gab es keine angenehmen Düfte mehr, sondern es stank nach Benzin und Teer. Und auch der kühle Bach war nicht mehr wieder zu erkennen. Darin schwammen keine Fische, sondern Dosen, Papiere und anderer Unrat. Diese Wiese war verschwunden. Vieles schöne der Natur muss vor bzw. für den Mensch weichen. Aber wie weit kann oder darf der Mensch damit gehen (Bodenabtrag: Flächenverbrauch)?



**Abb. 68: Versiegelte - und unversiegelte Landschaften und Flächen**

### **Material**

Lagepläne oder Stadtpläne von früher (vor 5, 10, 20 Jahren) und jetzt; Flurstückskarten, Flächennutzungsplan, Fotoapparat, Maßband, Thermometer, Hygrometer)

### **Versuchsbeschreibung**

Auf dem Schulgelände, in verschiedenen Gemeinde- oder Stadtteilen wird nach offenen und versiegelten Flächen Ausschau gehalten. Alles wird notiert, beschrieben, fotografiert und in dem entsprechenden Plan eingezeichnet.

### **Auftrag / Aufgaben**

1. Wie hoch ist der Anteil der versiegelten Fläche im untersuchten Stadtteil jetzt und früher?
2. Gibt es Möglichkeiten versiegelte Flächen zu entsiegeln?
3. Welche Folgen hat eine Versiegelung?
4. Wie kann einer weiter zunehmenden Bodenversiegelung entgegen gewirkt werden?
5. Ergebnisse zusammenstellen und ausstellen, gegebenenfalls dem Gemeinde- bzw. Stadtrat vortragen!

## **6.5 V1 Boden in Gefahr – Bodenschutz - Giftmordanschlag – Fall 1/1**

Folgendes Bild liegt vom Tatort vor. Die Spurensicherung hat erhöhte Gehalte an Zink und leicht erhöhte Gehalte an Blei analysiert. Außerdem riecht es nach Öl. Eine Analyse hat ergeben, dass es sich um langkettige Kohlenwasserstoffe handelt. Weitere Hinweise liegen derzeit nicht vor.



**Abb. 69: Bodenkontaminationen (Tatort Fall 1)**

### **Material**

Lageplan, Stadtplan, Schaufel, Tüte, Notizblock, Kressesamen, Sand, Gartenerde, Heizöl oder Altöl (0, 5, 10, 15, 20 Tropfen); 8 Blumentöpfe oder Petrieschalen; Kfz-Benzin (0, 5, 10, 15, 20 Tropfen); 10 Blumentöpfe oder Petrieschalen; Tatortprobe: 2 Blumentöpfe oder Petrieschalen

### **Versuchsbeschreibung**

Rekonstruktion der Tat im Labor.

1. Feuchter Sand und feuchte Gartenerde in je 5 Blumentöpfe füllen.
2. Nun jeweils auf einen mit Sand und Gartenerde gefüllten Topf das Altöl, geben.
3. Auf alle Töpfe werden je 25 Kressesamen verteilt.
4. Zwei Proben vom Tatort werden ebenfalls mit Kressesamen getestet.
5. Kresse beobachten (ca. 5 Tage)
6. Versuch mit den Benzin wie 2. bis 5. durchführen nur anstatt Altöl Benzin verwenden.

### **Auftrag / Aufgaben**

1. Um welchen Tatort handelt es sich?
2. Wie häufig sind vergleichbare Tatorte zu finden?
3. Welche Unterschiede zwischen den Testtöpfen konnten festgestellt werden?
4. Was erbrachte die Laboruntersuchung der Tatortproben?

## 6.5 V2 Boden in Gefahr – Bodenschutz - Giftmordanschlag – Fall 1/2

Folgendes Bild liegt vom Tatort vor. Bleibt dieser Tatort für immer in diesem Zustand? Gibt es Kräfte aus der Unterwelt, die diesen Schandfleck unauffällig beseitigen Bodenkontaminationen (Tatort Fall 1)?

### Material

Notizblock, **Schnelltest:** Sandboden, Lehmboden, Komposterde; Heizöl oder Altöl; Wasser, 3 Stative, 3 Glasröhren von ca. 30 cm Länge und 3 cm Durchmesser; 3 Bechergläser, Mull, **Langzeittest:** Gartenerde, 2 Blumentöpfe oder Petrieschalen; Heizöl oder Altöl

### Versuchsbeschreibung

Einblick in die Arbeitsmethode der Unterwelt.

#### Schnelltest:

1. Glasröhren am unteren Ende mit Mull verschließen.
2. Röhren jeweils mit Sand, Lehm und Kompost füllen.
3. Röhren am Stativ befestigen und Bechergläser unter die Röhren stellen.
4. Jeweils 10 ml Altöl bzw. Heizöl auf die Böden gießen.
5. Böden mit Wasser begießen, dass 10 ml Filtrat im Becherglas sich sammeln.

#### Langzeittest:

1. zwei Blumentöpfe mit feuchter Gartenerde füllen.
2. zu einem Topf 5 ml Altöl geben.
3. auf beide Töpfe ein Filterpapier oder Papiertaschentuch legen.
4. Papier über längere Zeit ca. 14 Tage beobachten.

### Auftrag / Aufgaben

#### Zum Schnelltest

1. Welchen Geruch oder Farbe zeigen die Filtrate?
2. Wie ist die Filterwirkung der verschiedenen Böden?
3. Was bedeutet dies für den Tatort?

#### Langzeittest

1. Wie verändert sich das Aussehen des Papiers?
2. Wie ist der Unterschied zu erklären?
3. Was bedeutet dies für den Tatort?

## Teil II Arbeitsblätter (AB)

### 2.1 A - V1 Bodenentwicklung - Frostsprengung

Pflanzen, deren Wurzeln in Klüfte von Felswänden wachsen, bewirken durch ihr Dickenwachstum die Wurzelsprengung. Gelangt Wasser in die Fugen und Ritzen der Felswände, kommt es bei häufigen Wechsel zwischen Frost und Tauwetter zu Frostsprengung. Dies beruht auf der Anomalie des Wassers. Wasser dehnt sich beim Abkühlen unterhalb des Gefrierpunktes um 10 % aus. Somit verursacht die physikalische Verwitterung ein Zerkleinern von Gesteinen und Mineralen.

Frostsprengung, Zerkleinern, Wurzelsprengung, Anomalie, dehnt

(Die kursiv geschriebenen Wörter sind sinngemäß in die Lücken einzutragen)

#### Auswertung des Versuchs 2.1 – V1

Über Nacht ist folgendes geschehen:

Je nach Gesteinsart können kleinere Gesteinsstückchen abgesprengt worden sein.

Die Erklärung dafür ist,

Die Ritzen werden größer und ein Gesteinsstück kann so abgesprengt werden

Welche Eigenschaften besitzt das Wasser und was bedeutet dies für die Natur?

Beim Gefrieren von Wasser erfolgt eine Volumenvergrößerung von ca. 10 %. Wasser besitzt bei 4 °C seine maximale Dichte: Anomalie des Wassers. Für den Teich und seine Bewohner bedeutet dies, dass bei ausreichender Tiefe der Teich nur an der Oberfläche zugefroren ist und am Teichgrund das Wasser 4 °C hat.

Wo können wir Folgen des Frostes in unserem Alltag entdecken?

z.B. Löcher in der Straßendecke, gesprungene Wegplatten, Wasserleitungen die platzen, Blumentöpfe die zerspringen.

## 2.1 A - V2 Bodenentwicklung - Temperatursprengung

Wenn ein heißes Teeglas in kaltes Wasser gelangt, zerspringt es. Gestein, das aus unterschiedlichen Mineralen aufgebaut ist, kann bei hohen Temperaturschwankungen zerstört werden. Dies nennt man Temperatursprengung. Die Ursache ist das unterschiedliche Ausdehnungsverhalten (Ausdehnungskoeffizient) der Minerale bei verschiedenen Temperaturen. Diese Art der Verwitterung ist vor allem in Wüstengebieten anzutreffen, denn hier gibt es große Gegensätze zwischen Tag- und Nachttemperaturen. In ariden bzw. semiariden Gebieten, in denen die Verdunstung stärker ist als der Niederschlag, tritt die Salzsprengung ein. Hier kristallisieren Salze aus wässriger Lösung aus. Das Volumen vergrößert sich durch das Kristallwasser. Dieses Wasser ist physikalisch im Salzkristall gebunden.

Salzsprengung, Temperatursprengung, Kristallwasser, Wüstengebieten, Nachttemperatur, Verdunstung

(Die kursiv geschriebenen Wörter sind sinngemäß in die Lücken einzutragen)

### Auswertung des Versuchs 2.1 – V2 (Wechsel von erhitzen/abkühlen)

Was kann beobachtet werden und was sind die Ursachen?

---

---

Was ist das Ergebnis der Frost- und Temperatursprengung?

Durch diese Vorgänge werden Gesteine, Aggregate etc. zerkleinert. Weitere Prozesse der Bodenbildung können wirken

## 2.2 A - V1 Bodenentwicklung – chemische Verwitterung - Lösen, Hydrolyse

Der Regen bzw. das Wasser löst über Jahre Stoffe aus dem Gestein heraus. Das Gestein verändert sich, es kann sich sogar ganz auflösen. Aber nicht jedes Gestein reagiert gleich. *Schwefeldioxid und Stickoxide* aus der Luft reagieren mit dem Wasser und der Regen wird sauer. Dieser saure Regen verstärkt das Herauslösen von Stoffen aus Gesteinen und verstärkt die Korrosion.

### Auswertung des Versuchs 2.1 – V1

Beobachtungen der Versuche eintragen:

Sandstein: \_\_\_\_\_ (Wasser)

Sandstein: \_\_\_\_\_ (Säure)

Granit: \_\_\_\_\_ (Wasser)

Granit: \_\_\_\_\_ (Säure)

Kalkstein: \_\_\_\_\_ (Wasser)

Kalkstein \_\_\_\_\_ (Säure)

Welche Unterschiede zwischen den Gesteinen gibt es?

---

---

Durch welche Stoffe wird die chemische Verwitterung beschleunigt?

---

---

Wo sind Schäden durch eine chemische Verwitterung erkennbar?

---

---



## 2.2 A - V2 Bodenentwicklung – Stalagmiten / Stalaktiten

**Entstehung einer Tropfsteinhöhle:** Chemische Vorgänge bei der Entstehung einer Tropfsteinhöhle in das nachfolgende Bild eintragen.

Was stellen a) und b) dar?

a) Stalaktiten

b) Stalagmiten

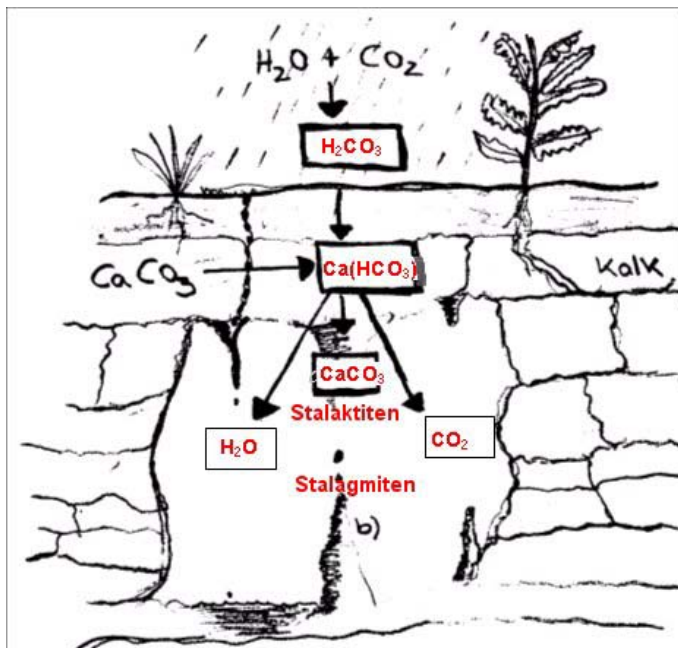


Abb. 70: Entstehung einer Tropfsteinhöhle

**Versuchsauswertung:**

Wann kann der erste Stalaktit beobachtet werden?

---



---

Was wächst in der Schale?

ein Stalagmit

---

Was ist der Grund für das Beobachtete?

Gelöstes Natriumhydrogencarbonat, fällt an der Luft aus und es bildet sich Natriumcarbonat

### 3.1 A - V1 Bodeneigenschaften - Fingerprobe

Ergebnisse der Fingerprobe und weitere Beobachtungen eintragen!

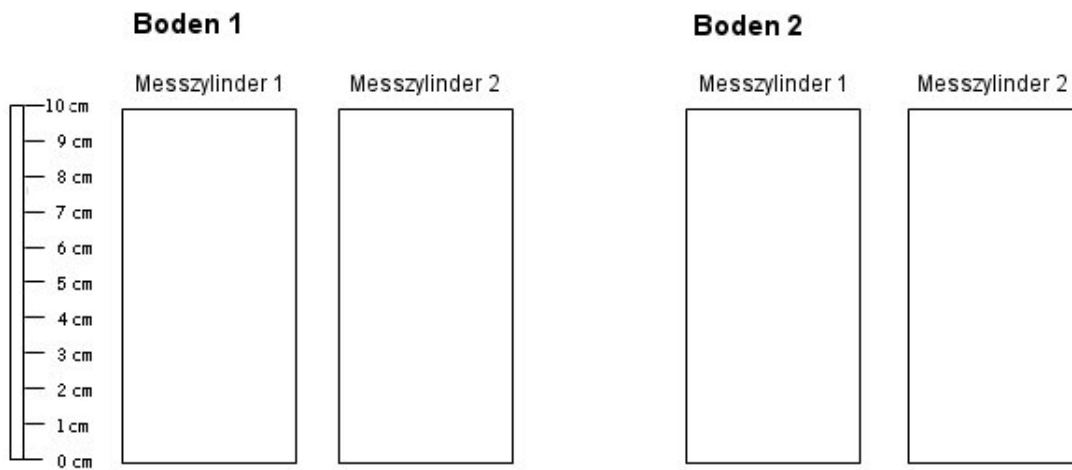
	Boden 1 .....	Boden 2 .....	Boden 3 .....	Boden 4 .....
Herkunft des Bodens				
Farbe				
einzelne Körner sicht oder spürbar				
Mehlig beim Reiben				
Handflächen schmutzig?				
Geruch				
Bodenart				

Was färbt die Handflächen?

