Landeshauptstadt Hannover

Hannover

Schulbiologiezentrum

7.7

Pflanze und Boden

Herausgeber: Landeshauptstadt Hannover
Schulbiologiezentrum

"

Titel: **Pflanze und Boden**

Arbeitshilfe Nr. 7.7
(Neubearbeitung)

Verfasser: Angela Wehrenberg (Stenzel), März 1981
Neubearbeitung Gabi Neuhaus-Närmann, April 1988
Neubearbeitung Ingo Mennerich, Februar 2006

Redaktion und Layout Ingo Mennerich, Günter Grott
Zeichnung Titelbild Annika Sperling

Herausgeber Landeshauptstadt Hannover
Fachbereich Bibliothek und Schule
Vinnhorster Weg 2
30419 Hannover
Tel.: 0511-168-47665/7
Fax: 0511-168-47352
Email: schulbiologiezentrum@hannover.de
Internet: www.schulbiologiezentrum-hannover.de
www.foerderverein-schulbiologiezentrum.de

Hannover 2006

Inhalt

1. Didaktische Hinweise 2

2. Allgemeine sachliche Hinweise zum Thema Boden 3

2.1 Was ist: Boden? 3
2.2 Wie entstehen Böden? 4
2.3 System: Pflanze / Boden 11

3. Sachliche Hinweise zu den von uns gelieferten Bodenarten 15

3.1 Torf 15
3.2 Sand 15
3.3 Rindenhumus 16
3.4 Landerde, sandig 16
3.5 Landerde, tonig 17
3.6 Kompost 17

3.7 Tabellarische Zusammenfassung der gelieferten Böden 18
3.8 Tabellen 18

4. Hinweise zum Radieschen 19

5. Allgemeine methodische Hinweise 20

6. Versuche 21
6.1 Untersuchung eines Erdgemisches durch Schlämmen 22
6.2 Untersuchung verschiedener Bodenarten 24
6.3 Untersuchung der Wasserdurchlässigkeit verschiedener Bodenarten 26
6.4 Untersuchung der Wasserhaltekraft verschiedener Bodenarten 28
6.5 Radieschenaussaat auf verschiedenen Bodenarten 30
6.6 Radieschenernte (verschiedene Bodenarten) 32

7. Die Lieferung des Schulbiologiezentrums 33

8. Literatur 33

9. Ausleihbares Material des Schulbiologiezentrums 34

10. Anhang (Einfache Bestimmungshilfe für Böden) 37

Kurzbeschreibung:
Die Lieferung „Pflanze und Boden“ wird jedes Jahr im Frühjahr vom Schulbiologiezentrum Hannover kostenlos für die Schulen der Stadt Hannover bereitgestellt. Sie umfasst 6 Tüten mit unterschiedlichen Erden, 6 Töpfe und eine Tüte Radieschensamen. Diese Arbeitshilfe versucht eine didaktische Einordnung des Themas, beschreibt Beziehungen zwischen Pflanze und Boden, die gelieferten Erden und Experimente zu Boden und Pflanzenkeimung. Zusätzliche Materialien (*) zum Thema Boden sind über die Leihstelle des Schulbiologiezentrums erhältlich.

1. Didaktische Hinweise

Die Böden bilden auf der Erde nur eine hautartige dünne Lockerdecke von durchschnittlich 1/2 bis 2 m Stärke. Diese dünne Haut stellt zugleich das “Gesicht“ der Erde dar. Von der Ergiebigkeit und des Zustandes der Böden hängt die Ernährung der gesamten Menschheit, der Pflanzen und der Tiere ab.
Während frühe Menschen als Sammler und Jäger das Thema “Boden“ kaum wahrnahmen, spielte es auch für den Ackerbau solange keine Rolle, wie sich der Boden durch Brache und Naturdüngung nur wenig vom Naturzustand entfernte. Sieht man von den katastrophalen durch Abholzung verursachten Bodenveränderungen z.B. im Mittelmeerraum während der Römerzeit ab, so wird der Boden in großem Stil erst mit dem Aufkommen einer landwirtschaftlichen Erzeuger-Industrie gefährdet. Die Eingriffe wirken sich erst langfristig aus und sind wegen ihrer komplexen Wirkungen nur schwer fassbar. Es gehört ohne Zweifel zu den Aufgaben des Biologieunterrichtes, den Schüler zur Verantwortung sich selbst und der künftigen Menschheit gegenüber zu führen („Nachhaltigkeit“). Gerade deshalb darf die Bodenkunde nicht aus den Curricula ausgeklammert werden.
Das Thema „Boden“ ist über die Ausgangssubstrate der Bodenbildung eng mit der Geologie verzahnt, die im Schulbiologiezentrum durch den im Jahre 2003 eingerichteten GeoGarten vertreten ist. Bodenkundliche Aspekte zeigt unser „Garten für ökologische Kleinexperimente“. Hier finden sich sowohl Beispiele für Spontanbesiedlung auf unterschiedlichen Böden wie auch für Zersetzung und Mineralisation organischer Stoffe durch Kleintiere und Bakterien.
Das Thema “Pflanze und Boden“ umfasst folgende didaktische Aspekte:

- Bedeutung im Rahmen des Welternährungsproblems
- Bedeutung im Rahmen des Umweltschutzgedankens (Bodenerosion, Belastung durch Pestizide und durch Düngung)
- Boden als wichtiger Bestandteil des Stoffkreislaufs
- Erarbeitung wichtiger fachspezifischer Aspekte der Pflanzenmorphologie, besonders der Wurzel
- Pflanzenphysiologie
- Bodenkunde

In der Primarstufe können Grundlagen erarbeitet werden. Hier wird die eigentliche Problemstellung vorbereitet. Am Ende der 6. Klasse sollten folgende konkrete Erkenntnisse stehen (Lernzielangabe):

1. Böden sind unterschiedlich zusammengesetzt. Die Unterschiede beziehen sich auf die Bestandteile Humus, Sand und Ton.
2. Bodenart und -qualität können durch geeignete Versuche erforscht werden (Kenntnis von Methoden).
3. Der Ertrag eines Bodens ist vom Gehalt an Nährsalzen abhängig (wobei noch keine Analyse der Nährsalzzusammensetzung gemeint sein kann. Hierzu fehlen die Vorkenntnisse).

Für die einzelnen Schulstufen können folgende Hinweise gegeben werden:

Primarstufe
Pflanzen sind unter der Erde genauso umfangreich wie über der Erde. Die Wurzeln ernähren und verankern die Pflanze.

Frühe Sekundarstufe (Klasse 5 und 6)
Kennen lernen der Bodenbestandteile Humus, Sand, Ton. Praktischer Umgang mit Nährsalzen und natürlichem Dünger bei der Pflanzenpflege. Die Bodenarten Torf, Lehm, Sandboden. Die Begriffe leichter und schwerer Boden. Die Abhängigkeit der Pflanzen von Licht, Luft, Wasser, Wärme und Nährsalzen. Grundbegriffe wie Wasserdurchlässigkeit und Wasserhaltekraft. Die Erarbeitung erfolgt möglichst durch Versuche.

Sek. I (bis Klasse 8)
Erweiterung der Grundbegriffe durch Kenntnis der Herkunft einiger Böden; die schulgemäße Erarbeitung eines Bodenprofils ist empfehlenswert.

Sek. II
Bodenleben und Bodengare; Tatsache und Wirkung der Bodensäure; Alterung von Böden. Auswirkungen eines Raubbaus am Boden. Verantwortung des Menschen für die Böden als "Haut der Erde".

Diese Aufteilung ist kein starres Schema. Auch ist das Thema Boden nicht isoliert zu sehen, sondern stets im Zusammenhang mit der Pflanze. Es verzahnt sich danach zum Beispiel das Thema "Keimversuche" auf das engste mit diesem Thema.