Der Humus (die organischen Bestandteile des Bodens) und die Tonanteile im Boden färben die Handflächen. Sand und Schluff verschmutzen die Handfläche nicht.

### 3.1 A - V2 Bodeneigenschaften - Schlammprobe

Die getrennten Fraktionen in die Graphik übertragen.



Wie groß sind die Prozentanteile der einzelnen Fraktionen?

**Boden 1**

Fraktion	Prozentanteil	Korngröße

**Boden 2**

Fraktion	Prozentanteil	Korngröße

Hat sich alles abgesetzt oder befindet sich noch etwas in der Schwebel?

---

Welche Bodenarten können mit Hilfe des Bodenartendreiecks bestimmt werden (s. Anhang 2)?

---

### 3.3 A - V1 Bodeneigenschaften - Bodenporen

Bestimmen von Bodenvolumen, Luftvolumen, Porenvolumen.

Nr.	Volumina	Unverdichteter Boden	Verdichteter Boden	Bezeichnung
<b>A</b>	Dosenvolumen			$V_{\text{Boden+Luft}}$
<b>B</b>	Bodengewicht trocken			
<b>C</b>	Volumen des getrockneten, zerkleinerten Bodens plus 200 ml Lösung			$V_{\text{Suspension}}$
<b>D</b>	<b>Bodenvolumen</b> (C-200 ml)			$V_{\text{Boden}}$
<b>E</b>	<b>Luftvolumen</b> (A-D)			$V_{\text{Luft}}$
<b>F</b>	<b>Luftvolumen</b> $E/A \times 100 \%$			

Worin unterscheiden sich die beiden Böden?

---



---

Wie groß ist das Porenvolumen und die Bodendichte beider Böden?

*Die Bodendichte errechnet sich aus der Masse/Volumen mit der Einheit g/cm<sup>3</sup>*

---

### 3.5 A - V1 Bodeneigenschaften - Wasserspeicher

Die Böden vermögen Wasser unterschiedlich gut zu speichern. Beobachtungen zu diesem Versuch (verschiedene getrocknete Böden z.B. Sandboden, Kompost, Tonboden, Ackerboden, Waldboden, verdichteter Boden-Fahrspur) in die Tabelle eintragen!

<b>Boden</b>			
<b>Wann erscheinen die ersten Tropfen?</b>			
<b>Wie viel Wasser bleibt im Becherglas?</b>			
<b>Wie viel Wasser verbleibt im Boden?</b>			

Wie unterscheiden sich die Böden?

---



---

Wo ist das Wasser im Boden geblieben?

*In den Mittel- und Feinporen sowie in der Struktur der organischen Bestandteile.*

---

Was kann nach einem Regenschauer beobachtet werden und wo bilden sich Pfützen?

*Das Regenwasser versickert im Boden. Auf stark befahrenen bzw. belasteten Böden (Fahrspur, Waldwege bilden sich Pfützen. Hier ist der Boden verdichtet. Der Grobporenanteil im Boden ist gering. Das Wasser kann nur langsam bzw. gar nicht versickern.*

### 3.5 A - V2 Bodeneigenschaften - Saugkraft

Wasser bewegt sich von oben nach unten und von unten nach oben, aber wie?

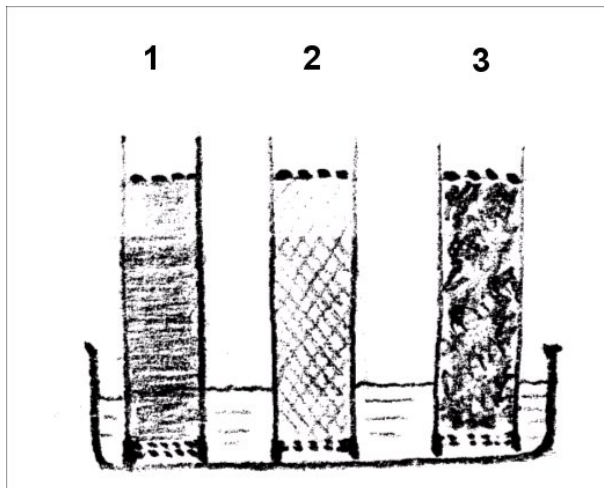


Abb. 71: Saugkraft verschiedener Böden

	Röhre 1	Röhre 2	Röhre 3
<b>Bodenart</b>			
<b>max. Wasserstand in der Röhre in cm</b>			
<b>Kresse keimt? ja / nein</b>			

Besteht ein Zusammenhang zwischen Bodenart, der Steighöhe und der Kressekeimung?

---



---

Was ist die Ursache für die Saugkraft?

Kapillarkräfte, Bodenporen, ehemalige Pflanzenwurzalgänge, Regenwurmröhren bilden kleine Kapillare im Boden, in ihnen steigt das Wasser nach oben.

Was bedeutet dies für die Nutzung der Böden und auf was ist zu achten?

Durch den Kapillarhub gelangt Wasser aus tieferen Schichten an die Pflanzen. Über die Kapillare gelangt auch bei längerer Trockenheit Wasser nach oben, jedoch trocknet der Boden durch die erhöhten Verdunstung schneller aus. (Kapillare durch Hacken verändern Verdunstung verringert).

### 3.6 A - V1 Bodeneigenschaften - Temperatur

Der Boden und seine Temperatur!

Versuche im Zimmer, Temperatureaufnahme verschiedener Bodenarten nach bestimmten Zeiten:

	Bodenart 1	Bodenart 2	Bodenart 3	Bodenart 4
0,5 h				
1 h				
1,5 h				
2,0 h				

Welche Bodenart erwärmt sich schneller und was sind die Gründe dafür?

Entscheidend sind 1. die Farbe: dunkle Farben absorbieren die Wärme besser, und 2. die Feuchtigkeit: Wasser leitet die Wärme besser, jedoch auch Verdunstungskälte

Verlauf der Bodentemperatur in verschiedenen Tiefen. Ergebnisse in die Tabelle eintragen.

	Wiese	Acker	Wald	Boden ohne Vegetation
Bodenoberfläche				
5 cm				
10 cm				
20 cm				
30 cm				
Lufttemperatur in 1 m Höhe				

Was ist die Erklärung für den beobachteten Temperaturverlauf und welchen Einfluss hat die Vegetation?

Bodentemperatur nimmt mit der Tiefe ab, da die Bodenbestandteile eine geringe Wärmeleitfähigkeit besitzen (Luft ist ein schlechter, Wasser ein guter Wärmeleiter). Die Pflanzendecke wirkt wärmeregulierend.

### 3.7 A - V1 Bodeneigenschaften - Kalkgehalt in Böden

Wie viel Kalk ist wo enthalten? (siehe Anhang 2)

Material	10 %-ige Salzsäure beobachten	Kalkgehalt geschätzt
Kalkstein		
Granit		
Komposterde		
Waldboden		
Sandboden		
Eierschalen		
Schneckenhäuser		

Wie lautet die chemische Gleichung zu dieser Reaktion?



---

---

Gibt es in der Umgebung kalkhaltige Gesteine? Geologische Karten zeigen wo.

---

---



## 3.8 A - V1 Bodeneigenschaften - pH-Wert

pH-Werte von Böden

Bodenproben	pH-Wert	Bewertung	Standort für folgende Pflanzen (s. Anhang 2)
Komposterde			
Waldboden			
Ackerboden			
Laubstreu			

Wie kommen die  $\text{H}_3\text{O}^+$  - Ionen in den Boden?

Bildung von Kohlensäure durch die Wurzelatmung und Atmung von Mikroorganismen  
Abgabe von H-Ionen durch die Wurzeln bei der Nährstoffaufnahme (Kationen): Eintrag  
saurer Niederschläge Oxidation von Ammonium aus der Luft und aus dem Dünger Oxidation  
von löslichen Eisen- und Manganionen (je nach Ausgangsgestein)

---

---

## 3.9 A - V1 Bodeneigenschaften - Recycling: vom Blatt zur Erde Teil 1

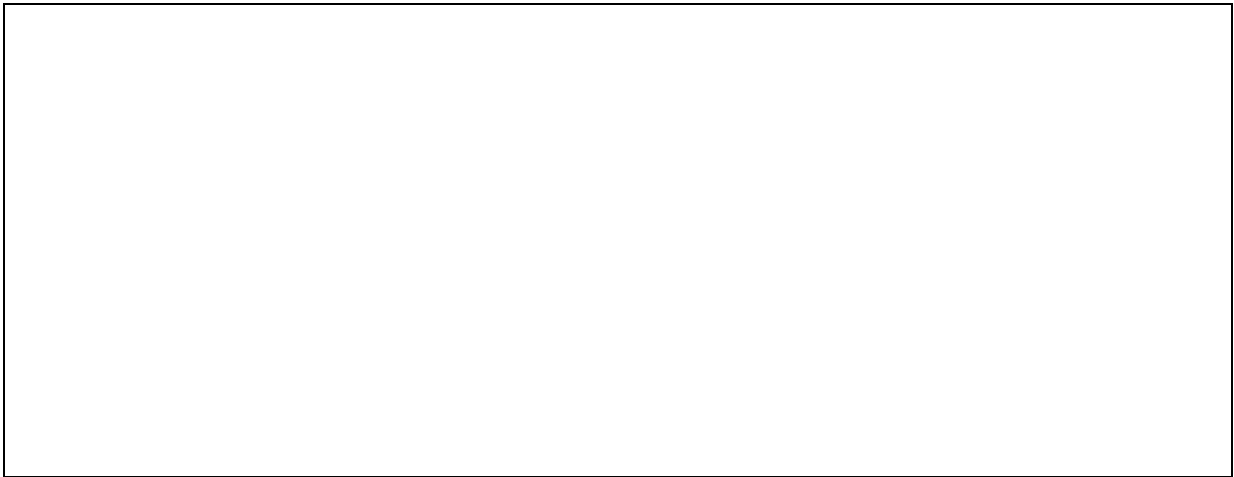
### Untersuchung der Streuschicht eines Laubwaldes

Wie kann das Material der Streuschichten beschrieben werden? Geruch, Farbe, Form, Feuchte der jeweiligen Schicht eintragen.

---

---

Blätter und Blattreste zeichnen oder einkleben.



Kreislauf vom Keimling über Blatt zur Erde darstellen (zeichnen oder Stadien einkleben) eventuell auf einem Extrablatt



### 3.9 A - V1 Bodeneigenschaften - Recycling: vom Blatt zur Erde Teil 2

In den mitteleuropäischen Laubmischwäldern fallen jährlich 400 kg/ha Laub an (aus, Naturwissenschaften – Boden 1998). Der Abbau von Buchenblätter dauert ca. drei Jahre. Dieser Abbau bzw. der Kreislauf ist anhand der abgebildeten Fotos (Buchenblätter) nachvollziehbar. Sind die Bilder in einer bestimmten Reihenfolge angeordnet, ergeben die Buchstaben aneinandergereiht einen Begriff aus diesem Recycling-Vorgang. Mikroorganismen (Kreislauf mit anderen Laubblättern nachvollziehen, z.B. Eiche, Hainbuche, Birke)

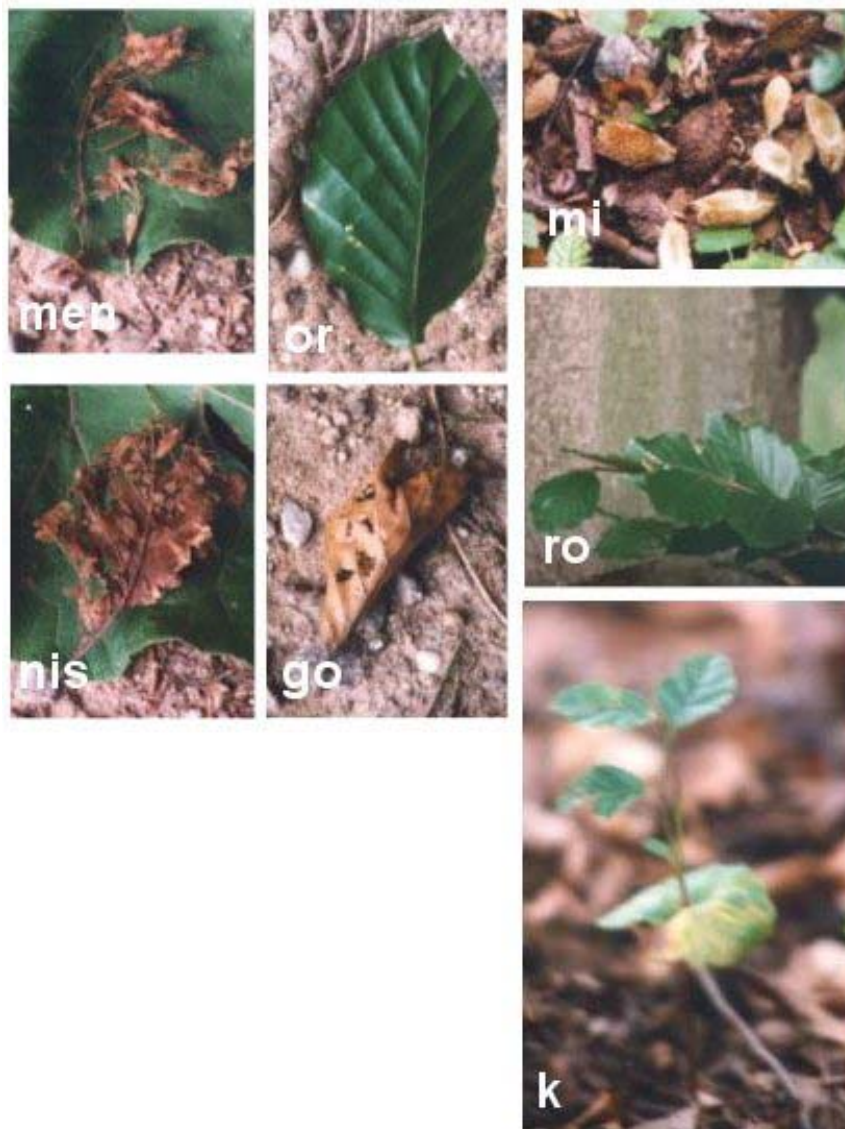


Abb. 72: Buchenblätter

### 3.9 A - V2 Bodeneigenschaften - Humusgehalt

Wie viel Humus (organische Bestandteile) enthält der Boden? Gewicht des Bodens vor und nach dem Glühen

Bodentiefen	Luftgetrockneter Boden	Boden nach dem Glühen	Husmusgehalt [g] (Glühverlust)	Humusgehalt [%]
5 cm				
10 cm				
20 cm				
30 cm				
....				