Die Begründung dieses Themas für die Altersstufe bis zum 6. (7.) Schuljahr ist aber nicht nur in der Wichtigkeit des Fachlichen zu sehen. Rein methodisch müssen die Grundverfahren erlernt werden. Zu diesen gehört neben dem Untersuchen, Beschreiben, Protokollieren usw. der geplante Versuch, der von einer Frage ausgehen über eine Hypothese (Vermutung) zu einer Versuchsanordnung kommt, die eindeutig auf die Beantwortung der gestellten Frage abzielt. Hierzu müssen die Schüler regelrecht erzogen werden. Die Handlungsfreudigkeit im 4. - 6. Schuljahr ergibt diese einmalige Möglichkeit.

Es hat sich im Verlauf mehrerer Jahre gezeigt, dass die gebotene Versuchsanordnung der Materiallieferung sowohl sach- als auch altersangemessen ist.

2. Allgemeine sachliche Hinweise zum Thema Boden

2.1 Was ist Boden

Böden sind (in Anlehnung an die Definition von W. Laatsch und E. Schlichting) von der Erdoberfläche bis zum Gestein reichende Ausschnitte aus der Pedosphäre. Als Pedosphäre bezeichnet man den Bereich der Erde, in dem sich

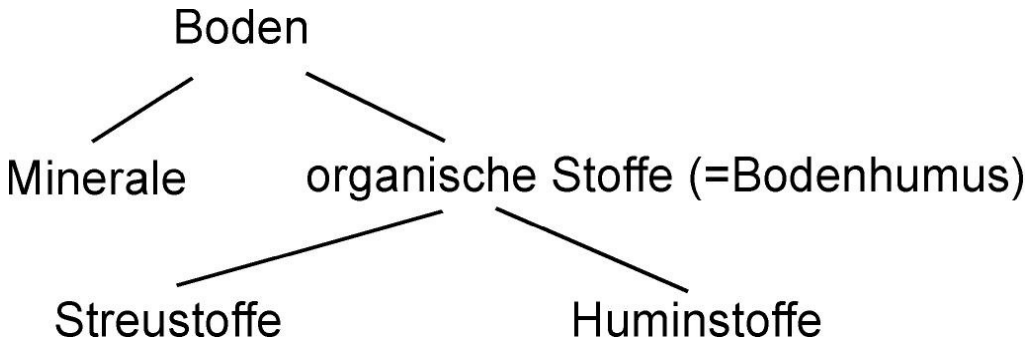
- die Atmosphäre - mit ihrem Luftgehalt,
- die Lithosphäre - mit dem verwitternden Gestein und
- die Biosphäre - mit ihren Tieren, Pflanzen und deren Resten durchdringen.

Alle diese Komponenten sind in einer fortlaufenden Veränderung (Verbrauch, Verarbeitung, Erneuerung) begriffen. Sie sind voneinander abhängig, die Auswirkungen schwer überschaubar und sehr komplex. Die Fähigkeit des Bodens, den Pflanzen als Standort zu dienen und Erträge an Biomasse zu erzeugen, bezeichnet man als Bodenfruchtbarkeit.

Sie ist bedingt durch die Gesamtheit der physikalischen, mineralogischen, chemischen und biologischen Eigenschaften eines Bodens. Hieraus ergibt sich die konkrete Frage:

Woraus besteht Boden?

Boden setzt sich aus Mineralen und organischen Stoffen zusammen.



Die vom Ausgangssubstrat (Geologie!) und der Verwitterung (Klima!) abhängigen Minerale unterscheiden sich voneinander in Größe und Art. Die Streustoffe lassen teilweise noch Gewebestrukturen abgestorbener Pflanzen und Tiere erkennen, während die Huminstoffe (s. Tabelle Schlichting) als dunkelbraune bis schwarze Kolloide vorliegen. Durch eine bestimmte Anordnung von Mineralen und Humus entsteht im Bodenraum ein Bodengefüge mit Hohlraumsystem, das sich aus Poren unterschiedlicher Größe und Form zusammensetzt. Größere Poren (Ø größer als 10 mm) enthalten hauptsächlich Luft (N_2, O_2, CO_2, jedoch teilweise in anderen Mengenverhältnissen als in der Atmosphäre), wohingegen die mittleren und kleineren Poren (Ø kleiner als 10 mm) mit einer Bodenlösung (H_2O, org. Stoffe, Salze, Gase) angefüllt sind.

2.2 Wie entstehen Böden?

Wenn man mit einem Erdbohrer* eine Bodenprobe zieht oder ein Bodenprofil (s. Hager, S. 67) untersucht, so sind Lagen zu erkennen, die sich in Farbe und Konsistenz unterscheiden. Diese Lagen werden als Horizonte bezeichnet. Sie deuten darauf hin, dass ein Boden ein Naturkörper ist, bei dem das Ausgangsgestein unter den Einflüssen eines bestimmten Klimas und einer bestimmten streuliefernden Vegetation durch bodenbildende Prozesse (Verwitterung und Mineralbildung, Zersetzung und Humifizierung, Gefügebildung und Verlagerung) umgewandelt wurde (Blume, BU. 4; 1976). Zum besseren Verständnis werden Bodenhorizonte mit Buchstabensymbolen gekennzeichnet.

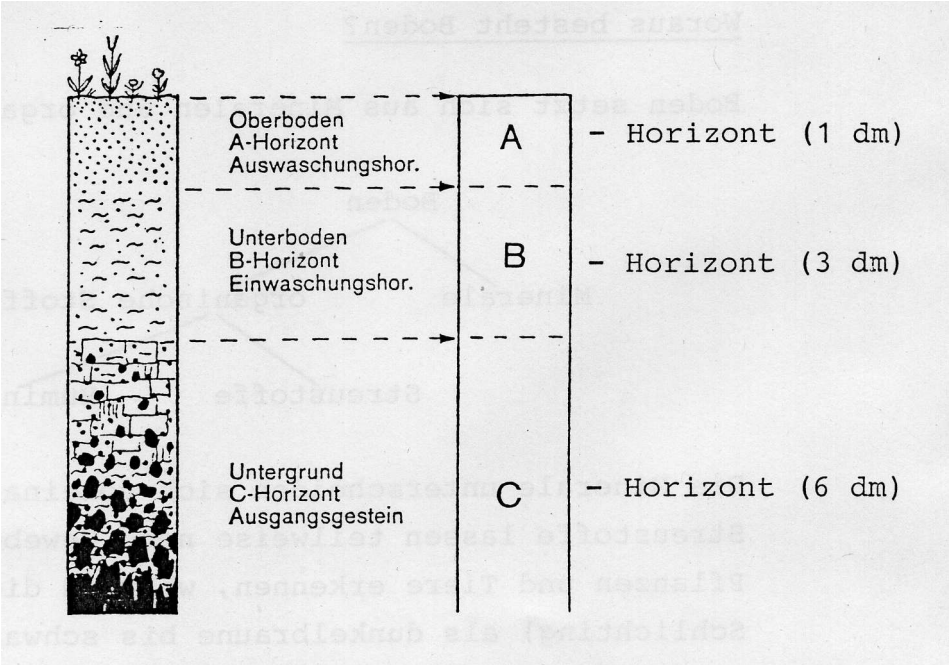


Abb. 1: Das Bodenprofil
(dargestellt am Beispiel einer für Norddeutschland typischen Braun- oder Parabraunerde)
(Aus "Wald und Boden" Hager: BU, 3/1967; S. 68)

Der Oberboden wird als A - Horizont bezeichnet.

Eigenschaften:
- dunkelbraun bis schwarz
- krümelige Struktur
- 10 - 30 cm stark
- Auswaschungshorizont
- enthält reiches Bodenleben

Darunter liegt der Unterboden oder B - Horizont (s. Abb.).