Wie ist der untersuchte Boden zu bewerten?

---



---

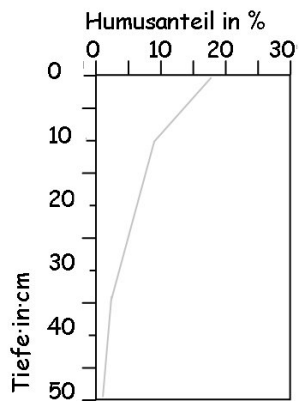
Wie verändert sich der Humusgehalt in der Tiefe? Wie sieht das Humusprofil aus

Abnahme des Humusgehaltes in der Tiefe

---



---



Aus was besteht die zurückbleibende Asche?

---



---

### 3.10 A - V1 Bodeneigenschaften - Nährstoffe

Die Pflanzen benötigen zum Wachstum bestimmte Bausteine bzw. Nährstoffe. Dabei werden alle Nährstoffe durch die chemische Verwitterung aus dem Gestein freigesetzt (außer Stickstoff). Welche zehn Bausteine bzw. Nährstoffe können aus dem folgenden Satz abgeleitet werden?

<u>C Kohlenstoff</u>	<u>S Schwefel</u>	<u>K Kalium</u>
<u>O Sauerstoff</u>	<u>Ca Calcium</u>	<u>P Phosphor</u>
<u>H Wasserstoff</u>	<u>Fe Eisen</u>	
<u>N Stickstoff</u>	<u>Mg Magnesium</u>	

Versuchsergebnisse des Kressetests in nachfolgende Tabelle eintragen

Jeweils 30 Kressesamen	Sandboden	Gartenerde
ohne Dünger nur Wasser		
0,1 % Düngelösung		
0,5 % Düngelösung		
1 % Düngelösung		
5 % Düngelösung		
10 % Düngelösung		

Welche Unterschiede zeigen sich im Wachstum der Kresse und was sind die Gründe dafür?

---



---

Welche Düngemittel sind bekannt?

Mineralische Dünger (NPK-Dünger, Kalkstickstoff, Salpeter, Ammoniumsalze) biologische Dünger (Kompost, Gülle, Mist, Guano, Gründüngung)

### 3.10 A - V2 Bodeneigenschaften - Nährstoffe - Stickstoff

Stickstoff ist mit der wichtigste Pflanzennährstoff (Baustein für **Aminosäuren** und somit der Eiweiße). Als Quelle dient der elementare **Luftstickstoff**  $N_2$ , jedoch können Pflanzen ihn nicht direkt nutzen. Die Pflanzen sind auf Mikroorganismen angewiesen, die den Stickstoff in **Ammonium** ( $NH_4^+$ ) oder **Nitrat** ( $NO_3^-$ ) umwandeln. Dabei sind die Knöllchenbakterien (Rhizobien), die in **Symbiose** mit Leguminosen leben, am effektivsten (Stickstofffixierung). Die **Rhizobien** fixieren im Jahr ca. 300 kg Stickstoff pro Hektar, das den Leguminosen direkt zur Verfügung steht (Bodenökologie 1990). Aus den abgestorbenen Pflanzen und Tieren wird Humus gebildet. Der Humus ist der **Stickstoffspeicher** im Boden. Mikroorganismen bauen ihn Stück für Stück ab (Mineralisierung) und setzen damit Ammonium ( $NH_4^+$ ) frei (Ammonifikation). Dieses nutzen z.T. auch Pflanzen, aber überwiegend wird das Ammonium von Mikroorganismen zu Nitrat ( $NO_3^-$ ) umgewandelt (Nitrifikation). Pflanzen nehmen nun zur Deckung ihres **Stickstoffbedarfs**  $NO_3^-$  auf. Nitrat wird aber wiederum von Bakterien als Sauerstoffquelle genutzt (Nitratatmung) und elementarer Stickstoff wird freigesetzt. Nitrat das nicht genutzt wird, gelangt in **Grundwasser**. Wird das Grundwasser als Trinkwasser genutzt darf der Grenzwert von **50 mg N/l** nicht überschritten werden.

Luftstickstoff, Stickstoffspeicher, Rhizobien, Stickstoffbedarfs, 50 mg  $NO_3^-$  /l, Grundwasser, Aminosäuren, Ammonium, Symbiose, Nitrat

Berechnungen (Enßlin W. 2000)

Nitratgehalt im Boden:

Zu 10 g trockenem Boden wurden 25 ml Wasser gegeben. Diese Lösung enthält 30 mg/l Nitrat.

d.h. 1 l Wasser	30 mg Nitrat (Messwert)
1 ml Wasser	0,03 mg Nitrat
25 ml Wasser	0,75 mg Nitrat (Nitrat in Bodenprobe)
10 g Boden	0,75 mg Nitrat
1 kg Boden	75 mg Nitrat in 1 kg trockener Erde (T.E.)

Der Boden enthält 75 mg Nitrat /kg T.E. entspricht 75 ppm Nitrat; Düngemittelbedarf für eine Ackerfläche von 1 Hektar, der Tiefe von 0,3 m und der Bodendichte von  $1.500 \text{ kg/m}^3$  beträgt das **Ackerbodenvolumen**:  $100 \text{ m} \times 100 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} = 3.000 \text{ m}^3/\text{ha}$  und die **Bodenmasse** in einem Hektar  $3.000 \text{ m}^3 \times 1.500 \text{ kg/m}^3/\text{ha} = 4.500.000 \text{ kg}/\text{ha}$

Bei  $1 \text{ mg } NO_3^-/\text{kg T.E.}$  ergibt sich für einen Hektar  $4.500.000 \text{ kg}/\text{ha} \times 1 \text{ mg } NO_3^-/\text{kg T.E.} = 4,5 \text{ kg } NO_3^-/\text{ha}$

## 4.1 A - V1 Bodentypen - Bodenprofil

### Aufnahme eines Bodenprofils

Name: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_

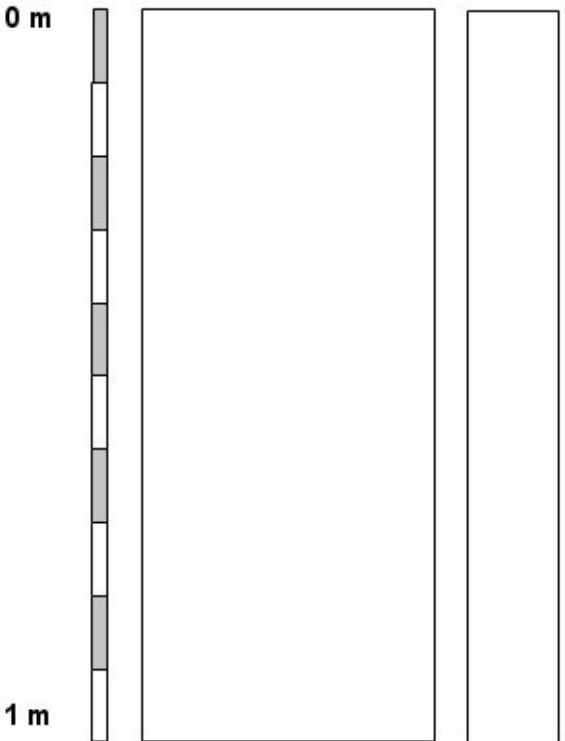
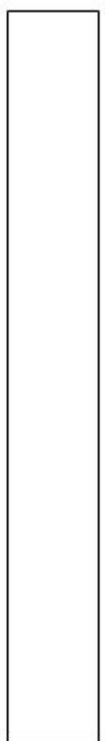
### Standortbeschreibung

Ortsbezeichnung (Gemeinde, Straße, Gewann, etc.): \_\_\_\_\_

Vegetation, Nutzung: (Wald, Wiese, etc.) \_\_\_\_\_

Klimadaten: (Niederschläge, Temperatur etc.) \_\_\_\_\_

### Beschreibung des Bodenprofils

	Horizontabfolge		Profilbeschreibung		
0 m					
1 m					
	Zeichnung	Kurzbeschreibung	Angabe zu Farbe, Geruch, Bodenart, Lebewesen ....		

### Erste Vermutungen bzw. Schätzungen [ankreuzen]

Bodentyp: \_\_\_\_\_ Kalkgehalt: [ ] gering [ ] mittel [ ] hoch

Bodentyp: \_\_\_\_\_ Humusanteil: [ ] gering [ ] mittel [ ] hoch

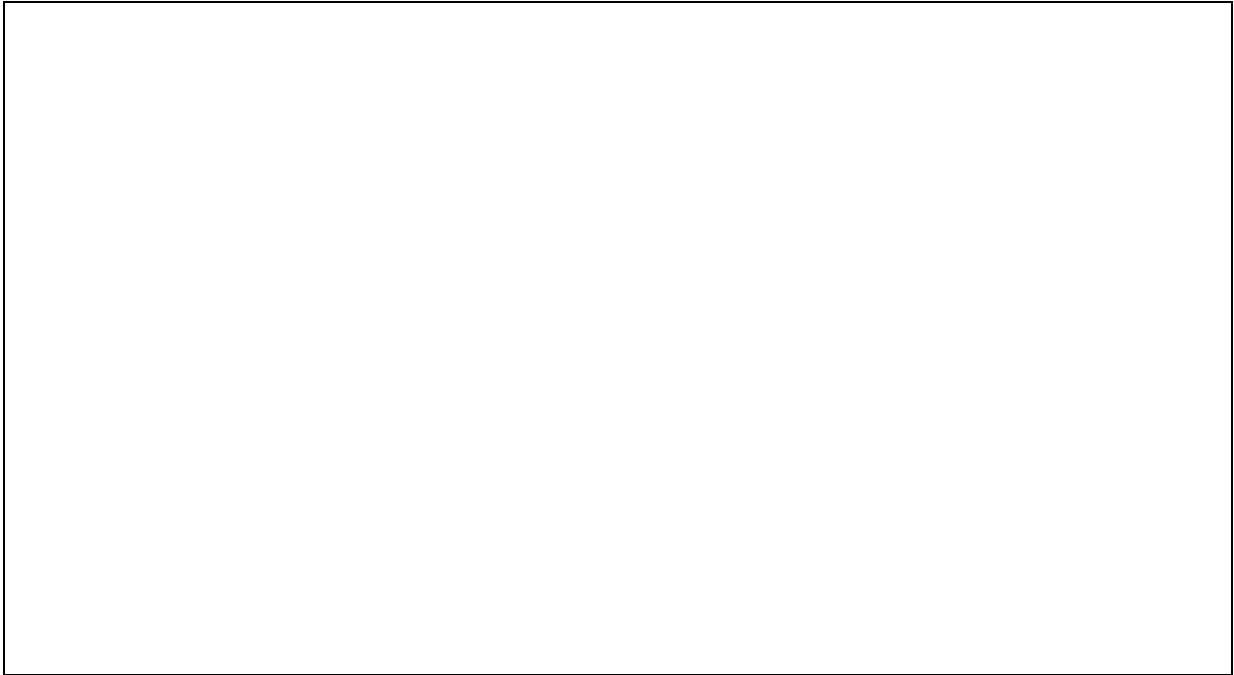
### Erkennbare Einflüsse des Menschen

---

## 5.1 A - V1 Bodenfunktionen – Lebensraum für Bodenorganismen – Hallo ist da wer?

Die in der Laubstreu, im Waldboden oder in der Komposterde entdeckten Bodenlebewesen zeichnen, bestimmen und ihre Fähigkeiten beschreiben (s. Anhang 2).

### Bodentiere



Welche Fähigkeiten haben die Tiere im Boden?

---

---

---

---

Welche Tiere sind gerade mit diesem Arbeitsblatt beschäftigt?

---

---

---

---



## 5.1 A - V2 Bodenfunktionen - Regenwürmer

**Folgende Fragen sollen mit Hilfe der Informationen beantwortet werden.**

Wie heißt der Regenwurm mit Vor- und Nachname? \_\_\_\_\_

Vor was müssen sich die Regenwürmer schützen? \_\_\_\_\_

Von was ernähren sie sich und wem nutzen sie als Nahrung? \_\_\_\_\_

Welche Bauwerke konstruieren sie und wie können diese genutzt werden? \_\_\_\_\_

Welche Leistungen vollbringen die Regenwürmer? \_\_\_\_\_

Sie sind als Humusbildner und Bodenverbesserer von größtem Nutzen. Sie sind als Nahrung von Vögeln und Lurchen auch wichtiger Bestandteil vieler Nahrungsketten.

Die Röhren mit einem Durchmesser von ca. 5 mm bilden ein Hohlraumsystem, in das Luft, Wasser, aber auch Pflanzenwurzeln eindringen können [Naturwissenschaften Boden].

Ringelwürmer (Annelida), Regenwürmer (Lumbricidae), Regenwurm (*Lumbricus terrestris*), [Bodenökologie, Gisi U.]

15-100g/m<sup>2</sup>, etwa 5 % der Gesamtmasse oder 50 % der tierischen Biomasse. [Bodenökologie, Gisi U.]

In guten Böden kann man 300 Regenwürmer auf einem Quadratmeter finden.