Eigenschaften:
- rötlich-rotbraun, immer hellere Farbabstufungen als A - Horizont
- nährstoffreich
- Anreicherungen
- Ausfällungen und Verdichtungen durch Salze, die aus dem A - Horizont ausgewaschen sind
  → Einwaschungshorizont
- Konsistenz: teilweise plastisch

Der C - Horizont wird vom Ausgangsgestein gebildet, das auch aus Sand bestehen kann und als Untergrund bezeichnet wird.

Eigenschaften:
- Verwitterungszone des Gesteins
- Konsistenz: größere und kleinere Gesteinsbrocken
- nährstoffarm

Die Bezeichnung des Ausgangsgesteins als “Horizont“ ist nicht ganz exakt, da er nach der Definition des Bodens (s. vorne) nicht zum Boden gehört und daher nur aus Gründen einer einheitlich begrifflichen Gliederung des Profils als Horizont bezeichnet wird (Scheffer-Schachtschabl, S. 310).

Wie wird aus einem festen Gestein ein lockerer Boden?

Das feste Gestein wird angegriffen durch
1. Druckentlastung,
2. Wärmesprengung,
3. Frostsprengung und
4. Wurzelsprengung.

Hier bieten sich Versuche an, die zeigen, wie Gestein verwittert:
Dazu gehört
- das mechanische Zerkleinern von Steinen, etwa in einer Trommel oder einer gut durchgeschüttelten Kiste
- das Erhitzen und Erkalten lassen von Steinen
- der chemische Angriff, zum Beispiel von Säure (verdünnte Salzsäure) auf Kalkstein
- Keimung von Erbsen in Gips

Durch den Zerfall des Rohgesteins entstehen Bodenpartikel unterschiedlicher Größe. Zur Kennzeichnung wird folgende Einteilung gewählt:

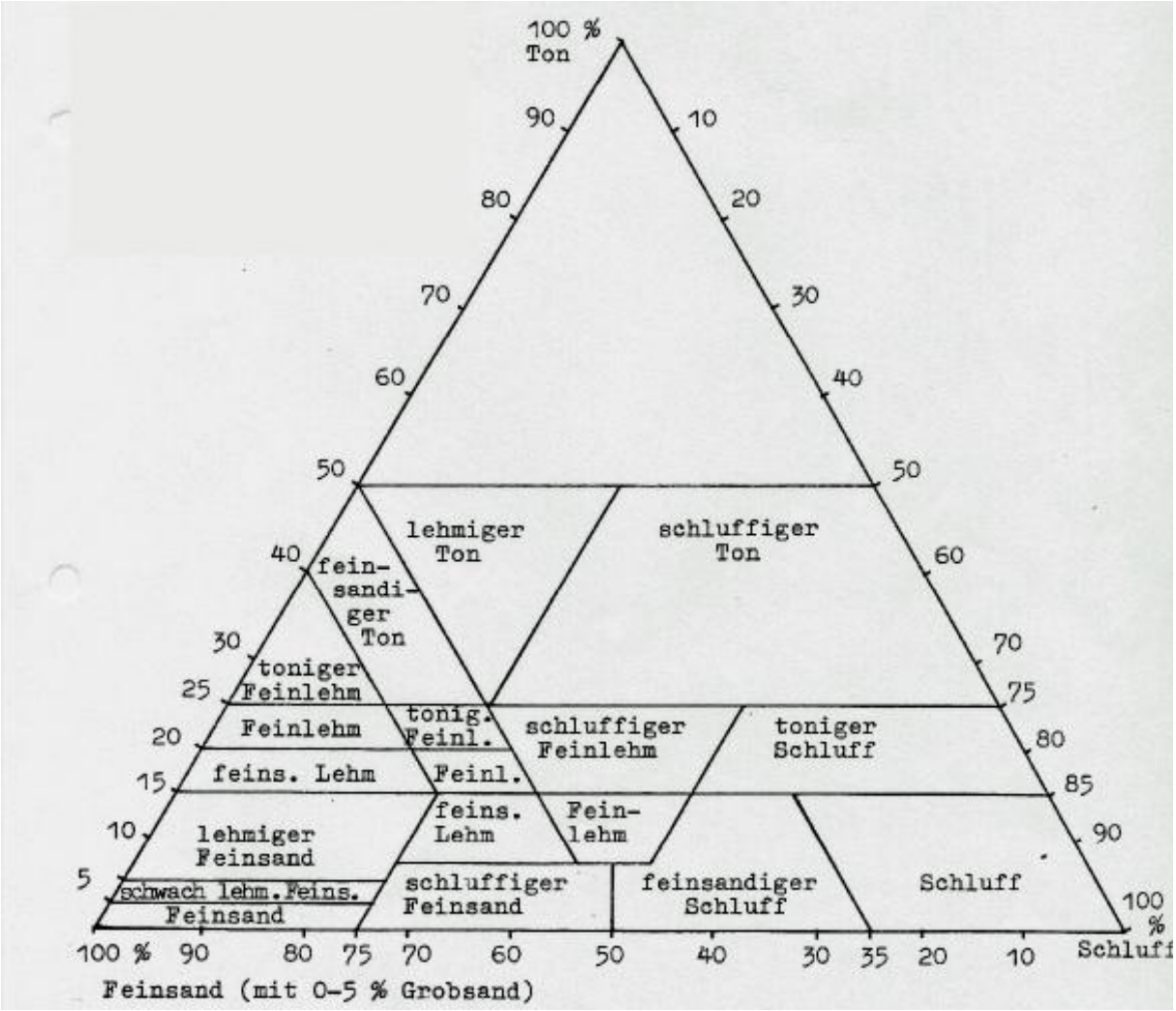
Steine	Kies	Sand	Schluff	Ton
> 60 mm Ø	60-2 mm Ø	2-0,06 mm Ø	0,06 - 0,002 mm Ø	< 0,0002 mm Ø

(s. auch Abb. 2).

Während Steine, Kies und Sand sich mit Hilfe von Bodensieben* bestimmen lassen, können Schluff und Ton nur durch Aufschlämmen in Wasser getrennt werden (s. Versuch Nr. 5.1).

Schlämmkorn		mm Ø
	Feinstes (Ton)	0…..0,002
	Schluff	0,002…0,06
Siebkorn		
	Fein	0,06…0,2
	Mittel-Sand	0,2…0,6
	Grob	0,6...2
	Kies	2...20
Gröbstes		
	Steine, Grobkies	20…200
	Blöcke	größer als 200

Alle Bodenarten sind aus gleichen Korngrößengruppen, aber in wechselndem Mengenanteil zusammengesetzt. In Deutschland wird vorwiegend die folgende Gliederung angewandt.
(s. Abb.2) (aus: Müller, Böden unserer Heimat 1969, S.14)

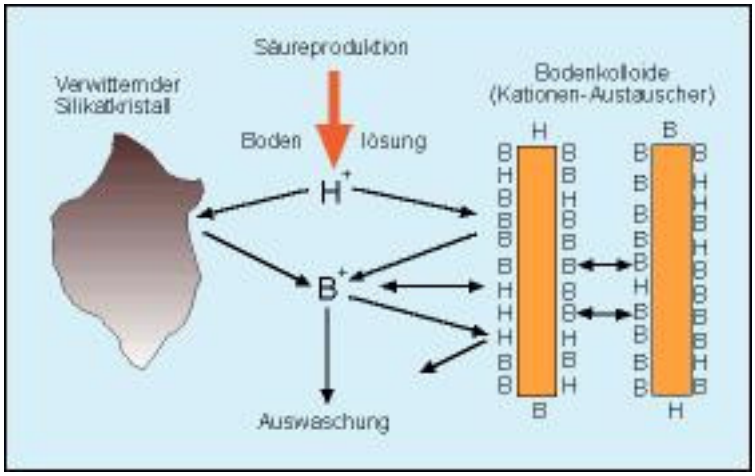


Koordinatensystem der feinkörnigen Böden (Böden mit 0-5 % Grobsand).
Nach W. Laatsch