Sie durchdringen das Erdreich bis zu einer Tiefe von 2 m

Je Regenwurm wurde das Hineinziehen von 10 bis 20 Blättern während einer Nacht beobachtet [Naturwissenschaften Boden].

Regenwürmer besitzen keine Pigmente (sie schützen vor der UV-Strahlung der Sonne) und erscheinen deshalb rötlich bis fleischfarben [Naturwissenschaften Boden].

Regenwürmer bohren und fressen sich durch den Boden. Sie nehmen Pflanzenreste, Tierkot und andere organische Stoffe, aber auch mineralische Bestandteile des Boden auf. Im Darm erfolgt die Durchmischung und es werden unverdaute organische Stoffe, gemischt mit anorganischen Bestandteilen, ausgeschieden. Das fördert die Bildung von Ton-Humus-Komplexen [Naturwissenschaften Boden].

Sie bringen mit dem Kot mineralische Bestandteile des Boden an die Oberfläche. Das Röhrensystem im Boden, das sie graben, ist beträchtlich, es ist das umfangreichste, das von Wühlern und Grabern geschaffen wird [Naturwissenschaften Boden].

Der Regenwurm: " Ein langer dicker Regenwurm geriet in einen Wirbelsturm, der trug ihn bis zum Himmel. Nun dient er oben, nein, wie fein, dem allerliebsten Engelein als Klöppel einer Bimmel."

## 5.1 A - V3 Bodenfunktionen – Aktivität der Bodentiere

Beobachtungen der Versuche in die Tabelle eintragen.

Boden	Trübung nach min
Waldboden	
Wiese	
Ackerboden	
Kompost	
Sandboden	
Frühjahr	
Sommer	

Wie ist diese Trübung der Lösung zu erklären?

Kohlendioxid reagiert mit der Barytlauge, eine Trübung tritt ein. CO<sub>2</sub> wird durch die Atmung freigesetzt. Zahlreiche Organismen, die organisches Material zersetzen, atmen auch viel CO<sub>2</sub> aus.

Welche Unterschiede sind erkennbar?

---



---

Wie lautet die chemische Gleichung?




---

Gibt es auch jahreszeitliche Unterschiede?

---



---



## 5.2 A - V2 Bodenfunktionen - – Pflanzen in der Stadt -

Wo gibt es Grünzonen im Siedlungsbereich?

Name: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_

### Daten zum Standort

Lage (Straßenname, Parkname, sonstige Bezeichnungen): \_\_\_\_\_

Planquadrat (aus Stadtplan): \_\_\_\_\_

Größe des Standorts: \_\_\_\_\_

Art des Standorts:  Baumscheibe  Dachbegrünung  Fassadenbegrünung

Parkplatz  Spielplatz  Fußballplatz  Schulgarten

Nutzung des Standortes \_\_\_\_\_

Besonderheiten \_\_\_\_\_

### Ökologische Aspekte

Flora [vorhandene Vertreter]: \_\_\_\_\_

Fauna [vorhandene Vertreter]: \_\_\_\_\_

Boden: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### Bedeutung für die Umgebung

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## 5.2 A - V3 Bodenfunktionen - Geschichten

### Pflanzensteckbrief

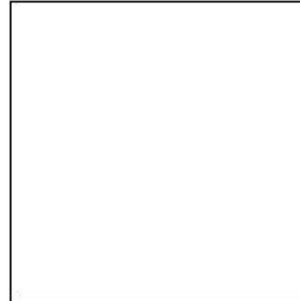
### Bild

#### Aussehen

Blütenform: \_\_\_\_\_

Blütenfarbe: \_\_\_\_\_

Blütenform: \_\_\_\_\_



#### Vorkommen

---

---

#### Verwandte

---

---

#### Besondere Fähigkeiten

---

---

#### Rezepturen

---

---

---

---

---

---

Name der Pflanze: \_\_\_\_\_

## 5.4 A - V1 Bodenfunktionen - Wasserkreislauf

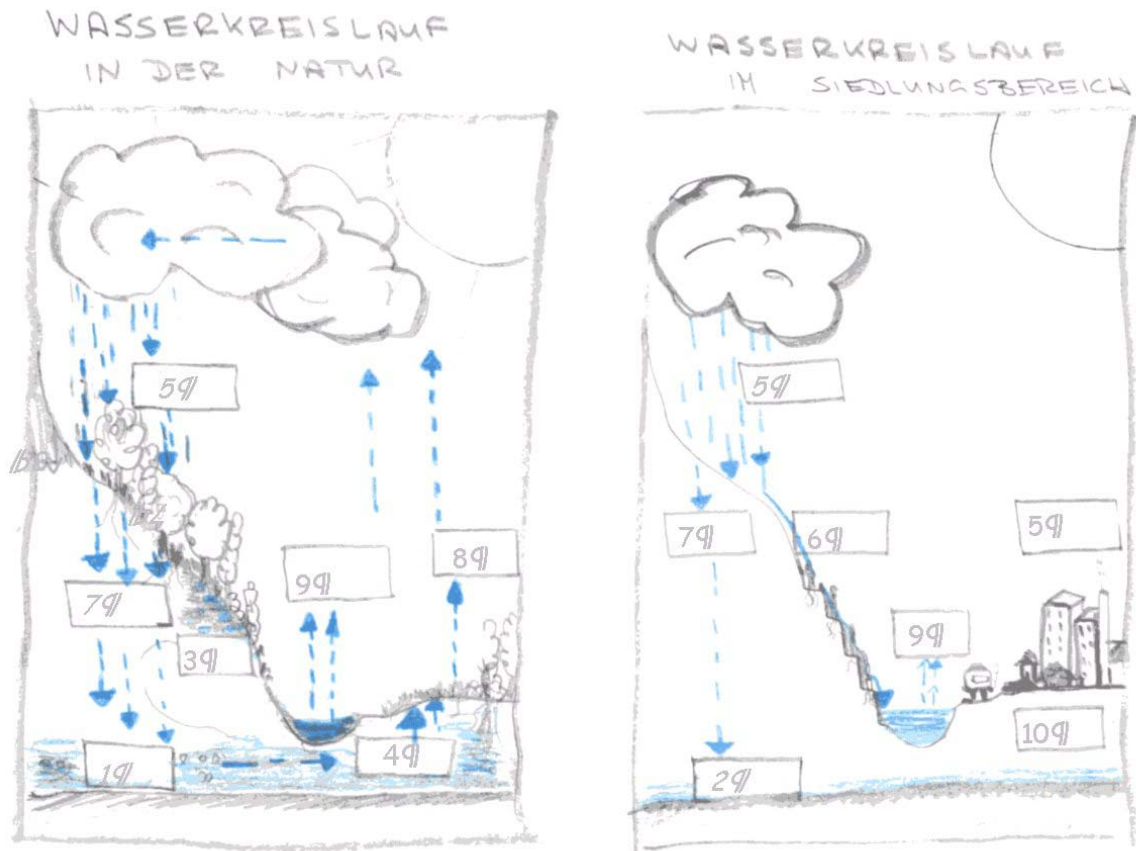


Abb. 74: Wasserkreisläufe

Folgende Begriffe in die Grafiken einsetzen!

[1] - Grundwasser, [2] - Grundwasserabsenkung, [3] - Haftwasser, [4] - Kapillaraufstieg, [5] - Niederschlag, [6] - Oberflächenabfluss, [7] - Sickerwasser, [8] - Transpiration, [9] - Verdunstung, [10] - Versiegelung

## 5.5 A - V1 Bodenfunktionen - Filter und Puffer für Schadstoffe - Reinigung

Jeder Boden besitzt ein unterschiedliche Filter und Pufferkapazität. Dies veranschaulicht der Versuch mit unterschiedlich geladenen Farbstofflösungen. Versuchsergebnisse in die Tabelle eintragen.



Farbstoff	Reaktion		Reaktion		Reaktion
Kationenfarbstoff	<u>Wasser nicht entfärbt</u>		<u>Wasser fast entfärbt</u>		<u>Wasser entfärbt</u>
Anionenfarbstoff	<u>Wasser nicht entfärbt</u>		<u>Wasser etwas entfärbt</u>		<u>Wasser nicht entfärbt</u>
Neutralfarbstoff	<u>Wasser entfärbt</u>		<u>Wasser entfärbt</u>		<u>Wasser entfärbt</u>

### Filter und Puffer für Schadstoffe

Aus den Tiefen des Bodens pumpen wir sauberes Trinkwasser. Dies ist verwunderlich, da über die Niederschläge (Schad-) Stoffe wie Staub, Schwermetalle oder organische Stoffe eingetragen werden. Staub- und Schadstoffpartikel werden herausgefiltert, durch die mechanisch Bindung an den Boden. Die Filterleistung nimmt ab, wenn die Poren durch die herausgefilterten Substanzen gefüllt sind. Gelöste Schadstoffe werden an Ton- oder Humusteilchen gebunden oder chemisch gefällt, damit sind Sie weitgehend immobilisiert. Die Schadstoffe gelangen so nicht ins Grundwasser bzw. die Pflanzen nehmen sie nicht auf. Die Pufferleistung hängt von den Eigenschaften des Bodens sowie von Art und Menge der Schadstoffe ab. Humusreiche- und tonige Böden besitzen eine hohe, sandige Böden eine geringe Pufferkapazität.

hohe, Trinkwasser, Pufferkapazität, gelöste, Schwermetalle, herausgefiltert, Pflanzen, Poren, Ton- oder Humusteilchen,

(Die kursiv geschriebenen Wörter sind sinngemäß in die Lücken einzutragen)

## 6.1 A - V1 Boden in Gefahr – Bodenschutz - Erosion?

Welche Maßnahmen fördern bzw. mindern die Erosion? Aussagen entsprechend sortieren!



**Abb. 75: Wassererosion**

Nicht wendende Bodenbearbeitung; Hinter einer Windschutzhecke sind Windgeschwindigkeit und Verdunstung herabgesetzt, Taubildung, Niederschlag und Bodenfeuchtigkeit erhöht [Bodenschutz Plus aid]; Geschlossene Vegetationsdecke; Ein Feld (100m x 100m) kann im Jahr 40 bis 80 Tonnen fruchtbaren Oberboden durch Wind und Wasser verlieren. [Ich steh` auf Boden, Baden-Württemberg]; Die Bodenreubildung beträgt im Jahr ca. 1,5 Tonnen pro Hektar (1,5 t/ha\*a) [Bodenschutz Plus aid]; Wälder wurden in Griechenland um 5000 bis 4000 v. Chr. zur Gewinnung von Bauholz und Ackerfläche gerodet [Boden in Not]; Nach Kahlschlag konnte besonders in bergigen Regionen der ehemalige Waldboden durch winterliche Regengüsse abgespült werden [Boden in Not]. Direkt auf den Boden aufschlagende Regentropfen zerstören die Bodenstruktur und führen zur Verschlammung der Bodenoberfläche [Bodenschutz Plus aid]. Mit zunehmender Hangneigung fließt das Wasser schneller ab. hangparallele Bearbeitung

Hangneigung: 10 %

Hanglänge: 100m

Niederschlag: 700 mm

Bodenart: ul

Fruchtfolge: 2/3 Getreide, 1/3 Silomais

Bodenabtrag: 11 t/ha\*a

Bodenschutz Plus aid

Erosionsanfällig sind schluff- und feinsandreiche Böden (Lößböden)[Bodenschutz Plus aid].



**Abb. 76: Erosionsschutz**



## 6.2 A - V1 Boden in Gefahr – Verdichtung

Wasser versickert im Boden unterschiedlich schnell! Versuchsergebnisse (Zeit zum Versickern) können in die Tabelle eingetragen werden.

Böden	Parallele 1	Parallele 2	Parallele 3
Sandboden			
Schluffboden			
Trampelpfad			
Fahrspur			

Welche Böden reagieren besonders anfällig auf Verdichtungen?

schluffreiche, Böden, nasse Böden.

Wo sind Bodenverdichtungen erkennbar?

Spielplatz, vor dem Tor am Fußballplatz, Liegewiesen, Abkürzungen über Ecken

Wie kann eine Bodenverdichtung z.B. beim Bearbeiten des Ackers verhindert werden? Richtige Lösungen ankreuzen. Ergebnis zeigt, was sich durch die Verdichtung verändert.

Häufiges betreten bzw. befahren	<input type="checkbox"/> por
Anpflanzen von Tiefwurzlern	<input checked="" type="checkbox"/> bo
Befahren von nassen Böden	<input type="checkbox"/> en
Erhöhen des Humusanteils	<input checked="" type="checkbox"/> den
Mit schweren Fahrzeugen den Boden befahren	<input type="checkbox"/> vol
Kombinierte Arbeitsgänge	<input checked="" type="checkbox"/> ge
Anbau von Zwischenfrüchten oder Mulchsaat	<input checked="" type="checkbox"/> fü
Bearbeiten von kleineren Ackerflächen	<input checked="" type="checkbox"/> ge

## 6.3 A - V1 Boden in Gefahr – Bodenschutz - Versauerung

Die Versauerung unserer Böden nimmt zu, u.a. beeinflusst durch den Menschen. Der Säuregehalt eines Bodens wird über den pH-Wert gemessen. Der pH-Wert zeigt den Gehalt der Wasserstoffionen - hier in der Bodenlösung - an. Die Böden sind, je nach Ausgangsgestein, in der Lage die Wasserstoffionen unterschiedlich stark abzupuffern. Diese Fähigkeit nennen wir Pufferkapazität.

Die Konzentrationen der Wasserstoffionen im Boden hängt ab von:

- dem Ausgangsgestein : Böden aus Kalkstein reagieren basisch, aus Granit eher sauer,
- der Atmung der Mikroorganismen und Pflanzenwurzeln: hierbei wird CO<sub>2</sub> freigesetzt, das mit Wasser reagiert und Wasserstoffionen gebildet werden,
- der H<sup>+</sup> Abgabe der Pflanzenwurzeln: zur Aufnahme von kationischen Nährstoffen
- der Düngung : Zugabe saurer Düngemittel
- der Luftverschmutzung : im Niederschlag gelöste Stoffe führen zur Versauerung

Der Versauerung von Böden kann nur mit einer Kalkung entgegengewirkt werden. Durch die Versauerung verschlechtert sich die Bodenqualität, d.h. Nährstoffe werden ausgewaschen, Tonminerale werden zerstört, Schwermetalle freigesetzt, Bodentiere und Mykorrhizen geschädigt.

Düngung, Ausgangsgestein, Versauerung, Atmung, Kalkung, Granit, Schwermetalle, kationischen Nährstoffen, pH-Wert, Luftverschmutzung, Wasserstoffionen, Pufferkapazität, Bodenqualität, Tonminerale (Die kursiv geschriebenen Wörter sind sinngemäß in die Lücken einzutragen)

Versuchsergebnisse (pH-Wert) werden in der nachfolgenden Tabelle eingetragen.

	<b>sandiger Boden</b>	<b>humusreicher Boden</b>	
<b>1 x 20 ml HCl</b>			
<b>2 x 20 ml HCl</b>			
<b>3 x 20 ml HCl</b>			
<b>4 x 20 ml HCl</b>			
<b>5 x 20 ml HCl</b>			
<b>6 x 20 ml HCl</b>			

## 6.4 A - V1 Boden in Gefahr – Bodenschutz - Versiegelung

### Aufnahme der Bodenoberflächen in Siedlungsgebieten

Name: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_

#### Untersuchtes Areal

Bezeichnung: \_\_\_\_\_

Lage: \_\_\_\_\_

Größe: \_\_\_\_\_

Vorhandene Pläne: \_\_\_\_\_

Fotos auf extra Blatt: \_\_\_\_\_

#### Vergleich des Areals vor 5 Jahren, 10 Jahren etc. (je nach Kartengrundlage)

	Versiegelte Fläche m <sup>2</sup> oder %	Offene Flächen m <sup>2</sup> oder %
<b>Ist Zustand</b>		
<b>Vor 5 Jahren</b>		
<b>Vor 10 Jahren</b>		
<b>Vor 20 Jahren</b>		
...		

Wie werden die versiegelten Flächen genutzt?

Straße [ ]      Wohnhäuser [ ]      Industrie [ ]      [ ] \_\_\_\_\_

**Gibt es Flächen die entsiegelt wurden?**

\_\_\_\_\_

**Welche Flächen könnten entsiegelt werden?**

\_\_\_\_\_

**Was sind die Folgen der Bodenversiegelung?**

\_\_\_\_\_

## 6.5 A - V1 Boden in Gefahr – Bodenschutz - Giftmordanschlag Fall 1/1

Um welchen Tatort handelt es sich? Und wie häufig sind diese Fälle z.B. im Umfeld der Schule anzutreffen?

---



---

### Versuchsaufbau und -auswertung

Auf Sandboden und Gartenerde (Komposterde) werden unterschiedliche Mengen an Altöl oder Heizöl getropft. Die Keimung bzw. Reaktion der Kressesamen während ca. fünf Tage notieren und auswerten. Welche Unterschiede sind erkennbar? Töpfe bzw. Petrieschalen beschriften und vorbereiten. Gefäße mit der Kresse immer mit der gleichen Menge Wasser gießen (sonst Versuch nicht vergleichbar). Versuch entsprechend mit Kfz-Benzin durchführbar.

sandiger Boden mit je 25 Kressesamen	1. Tag	2. Tag	3. Tag	4. Tag	5. Tag
0 Tropfen Altöl, Kontrolle					
5 Tropfen Altöl					
10 Tropfen Altöl					
15 Tropfen Altöl					
20 Tropfen Altöl					
Tatortprobe mit 25 Kressesamen					

Gartenerde (Komposterde) mit je 25 Kressesamen	1. Tag	2. Tag	3. Tag	4. Tag	5. Tag
0 Tropfen Altöl, Kontrolle					
5 Tropfen Altöl					
10 Tropfen Altöl					
15 Tropfen Altöl					
20 Tropfen Altöl					
Tatortprobe mit 25 Kressesamen					

## 6.5 A - V1 Boden in Gefahr – Bodenschutz - Giftmordanschlag Fall 1/2

### Schnelltest

Welchen Geruch oder Farbe zeigen die Filtrate (aufgefangene Flüssigkeit im Becherglas)? Ergebnisse in die Tabelle eintragen.

	Geruch	Farbe	sonstiges
<b>Sandboden</b>			
<b>Lehmboden</b>			
<b>Komposterde</b>			

Wie ist die Filterwirkung der verschiedenen Böden?

---

Was bedeutet dies für den Tatort?

---

### Langzeittest

Wie verändert sich das Aussehen des Papiers über einen längeren Zeitraum? Beobachtungen in die Tabelle eintragen.

Zeit nach		
... Tagen	Gartenerde ohne Altöl	Gartenerde
mit Altöl		
0		

Wie ist der Unterschied zu erklären und was bedeutet dies für den Tatort?

---

# Anhang

## Anhang 1 - Folien

**3.9 - V1 Kreislauf in der Natur - Vom Blatt zur Erde Müllberge gibt es in der Natur nicht! Alles wird verwertet, alles ist kostbar.**



Abb. 77: Anhang 1



## 4.1 - V Bodentypen

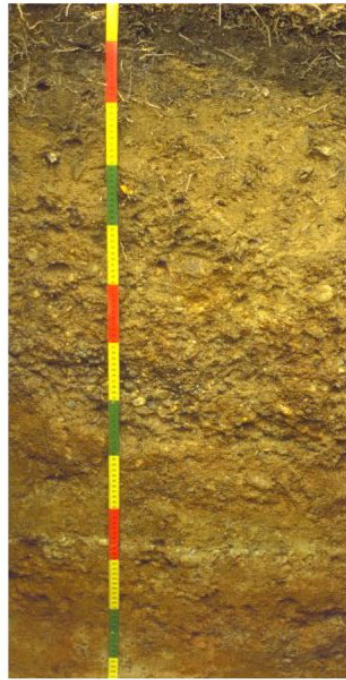
**Braune Rendzina aus Hangschutt mit Muschelkalk**



**Ah**  
0 - 19 cm

**Cv**  
19 - > 90 cm

**Parabraunerde aus würmzeitlichen Hochflutabsätzen**

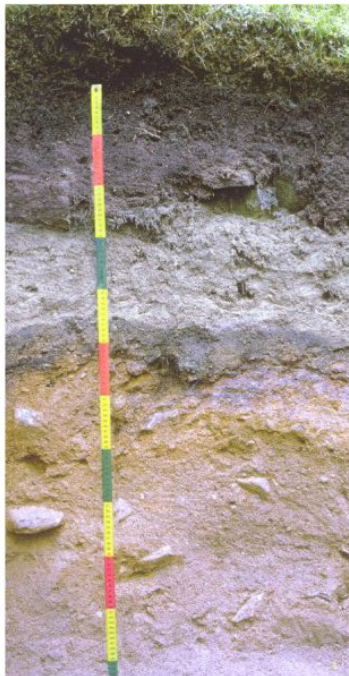


**Ah**  
0 - 7 cm

**Ahl**  
7 - 45 cm

**Bt**  
45 - 90 cm

**Podsol aus Hangschutt mit Material des mittleren Buntsandstein**



**Ahe**  
0 - 15 cm

**Ae**  
15 - 48 cm

**Bs**  
60 - 70 cm

**Cv**  
70 - > cm

**Reliktischer Auengley aus Auenlehm der Alb über Rheinsedimenten**



**Ap**  
0 - 30 cm

**S-rGo**  
30 - 45 cm

**rGo**  
45 - 80 cm

**rGr**  
80 - 110 cm

## 6 - Boden in Gefahr

Einträge von Schadstoffen

Verbrauch der Böden

Erosion von Böden

Ausbeuten von Böden

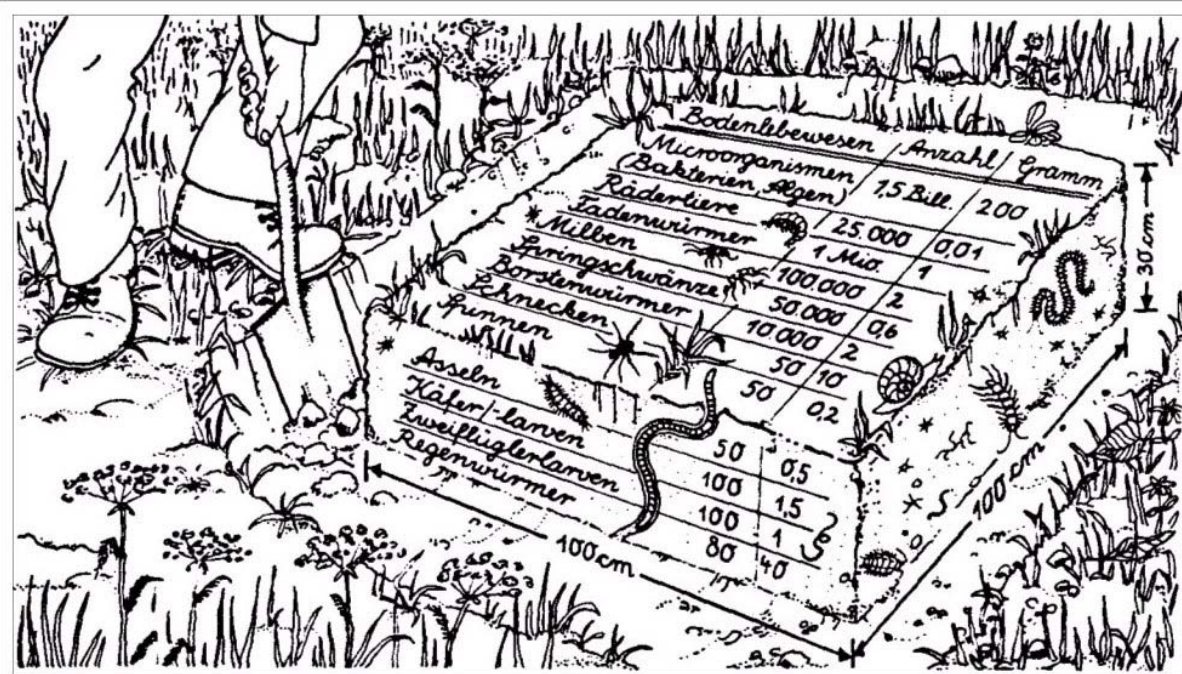
Versiegeln von Böden





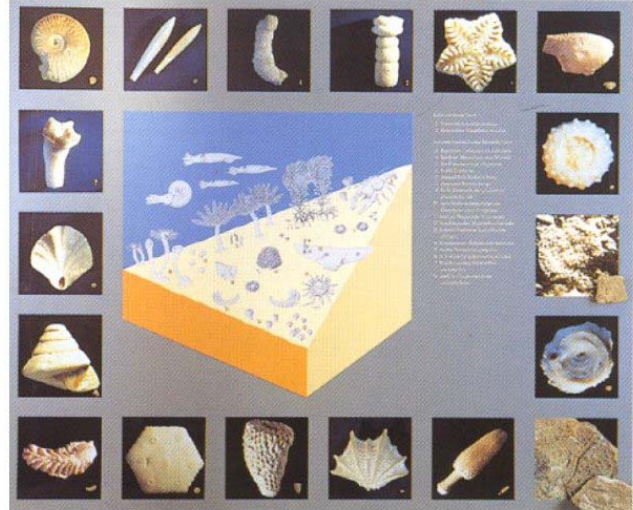
## Bodenlebewesen

In einer Handvoll Erde sind mehr Lebewesen als Menschen auf der Erde leben!

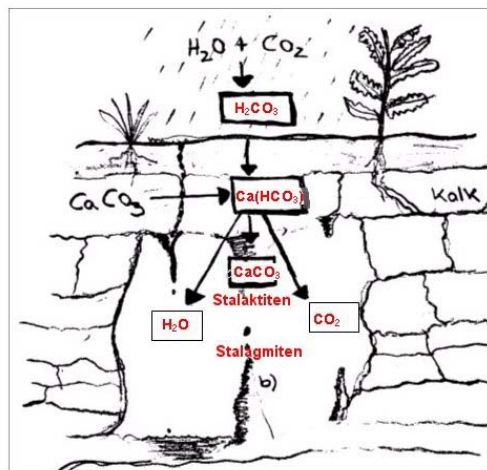


# Kalk in Böden

Wie kann der Zusammenhang hergestellt werden von Fossilien zur Tropfsteinhöhle.



Stalagmit aus der Eberstädter Tropfsteinhöhle



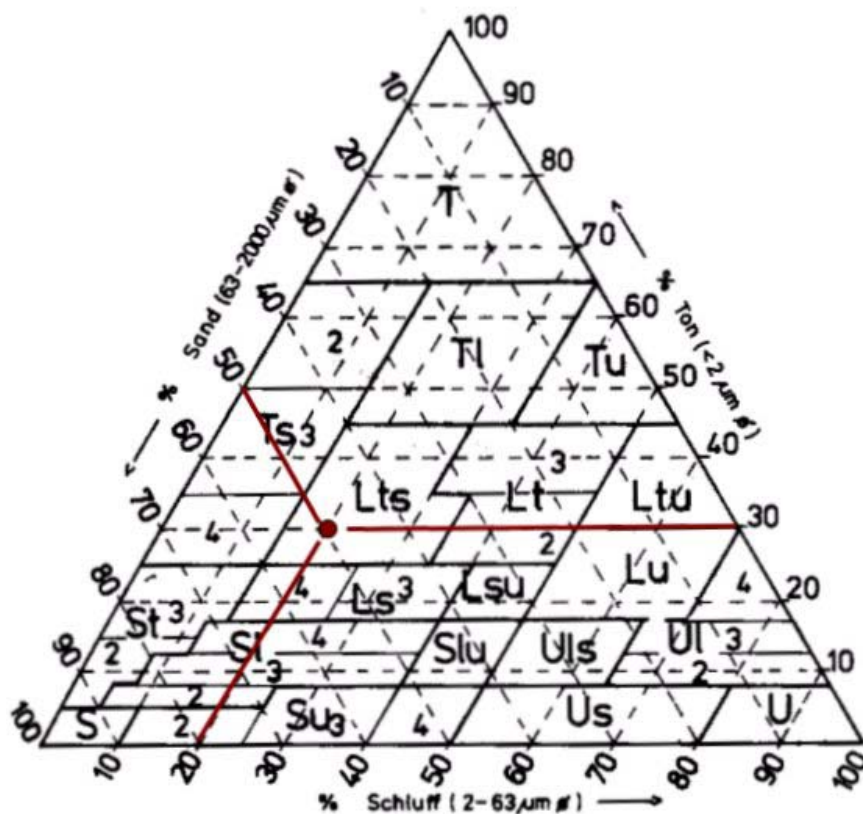
Bildung einer Tropfsteinhöhle (schematisch) Tropfsteinhöhle

## Anhang 2 Bestimmungstabeln

Tafel 1: Korngrößenverteilung

Bezeichnung	Korngröße [ $\mu\text{m}$ ]
Steine, Geröll etc.	> 2000
Sand (S)	2000 - 63
Schluff (U)	63 - 2
Ton (T)	< 2

Tafel 2: Stoffdreieck - Bodenarten -



- Die Bodenarten - Bestimmung ergab 50 % Sand, 30 % Ton und 20 % Schluff. Die Bodenart lautet gemäß Stoffdreieck - Boden (s. rote Linie), Lts

**Tafel 3: Grobbestimmung der Bodenart**

<b>Vorherrschende Korngröße [µm]</b>	<b>Hauptdifferenzierungs merkmal</b>	<b>Bezeichnung (Kurzform)</b>
<b>2000 – 63</b>	Körnig, kein haften in den Fingerrillen	Sand (S), sandig (s)
<b>63 – 2</b>	mehlig, haftet in Fingerrillen	Schluff (U), schluffig (u)
<b>&lt; 2</b>	bleistift dick rollbar, bindig, klebrig, gut formbar, dazu glänzende Reibflächen bei quetschendem Reiben der Probe zwischen Daumen und Zeigefinger	Ton (T), tonig (t)
<b>Gemenge aus S, U, T</b>	Bleistift dick rollbar, aber keine glänzenden Reibflächen	Lehm (L), lehmig (l)



Eine feinere Einteilung der Bodenart ist mit Hilfe des nachfolgenden Diagramms möglich. Für Exkursionen Vorlage auf Karton kopieren, falten und in Folie einschweißen

**Tafel 4: Fingerprobe zur Bestimmung der Bodenart**

<b>Sandige Böden</b>	<b>Tonige Böden</b>
<p>1. Bodenprobe zwischen den Handtellern schnell zur Bleistiftdicke ausrollen</p> <p>a) nicht ausrollbar <b>Sande oder Schluffe</b> weiter bei 2</p> <p>b) ausrollbar <b>Lehme oder Tone</b> weiter bei 5</p>	<p>4. Probe bis zur halben Bleistiftdicke ausrollen</p> <p>a) nicht ausrollbar, nicht schmierend, nicht klebrig Bodenart: <b>Schluff</b></p> <p>b) ausrollbar, etwas schmierend, schwach klebrig <b>lehmiger Schluff</b> weiter bei 5</p>
<p>2. Bindigkeit der Probe zwischen Daumen und Zeigefinger prüfen</p> <p>a) nicht bindig, Einzelkörner lassen sich gut fühlen <b>Sande</b> weiter bei 3</p> <p>b) bindig, Einzelkorn kaum oder nicht fühlbar <b>Schluffe</b> weiter bei 4</p>	<p>5. Probe zwischen Daumen und Zeigefinger in Ohrnähe quetschen</p> <p>a) starkes Knirschen Bodenart: <b>sandiger Lehm</b></p> <p>b) kein oder schwaches Knirschen <b>Lehme oder Tone</b> weiter bei 6</p>
<p>3. Zerreiben der Bodenprobe in der Handfläche</p> <p>a) In den Handlinien ist kein feines Material sichtbar Bodenart: <b>Sand</b></p> <p>b) In den Handlinien ist feines toniges Material sichtbar Bodenart: <b>schwach lehmiger Sand</b></p>	<p>6. Gleitflächen der Quetschprobe beurteilen</p> <p>a) Gleitfläche stumpf: <b>Lehm</b></p> <p>b) Gleitfläche glänzend: <b>Tone</b></p>

**Tafel 5: Sinkgeschwindigkeit**

<b>Teilchendurchmesser [µm]</b>	<b>Bodenart</b>	<b>ca. Sinkdauer für 10 cm</b>
< 2	Ton	> 7h 40 min
2 – 6,3	Feinschluff	7h 40 min – 50 min
6,3 – 20	Mittelschluff	50 min – 4 min 30 s
20 – 63	Grobschluff	4 min 30 s – 30 s
63 - 200	Sand	30 s – 3 s

**Tafel 6: Carbonatgehalt in Böden**

<b>Kohlendioxidentwicklung und ihre Wirkung (bindige Böden)</b>	<b>Ungefäher Carbonatgehalt [%]</b>
Keine sichtbare und auch am Ohr keine hörbare Reaktion	0 %
Reaktion sehr schwach, nicht sichtbar, aber am Ohr hörbar	< 0,5
Schwache, kaum sichtbare Reaktion	0,5 – 2
Schwache, nicht anhaltende, jedoch deutlich sichtbare Bläschenbildung	2 – 4
Deutliche, nicht anhaltende Bläschenbildung	4 – 7
Starkes aber nicht anhaltendes Aufschäumen	7 – 10
Starkes, anhaltendes Aufschäumen, je nach Säurezugabe	10 - > 50

## Bodenmilieu und pH-Wert

Tafel 7: pH- Bereiche im Boden (aus Bodenkundlicher Kartieranteile)

pH-Wert	Bewertung
< 5,0	stark sauer
5,0 – 6,0	mittel sauer
6,5 – 6,0	schwach sauer
7,0 – 6,5	sehr schwach sauer
7,0	neutral
7,0 – 7,5	sehr schwach alkalisch
7,0 – 8,0	schwach alkalisch
8,0 – 9,0	mittel alkalisch
> 9,0	stark alkalisch

## Optimaler pH- Bereich im Boden für einzelne Pflanzen

Tafel 8: Optimale pH - Bereiche für Pflanzen

Pflanzen	pH - Bereich
Kiefer	4,5 – 6
Tanne, Birke, Wacholder	5,0 – 6,0
Esche, Ulme,	6,0 – 7,5
Buche, Linde, Spargel	6,0 – 8,0
Kartoffel	5,0 – 6,5
Tomate	5,0 – 7,5
Kohl, Spinat	6,5 – 7,5
Erbse, Möhren	6,0 – 7,0

**Tafel 9: Bewertung des Humusgehaltes (aus Bodenkundlicher Kartieranleitung)**

<b>Humusgehalt [%]</b>	<b>Bewertung</b>
< 1	sehr schwach humos
1 – 2	schwach humos
2 – 4	mittel humos
4 – 8	stark humos
8 – 15	sehr stark humos
> 15	extrem humos
<b>Feuchtwiesen und Moore</b>	
15 – 30	anmoorig
> 30	torfig

**Tafel 10: Porengrößen**

<b>Bezeichnung</b>	<b>Porendurchmesser</b>
Grobporen [groß]	> 1000 µm
Grobporen	> 10 µm
Mittelporen	0,2 µm – 10 µm
Feinporen	< 0,2 µm

**Tafel 11: Bewertung der Böden nach ihrem Stickstoffgehalt (aus Enßlin W. 2000)**

<b>Nitratgehalt</b>	<b>entspricht Stickstoff/Hektar</b>	<b>Bewertung*</b>
0 - 40 ppm NO <sub>3</sub>	0 – 40 kg N/ha	Stickstoffmangel
40 – 75 ppm NO <sub>3</sub>	40 – 75 kg N/ha	Gesunder Gehalt
75 – 150 ppm NO <sub>3</sub>	75 – 150 kg N/ha	Hoher Gehalt
> 150 ppm NO <sub>3</sub>	> 150 kg N/ha	Überdüngung

\* die Bewertung ist abhängig noch von der anzubauenden Pflanze

ppm = parts per million z.B. 1 mg Nitrat in 1 kg Boden



**Tafel 12: Zeigerpflanzen (Pflanzen die Hinweise auf die Standortsbedingungen geben (aus Boden, PZ Rheinland-Pfalz, 1998, s. auch Bestimmungsbücher)**

<b>Bodeneigenschaften</b>	<b>Zeigerpflanzen für Garten und Feld</b>
Staunässe, verdichtet	Hahnenfuß, Wucherblume, Sauerampfer, Breitwegerich
Humusreich	Vogelmiere, Brennnessel, Ehrenpreis, Echte Kamille
Nährstoffreicher Boden (vor allem Stickstoff)	Brennnessel, Schwarzer Nachtschatten, Melde, Schwarzer Nachtschatten, Franzosenkraut
Schwerer, verdichteter Boden	Löwenzahn, Ackerschachtelhalm, kriechender Hahnenfuß,
Sandboden	Feldthymian, Heidekraut, Kiefer,
trockener Standort	Scharfer Mauerpfeffer, Hasenklees, Silber-Fingerkraut, Dachwurz-Arten
Feuchter Standort	Wiesen-Bärenklau, Wiesenschaumkraut, Wiesenknöterich,
Hoher Wassergehalt	Sumpfdotterblume,
Kalkreiche Böden	Adonisröschen,
Trittsflur	Breitwegerich, Vogelknöterich,

### Bezeichnung der Bodenhorizonte

**Bodenlagen** (Haupthorizonte) werden mit Großbuchstaben (z.B. A, B, G, C) bezeichnet. **Horizontmerkmale**, die das Ergebnis bodenbildender Prozesse darstellen, werden durch nachgestellte kleine Buchstaben (z.B. h, r, o, l, s, v) bezeichnet.

**Bodenhorizonte** werden durch einen Großbuchstaben und nachgestellte(n) Kleinbuchstaben gekennzeichnet.

**Tafel 13: Häufige Bezeichnung der Bodenhorizonte**

A	Mineralhorizont im Oberboden mit akkumuliertem Humus
B	Mineralhorizont im Unterboden
G	Mineralhorizont im Grundwasserbereich
C	Lockergestein mit grabbarer Feinerde
h	humusakkumuliert
r	reduziert, überwiegend anaerobe Verhältnisse
o	oxidiert; rostfleckiger bzw. kalkfleckiger Horizont über dem Grundwasser
s	sesquioxidakkumuliert; Eisen Anreicherung
e	sauergebleicht; an Eisen und Mangan verarmt durch Podsolierung
t	tonakkumuliert, Tonanreicherung durch Lessivierung
l	lessiviert; an Ton durch Auswaschung verarmt
v	verwittert; zerteiltes Festgestein Cv, verbraunt (dunkler als tiefere Schichten) oder verlehmt (mehr Ton als in tieferen Schichten) Bv

## Anhang 3 - Weiterführende Informationen

### 1. Verwitterung

Was bedeutet Frostsprengung? Wasser besitzt die Eigenschaft (Anomalie) sich beim Abkühlen unter den Gefrierpunkt um ca. 10 % auszudehnen - Eis benötigt also mehr Raum. Bei dieser Ausdehnung werden enorme Kräfte frei, die auch Gestein zersprengen. Wo und wie findet das in der Natur statt? Wasser das in Gesteinsspalten und Ritzen vorgedrungen ist, dehnt sich bei Frost aus und erweitert die Spalten und Ritzen. Häufiger Wechsel zwischen Frost und Tauwetter verstärkt die Zerstörung. Die so entstehenden hohe Drücke, sprengen ganze Gesteinstücke weg. Große Gesteinsmassive werden so Stück für Stück verkleinert – das Gestein verwittert.

### 2. Bodenarten und ihre Eigenschaften

Eigenschaften	Sandboden	Lehmboden	Tonboden
<b>Korngrößen</b>	Boden mit einseitiger Kornzusammensetzung (Sand, kaum Feinerde)	Boden mit ausgeglichener Körnung (Sand, Schluff, Ton)	Boden mit einseitiger Kornzusammensetzung (Ton, Schluff)
<b>Wasserführung</b>	gut	gut	schlecht
<b>Wasserhaltevermögen</b>	gering	hoch	sehr hoch, Wasser für Pflanzen nicht immer verfügbar
<b>Bodenluft</b>	intensive Durchlüftung, hohes Porenvolumen	gute Durchlüftung; optimales Porenvolumen bei krümeligem Gefüge	schlechte Durchlüftung
<b>Humus und Nährstoffe</b>	oft hoher Humusanteil, aber schlechte Humusqualität; meist geringer Nährstoffgehalt	meist hoher Nährstoffgehalt	meist hoher Nährstoffgehalt
<b>Erwärmung im Frühjahr</b>	schnelle Erwärmung	zügige Erwärmung	langsame Erwärmung
<b>Pflanzenwachstum</b>	gute Durchwurzelbarkeit, aber nur Standort für anspruchslose Pflanzen	gute Durchwurzelbarkeit, guter Standort für Kulturpflanzen Weizen und Hackfrüchte	schlechte Durchwurzelbarkeit, als Kultur meist Wiese und Weide
<b>Bearbeitung</b>	leicht bearbeitbar für Landmaschinen	leicht bearbeitbar	schwer bearbeitbar, häufig nicht befahrbar für Landmaschinen

### 3 Bodengefüge

Weitere Gefügeformen sind:

- Polyedergefüge = Teilchen sind nicht ausgerichtet
- Prismengefüge = Teilchen vertikal, länglich ausgerichtet
- Kohärentgefüge = die einzelnen Teilchen sind fast nicht mehr erkennbar (bei wassergesättigten Tonböden)

Weiter können eventuell Tonverlagerungen beobachtet werden. Die Tonhäutchen überziehen die Oberfläche von Polyeder. Dabei erscheint das Tonhäutchen oft dunkler als das Aggregatinnere (anschneiden mit Rasierklinge), da Eisenoxide und Huminstoffe mit verlagert werden.

### 4 Humusgehalt

Glühverlust bei der Humusgehaltbestimmung

Hier wird eine Massendifferenz durch Umsatz der organischen Substanz unterstellt.

Zu beachten ist aber folgendes:

- Die pedogenen Oxide sowie Tonminerale spalten beim Glühen Kristallwasser ab. (Korrektur durch Abzug von 0,1 % je 1 % Ton)
- Bei überschreiten der Glühtemperatur von 500°C gibt Calciumcarbonat Kohlenstoff ab.

### 5 Humusformen

Je nach Humifizierungsgrad, abhängig von Klima und den Bodenverhältnissen, können die Humusformen Mull, Moder, Rohhumus unterschieden werden.

**Rohhumus:**

wenig zersetzte Streuauflage, nährstoffarm, sauer, geringe Mächtigkeit des Oberbodens (Ah-Horizont), entsteht unter Heidepflanzen oder Nadelbäume.

**Moder:**

Stärker zersetzte Streuauflage, nährstoffhaltig, sauer bis basisch, Ah-Horizont immer vorhanden, entsteht unter krautarmen Laub- und Nadelwälder

**Mull:**

oft völlig zersetzte, somit nicht mehr vorhandene Streuschicht, mächtiger Ah-Horizont, entsteht unter gras- oder krautreicher Vegetation, bevorzugt auf Kalkgestein.

## 6 Nährstoffe – und ihre Bedeutung

**Tabelle 1/1: (aus: Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen von W. Bergmann, 1993 und Handbuch des Bodenschutzes von H.-P. Blume, 1990)**

<b>Nährsalz</b> (Makronährstoffe)	<b>Gehalte in Böden</b> Gesamt [mg/g]	<b>Gehalte in Böden</b> Verfügbar [mg/kg]	<b>Gehalt in org.</b> <b>Substanz</b>
<b>Stickstoff, N</b> Aufnahme als $\text{NH}_4^+$ , $\text{NO}_3^-$		10	1,0 – 5,0 % i.d.Tr.M.
<b>Phosphor, P</b> Aufnahme als $\text{H}_2\text{PO}_4^-$	0,2 - 1	10 - 30	0,1- 0,5 % i.d.Tr.M.
<b>Schwefel S</b> Aufnahme als $\text{SO}_4^{2-}$	0,1 - 2	10 - 200	0,1- 0,5 % i.d.Tr.M.
<b>Kalium K</b> Aufnahme als $\text{K}^+$	2 - 50	40 - 400	1,0-6,0 % i.d.Tr.M.
<b>Calcium Ca</b> Aufnahme als $\text{Ca}^{2+}$	1 - 10	100 - 5000	1,0 – 7,0 % i.d.Tr.M. in Blätter
<b>Magnesium Mg</b> Aufnahme als $\text{Mg}^{2+}$	0,05 - 5	10 - 500	0,1- 0,5 % i.d.Tr.M

**Tabelle 1/2: (aus: Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen von W. Bergmann, 1993 und Handbuch des Bodenschutzes von H.-P. Blume, 1990)**

<b>Nährsalz</b> (Makronährstoffe)	<b>Bedeutung für die Pflanze</b>	<b>Manglerscheinungen / Symptome</b>
<b>Stickstoff, N</b> Aufnahme als $\text{NH}_4^+$ , $\text{NO}_3^-$	Baustein der Amino und Nukleinsäuren, Proteine, des Chlorophylls etc.	Wachstumshemmung, gehemmte Chlorophyllsynthese, hellgrüne – gelbe Blätter
<b>Phosphor, P</b> Aufnahme als $\text{H}_2\text{PO}_4^-$	Baustein der Phosphoproteide, Phospholipide (Lecithin), Zellmembran, der DNA	Wachstumshemmung, Blätter verfärben sich dunkelgrün, schmutziggrün z.T. bis purpurrot, absterben der älteren Blätter
<b>Schwefel S</b> Aufnahme als $\text{SO}_4^{2-}$	Bestandteil vieler stoffaufbauender und stoffwechselaktiver Verbindungen z.B. S - haltige Aminosäuren (Cystin, Cystein, Methionin) Vitamine Thiamin B1, Biotin H, Coenzym A,	bei stad- und industrienahen Gebieten selten anzutreffen, Manglerscheinung ähnlich wie bei N-Mangel, bei S-Mangel Verfärbung der jüngeren Blätter, alte Blätter sterben nicht ab.
<b>Kalium K</b> Aufnahme als $\text{K}^+$	Wichtig für Stofftransport, Transport in Speichergewebe, Regulation der Stoffwechselprozesse (Turgordruck), Wasserhaushalt etc.	Welkeerscheinungen, Blätter welken, Blattrandnekrosen der älteren Blätter, Blattverbrennungen
<b>Calcium Ca</b> Aufnahme als $\text{Ca}^{2+}$	Stabilisierung der Zellmembranen, Regulierung des Atmungsstoffwechsel, Regulierung der Ionenaufnahme, etc	Wachstumsstörungen, junge Blätter mit Spitzen- und Blattrandnekrosen, Blütenendfäule, etc.
<b>Magnesium Mg</b> Aufnahme als $\text{Mg}^{2+}$	Zentralatom des Chlorophylls Ohne Mg keine Photosynthese	Gelb- oder Braunfärbung zwischen den Blattadern, Wachstumshemmung,

## Anhang 4 Literatur, Informationen, Adressen

### 1. Literatur / Informationen

#### 1.1 Buch/Zeitschrift

##### 1.1.1 Unterrichtsmaterial:

- /1/ Bergstedt, Chr.: Boden – Naturwissenschaften Biologie, Chemie, Physik. Berlin: Volk und Wissen, 1998, S. 64.
- /2/ Bochter, R.: Boden und Bodenuntersuchungen – Für den Unterricht in Chemie, Biologie und Geographie. Praxis Schriftenreihe Chemie Band 53, Aulis, Köln, 1995, S. 273.
- /3/ Enßlin, W.; Krahn, R.; Skupin, S.: Böden untersuchen. Quelle & Meyer Verlag, Wiebelsheim. 2000. Biologische Arbeitsbücher 52. S.349.
- /4/ Faltermeier, R.: Lebensraum Boden, Biologie – Praktischer Unterricht, Klett-Verlag, Stuttgart. 1996. S. 128.
- /5/ Fraedrich, W. (Hrsg.): Lernkartei III: Boden, Themen, Modelle, Materialien für die Unterrichtspraxis aller Schulstufen, Geographie heute. Verl.: Friedrich, Seelze, 1998, H. 161 S. 48.
- /6/ Gärtner, H.-J.; Sabel, P.; Sabel, K.-J.: Boden. Handreichung für das Wahlpflichtfach Kreuznach (Hrsg.); Heft 1 Mathematik-Naturwissenschaften der Realschule und für den fachübergreifenden projektorientierten Unterricht. Pädagogisches Zentrum des Landes Rheinland-Pfalz Bad-, 1998 S. 55.
- /7/ Riedel, W. (Hrsg.): Boden – Bodenkundliche Untersuchungen; Erosion in Norddeutschland; Das Salz der Erde; Sand, Lehm und Ton - Geographie heute. Verl.: Friedrich, Seelze, 1986, 42 S. 57.
- /8/ Slaby, P.: Wir erforschen den Boden – Materialien für den Unterricht – Bodenarten, Bodenbiologie, Bodenchemie, Schadstoffe. Die Werkstatt/AOL-Verlag, Göttingen. 1993.

##### 1.1.2 Fachliteratur

- /9/ Blume, H.-P. (Hrsg.): Handbuch des Bodenschutzes. Bodenökologie und –belastung, vorbeugende und abwehrende Schutzmaßnahmen. Ecomed, Landsberg/Lech, 1990, S.686.
- /10/ Fellenberg, G.: Boden in Not: vergiftet, verdichtet, verbraucht. Eine Lebensgrundlage wird zerstört. Stuttgart: TRIAS-Thieme Hippokrates Enke, 1994 S. 178.
- /11/ Gisi, U.; Schenker, R.; Schulin, R.; Stadelmann, F.X.; Sticher, H.: Bodenökologie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1990, S 304.
- /12/ Ministerium für Umwelt und Verkehr (Hrsg.): Boden, Böden, Bodenschutz in Baden-Württemberg. Stuttgart. H. 1 in der Reihe Boden. S.60.
- /13/ Ministerium für Umwelt und Verkehr (Hrsg.): Ich steh`auf Boden. Faltblatt
- /14/ Regierungspräsidium Karlsruhe (Hrsg.): Landschaften und Böden im Regierungsbezirk Karlsruhe. Stuttgart: E. Schweizerbart´sche Verl., 1999, S.96.
- /15/ Schlichting, E.: Einführung in die Bodenkunde. Pareys Studentexte 58. Paul Parey, Hamburg, Berlin. 1986 S.131.

- /16/ Scheffer, F.; Schachtschabel, P.: Lehrbuch der Bodenkunde. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart. 1992 S. 491.
- /17/ Aid (Hrsg.): Bodentypen – Nutzung, Gefährdung, Schutz. Bonn. 1999 S.54.

### 1.1.3 Bodenkunde übergreifend

- /18/ Held, G.; Mueller, K.: Medienkatalog zur Einführung bodenkundlicher Inhalte in den schulischen Unterricht. Fachhochschule Osnabrück, 1999, S. 96.
- /19/ Landesanstalt für Pflanzenbau Forchheim (Hrsg.): Erosionsschutz im Ackerbau. MRL Nr. 3 Juli 1993.
- /20/ Regierungspräsidium Karlsruhe (Hrsg.): Bodenkundlicher Lehrpfad Weiherfeld – „Dem Maulwurf auf die Schaufel geschaut.“ Karlsruhe. 1995. Faltblatt
- /21/ Sauerborn, P.; Wolf, G.: Wildpflanzen in der Stadt. Angepaßt aber nicht gesellschaftsfähig. Geographie heute. Verl. Friedrich, Seelze. 1999. H. 172. S. 28-31.
- /22/ Umweltministerium Baden-Württemberg (Hrsg.): Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit, Leitfaden für Planungen und Gestattungsverfahren. Luft, Boden, Abfall. Heft 31. 1995. S. 34.
- /23/ Wolf, G.; Sauerborn, P.: Umwelt ist da wo ich lebe. Ein ökologischer Lehrpfad in der eigenen Stadt. Geographie heute. Verl. Friedrich, Seelze. 1999. H. 174. S. 22-25.

### 1.1.4 weitere Literatur

- /24/ Steger, G.: Der verwandelte Garten. Ein Märchen über Heilpflanzen. Baintd/Ravensburg: Positives Leben, 1989, S. 101.
- /25/ Hermann-Bulbeck, H.; Svehla, A.: Der Mann mit den Bäumen – Unterrichtsprojekt für die Sekundarstufe 1 (9./10.Schülerjahrgang). Unterricht Biologie. Verl.: Friedrich, Seelze. 1994. H. 192, S. 35-39.
- /26/ Frädriich J.; Loewenfeld M.: Kinder, Umwelt und Natur. Ravensburger, 1994 S. 141.
- /27/ Gerhardt-Dircksen, A.; Brogmus, H.; Harting, W.: Blickpunkt Natur: Biologieunterricht rund um die Schule; Vorschläge, Informationen, Materialien, Kopiervorlagen. Aulis Verl. Deubner, Köln. 1992. S.212.
- /28/ Schlechta, I.: Köstliche Wildfrüchte und Wildgemüse. Gräfe und Unser Verlag, München. 1983. S. 147.
- /29/ Barbe-Baker, R.: Grüne Herrlichkeit. Die Wälder der Erde und ihre Geschichte. Brockhaus Wiesbaden. 1957. S. 219.

## 1.2 Dia

- /30/ s. Landesbildstelle

## 1.3 Spiele

- /31/ Jahn, K.; Herrmann, L. Jahn, R. Bodenquartett Boden-Quartett und Kleine Bodentypologie – Lernspiel Boden Hrsg.: Vereinigter Deutscher Gewässerschutz



## 1.4 Film/Video

- /32/ Mittendrin, in unserer Welt mit Peter Lustig: - Die Erde hat kein dickes Fell, Nr.: 4231122 VHS - Mutter Erde Nr.: 4231196 VHS - Boden, Erosion + Co Nr.: 4231171 VHS, 1988 Landesbildstelle Karlsruhe,
- /33/ ZDF-Serie: „Löwenzahn“: Geschichte vom Regenwurm Drehbuch Peter Lustig.
- /34/ „Der Mann mit den Bäumen“ verfilmt von Kubny W. Landesbildstelle Karlsruhe, 1994, Nr.: 4258171.
- /35/ Der Mann der Bäume pflanzt. Zeichentrick, Landesbildstelle Karlsruhe. 1987, VHS.

## 1.5 CD-ROM

- /36/ Bodenschutz Plus V.2.0, aid Bonn

## 1.6 Internet

- /37/ Landesanstalt für Umweltschutz: Bofaweb (Bodenschutz-Lehrerinformation im World-Wide Web) in Baden-Württemberg, Karlsruhe: [www.lfu.baden-wuerttemberg.de](http://www.lfu.baden-wuerttemberg.de)
- /38/ Globe Germany: [www.globe-germany.de](http://www.globe-germany.de)
- /39/ Bodenkunde für Lehrer: [www.globe.der.de/Lehrerhandbuch/Bodenkunde/bodenkunde.htm](http://www.globe.der.de/Lehrerhandbuch/Bodenkunde/bodenkunde.htm)
- /40/ Bodenkundliche Bilder: <http://homepage.boku.ac.at/h9440111/dt/boden/ende.htm>
- /41/ Bodenkunde Erklärungen, übersichtliche Zeichnungen und Bilder: [www.payer.de/cifor/cif0201.htm](http://www.payer.de/cifor/cif0201.htm)
- /42/ Suchmaschine zum Thema Boden: [www.altavista.digital.com](http://www.altavista.digital.com)
- /43/ Umweltinformationsnetz Deutschland. German Enviromental Informations Network Gein 2000 <http://www.gein.de>
- /44/ BodenLehrerinformationssystem (Bofaweb) in Baden-Württemberg (Metadaten und Primärdaten) <http://www.uvm.baden-wuerttemberg.de/bofaweb/welcome.htm>
- /45/ Medienkatalog zur Einführung bodenkundlicher Inhalte in den schulischen Unterricht [www.aw.fh-osnabrueck.de](http://www.aw.fh-osnabrueck.de) (unter Bodenwissenschaften)

## 2 **Abbildungsverzeichnis**

**Blume, H.-P.:** Abb. 12

**Bodenschutz Plus, aid:** Abb. 7, 8, 11, 20, 21, 24, 26, 29

**Buchleither, Y.:** 1, 4, 37, 42, 45, 48, 49, 50, 52, 54, 55, 57, 66, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 82, 85,

**Enßlin, W.:** Abb. 35

**Fellenberg, G.:** Abb. 22, 25, 30, 31, 58

**Fraedrich, W.** Geographie heute: Abb. 18, 23, 36, 47

**Gerhardt-Dircksen, A.:** Abb. 67

**Internet, [www.hoehle.de](http://www.hoehle.de):** Abb. 2, 3

**Knirsch R.R:** Abb. 16, 17, 19

**Landesanstalt für Pflanzenbau, Forchheim:** Abb. 84

**Landesanstalt für Umweltschutz, Karlsruhe:** Abb. 33, 53

**Naturwissenschaften Boden:** Abb. 13, 56, 68,

**Preissler, Manuela:** Abb. 6, 43, 44

**Regierungspräsidium Karlsruhe:** Abb. 32, 34, 59, 62

**Scheffer, F. Schachtschabel, P.:** Abb. 5

**Werkforum, Fossilienmuseum:** Abb. 51

### **3 Adressen/Ansprechpartner**

#### **3.1 Kunst / Exkursionen / Lehrpfade**

##### **3.1.1 Kunst mit Boden – Bodenkunst**

Kurse für Schulklassen, gestaltet von, *Manuela Preissler, Killertalstr. 30, 72379 Hechingen*,  
Tel.: 07477 / 8160

##### **3.1.2 Bodenkundlicher Lehrpfad Karlsruhe-Weiherfeld**

*Regierungspräsidium Karlsruhe, Ref. Gewässer und Boden, 76247 Karlsruhe*, Tel.:  
0721/926-0, Fax: 0721/370546, <http://www.rp.baden-wuerttemberg.de>

##### **3.1.3 Bodendauerbeobachtungsflächen**

*Landesanstalt für Umweltschutz, Ref. Bodenkunde, Bannwaldallee, 76138 Karlsruhe*, Tel.:  
0721/983-0, [www.lfu.baden-wuerttemberg.de](http://www.lfu.baden-wuerttemberg.de)

##### **3.1.4 Steinbruch, Kiesgruben Führung – Steine im Fluss**

*ISTE – Industrieverband Stein und Erden, Umweltberatung, Robert- Bosch- Str. 30, 73760 Ostfildern*, Tel.: 0711/34837-0

##### **3.1.5 Naturschutzzentrum Karlsruhe- Rappenwört – typische Auenlandschaft**

*Naturschutzzentrum Karlsruhe- Rappenwört, Hermann-Schneider-Allee 47, 76189 Karlsruhe*,  
Tel.: 0721/950470, Fax: 0721/9504747, Email: [info@nazka.de](mailto:info@nazka.de)

##### **3.1.6 Karstkundlicher Wanderweg**

<http://www.lai.de/~lailhoeh/Wanderweg/index.html>

##### **3.1.7 Tropfsteinhöhlen – Höhlen; Besuchsbergwerke**

Wandern und Radwandern in Baden-Württemberg Landesvermessungsamt Baden-Württemberg Stuttgart (Karten und Informationen zu Höhlen, Besucherbergwerke, speziellen Wanderwegen, etc. ); *Landesvermessungsamt Baden-Württemberg Postfach 102962, 70025 Stuttgart*, Tel.: 0711/13-2831,

<http://www.hoehle.de/07Hoehle/Hoehle.htm>,

<http://www.bubis.com/showcaves/german/de/index.html>

Tropfsteinhöhlen (Beispiele)

- |    |                                     |                  |                 |
|----|-------------------------------------|------------------|-----------------|
| 1. | Bären- und Karlshöhle bei Erpfingen | 72820 Sonnenbühl | Tel.: 07128/635 |
| 2. | Nebelhöhle bei Genkingen            | 72820 Sonnenbühl | Tel.: 07128/605 |

3.	Eberstädter Tropfsteinhöhle	74722 Buchen	Tel.: 06292/225 (578)
4.	Erdmannshöhle	79686 Hasel	Tel.: 07762/9307
5.	Kolbingerhöhle	78600 Kolbingen	Tel.: 07463/8534
6.	Laichinger Tiefenhöhle	89150 Laichingen	Tel.: 07333/44114 (5586)

### 3.1.8 Kompostieranlagen / Abfalldponien

Allgemein: Bei allen Ämtern für Abfallwirtschaft, z.T. auch organisierte Führungen *Stadt Karlsruhe, Amt für Abfallwirtschaft, 76124 Karlsruhe, 0721 / 133-1003, 0721 / 133-7004*

## 3.2 Museen

### 3.2.1 Allgemein

Übersicht zu Museen in Baden-Württemberg, Landesvermessungsamt Baden-Württemberg: Museumskarte Baden-Württemberg: *Landesvermessungsamt Baden-Württemberg, Postfach 102962, 70025 Stuttgart*; Tel.: 0711/13-2831

### 3.2.2 Erdgeschichtliche Museen mit Sammelmöglichkeit

1. Urwelt-Museum Hauff, Holzmaden, Tel.: 07023/2873, [www.urweltmuseum.de](http://www.urweltmuseum.de)
2. Fossilienmuseum im Werkforum, Rohrbach Zement, Dotternhausen, Tel.: 07427/79-211, [www.rohrbach-zement.de](http://www.rohrbach-zement.de)

## 3.3 Medienquellen

1. *Aid, Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Konstantinstr. 124, 53179 Bonn*, Tel.: 0228/84990
2. Gästezeitung Schwäbische Alb, (Jährlich eine Zeitung), 72574 Bad Urach, Marktplatz 1, Tel.: 07125/948106, Internet: [www.schwaebischealb.de](http://www.schwaebischealb.de)
3. Landesbildstelle Baden Karlsruhe, Tel.: 0721/8808-0, Internet: [www.lbb.bw.schule.de](http://www.lbb.bw.schule.de), (Stichwort: Medienkatalog, Bodenkunde und Kulturtechnik)
4. *Landesvermessungsamt Baden-Württemberg, Postfach 102962, 70025 Stuttgart*, Tel.: 0711/123-2831, (Karten und Informationsmaterial)
5. *Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg, Postfach 103439, 70029 Stuttgart*, (Infomaterial zum Thema Boden, Literatur 11 + 12, Karten), Internet: [www.uvm.baden-wuerttemberg.de](http://www.uvm.baden-wuerttemberg.de)
6. *Vereinigter Deutscher Gewässerschutz e.V., Matthias Grünwald Str. 1-3, 53175 Bonn* Fax.: 0228 / 375515, [www.gewaesserschutz-ev.de](http://www.gewaesserschutz-ev.de)

## Anhang 5 Glossar

<b>Acidität</b>	der Gehalt als in Ionen zerfallene (dissoziierte ) Wasserstoffe und an austauschbaren Aluminium.
<b>Adhäsionskräfte</b>	sind molekulare Anziehungskräfte zwischen unterschiedlichen Stoffen, z.B. Kreide an der Tafel, haften von Wassertropfen an der Glasscheibe.
<b>Arid</b>	trocken, dürr wüstenhaft; die Verdunstung ist stärker als der Niederschlag.
<b>Branntkalk</b>	entsteht beim Erhitzen von Kalk auf 1.000°C und unter Abgabe von Kohlendioxid. Branntkalk ist Calciumoxid CaO.
<b>Bodenart</b>	Die Böden besitzen eine bestimmte Zusammensetzung der Korngrößen (Sand, Schluff, Ton) daraus ergeben sich die Bodenarten Sand, Schluff, Ton und Lehm.
<b>Bodenmonolith</b>	ein Stück festgefügtter Boden, der nicht sofort zerfällt, Erdklumpen.
<b>Bodentyp</b>	Böden mit einer bestimmten Horizontabfolge, aufgrund gleicher oder ähnlicher Entwicklung.
<b>Dissoziationsfähig</b>	z.B. Wasserstoff der zu einem Wasserstoffion $H^+$ bzw. $H_3O^+$ - Ionen zerfällt.
<b>Exsikkator</b>	ein dickwandiges Glasgefäß zum austrocknen oder trocknen von Chemikalien
<b>Fulvosäuren</b>	Fulvosäuren Bestandteile der Huminstoffe. Sie sind in dem alkalischen Bodenextrakt nicht säurefällbar. Ihr Molekulargewicht ist niedrig.
<b>Gefügestufe</b>	die räumliche Anordnung der festen Bodenbestandteile bilden unterschiedliche Formen – Bodengefüge aus. Das Bodengefüge beeinflusst u.a. den Wasser, - und Lufthaushalt, die Durchwurzelbarkeit, die Verfügbarkeit der Nährstoffe.
<b>Humifizierung</b>	Huminstoffbildung im Boden mit Hilfe der Bodenorganismen
<b>Huminsäuren</b>	Bestandteil der Huminstoffe. Huminsäuren werden durch starke Säuren aus dem alkalischen Bodenextrakt wieder ausgefällt. Sie besitzen ein hohes Molekulargewicht.
<b>Huminstoffe</b>	hochmolekulare organische Verbindungen von meist dunkler Farbe. Unterteilung nach strukturchemischen Gesichtspunkten in Huminsäuren, Fulvosäuren und Humine.
<b>Humus</b>	ist die Gesamtheit der organischen Substanzen - abgestorbene pflanzliche und tierische Stoffe sowie deren Umwandlungsprodukte - des Boden.
<b>Hydrolyse</b>	Spaltung eines Moleküls durch die chemische Reaktion mit Wasser.
<b>Kapillarwasser</b>	Kapillare sind Röhren mit kleinem Innendurchmesser. In diesen Kapillaren steigt das Wasser von unten nach oben. Das Wasser ist bestrebt die Oberfläche gegen Luft zu verkleinern. Das Wasser steigt in den engsten Poren am

	<p>höchsten und in Poren mit unregelmäßigen Formen höher als in kreisförmigen. Das Kapillarwasser steigt wenn die Adhäsionskräfte größer sind als die Kohäsionskräfte bewirken.</p>
<b>Kohäsionskräfte</b>	<p>Kräfte die zwischen den Molekülen ein und desselben Stoffes wirken. Sie bewirken den Zusammenhalt.</p>
<b>Lessivierung</b>	<p>bezeichnet die Abwärtsverlagerung von Bestandteilen der Tonfraktion im festen Zustand (Tonverlagerung). Dabei verarmt der obere Horizont an Ton, während der untere Teil damit angereichert wird.</p>
<b>Löschkalk</b>	<p>Wird Branntkalk mit Wasser gemischt entsteht Lösch-Kalk = Calciumhydroxid <math>\text{Ca}(\text{OH})_2</math></p>
<b>Mineralisierung</b>	<p>Abbau von organischer Substanz durch Mikroorganismen bis zu den Mineralstoffen.</p>
<b>Mykorrhiza</b>	<p>ist die Symbiose zwischen den Wurzeln höherer Pflanzen und Pilzen. Wesentlich ist bei dieser Mykorrhiza der Stoffaustausch zwischen den beiden Partnern.</p>
<b>Mythologie</b>	<p>griechisch ursprünglich im Sinn von Göttersage - Bezeichnung für den Vortrag des Mythos (Wort, Rede, Erzählung, Fabel), Erzählung vom Handeln der Götter.</p>
<b>Pufferkapazität</b>	<p>die Fähigkeit bestimmte Stoffe wie z.B. <math>\text{H}^+</math> aufzunehmen, ohne dass sich z.B. der pH-Wert ändert.</p>
<b>Schluff</b>	<p>bezeichnet die Bodenart mit der Korngrößenverteilung 0,002 bis 0,063 mm. Schluff ist bei der Fingerprobe mäßig formbar, mehlig und schmutzt nicht.</p>
<b>Semiarid</b>	<p>ähnlich wie arid, jedoch ist hier an einigen Monaten auch der Niederschlag stärker als die Verdunstung.</p>
<b>Stechzylinder</b>	<p>Metalldose mit definiertem Volumen und zwei Deckeln. Zum Bestimmen des Wassergehalts, Porenvolumens, der Bodendichte von Böden.</p>
<b>Suspension</b>	<p>nicht gelöste aber feinverteilte Teilchen in einer Lösung, Nachweis über den Tyndalleffekt. (Vergleich mit Sonnenstrahlen, die durch Staubpartikel sichtbar werden).</p>
<b>Totwasser</b>	<p>ist das Wasser, das mit höherer Spannung im Boden gehalten wird, so dass die Pflanzenwurzeln es nicht mehr nutzen können. Die Pflanzen welken, deshalb wird diese Wasserspannung (<math>pF &gt; 4,2</math>) auch als der Permanente Welkepunkt (PWP) bezeichnet.</p>
<b>Verwitterung</b>	<p>Veränderung (in Größe und Zusammensetzung) der Minerale und der Gesteine an der Erdoberfläche.</p>
<b>Wasserkapazität</b>	<p>die Fähigkeit des Bodens, Wasser zu halten.</p>

1 ha	= 100 a = 10.000 m <sup>2</sup>
1 km <sup>2</sup>	= 100 ha = 1.000.000 m <sup>2</sup>
1 m	= 100 cm = 10.000 mm
1 mm	= 1.000 µm
1 µm	= Mikrometer (10 <sup>-6</sup> m)
ppm	= Parts per million, Teile auf eine Million, z.B. mg/kg
mol	= Einheit des Molekulargewichts; die Menge einer Substanz, die der relativen Molekularmasse dieser Substanz entspricht; 1 mol Wasser = 18,02 g Wasser