<u>Warum ist der Unterboden braun und teilweise plastisch?</u>

Mit dem Regenwasser gelangt CO_2 (Kohlendioxid) als H_2CO_3 (Kohlensäure) gelöst in den Boden (im industriereichen Mitteleuropa auch viel H_2SO_4). Außerdem entsteht CO_2 durch mikrobielle Vorgänge und durch die Atmung der Pflanzen. Die Säure löst Minerale, wobei ein Teil der Lösungsprodukte zu neuen, außerordentlichen feinkörnigen Mineralen führt (durch Umlagerung und Neubildung), die als Tonminerale bezeichnet werden und den Boden plastisch werden lassen.

Abb. 3:



(nach LAATSCH, verändert nach Lerch S. 129)

B = Basen

Tonminerale bestehen vorwiegend aus Aluminium, Schwefel, Sauerstoff und Wasserstoff (Al, S, O, H).

Die wichtigste Eigenschaft der Tonminerale ist die Fähigkeit, H_2O, Alkali- und Erdalkaliionen zu binden (Sorptionsfähigkeit). Die Mehrzahl der für die Pflanze wichtigen Salz-Ionen wird dabei durch Adsorption an der Oberfläche der Tonminerale festgehalten (Sorptionskomplex). Das Tonmineralteilchen ist vereinfacht als riesiges Anion anzusehen, das mit einer Wasserhülle (Hydrathülle) umgeben ist.
Durch die dipolähnlichen Wassermoleküle werden Kationen angezogen, die aber nur locker gebunden werden können. Gerade diese Ionen sind es, die die Pflanze für ihr Wachstum benötigt. Der absolute Nährstoffgehalt eines Bodens hingegen ist für die Pflanzen nicht ausschlaggebend, sondern allein Art und Menge der verfügbaren Salzionen. Sie werden von den Tonmineralen auf dem Wege des Ionenaustausches langsam an den Boden (bzw. die Pflanzenwurzel) wieder abgegeben. Dieser Ionenaustausch, nämlich die Fähigkeit, Ionen aus der Bodenlösung zu adsorbieren und äquivalente (gleichwertige) Mengen anderer Ionen an die Lösung abzugeben, ist auch für die Bodeneigenschaften von großer Bedeutung.

Der Ionenaustausch führt zu einer Beeinflussung des Bodengefüges, des Wasser- und Lufthaushaltes und der biologischen Aktivität (z. B. Entwicklungsvorgänge), die zur Bildung verschiedener Bodentypen führen.

Ein weiterer Faktor, der die chemischen, physikalischen und biologischen Eigenschaften eines Bodens beeinflusst, ist die Bodenacidität (= Bodensäure, pH-Wert).Man versteht darunter die Fähigkeit des Bodens, (positiv geladene) Protonen abzugeben (s. Scheffer-Schachtschabl, S. 144). Die Bodenacidität richtet sich vorwiegend nach dem Vorhandensein von austauschbaren Ca-, Mg-, K- und Na-Ionen durch Al- und H-Ionen.

Der Austausch wird durch

1. das Sickerwasser und
2. den Nährstoffentzug der Pflanzen hervorgerufen.

Die Einteilung der Böden nach ihrem pH-Wert kann nach folgender Tabelle erfolgen:

Abb. 4: Einstufung der Böden nach dem pH (KCl)

Reaktionsbezeichnung	pH	Reaktionsbezeichnung	pH
neutral	7,0		
schwach sauer	6,9 - 6,0	schwach alkalisch	7,1 - 8,0
mäßig sauer	5,9 - 5,0	mäßig alkalisch	8,1 - 9,0
stark sauer	4,9 - 4,0	stark alkalisch	9,1 - 10,0
sehr stark sauer	3,9 - 3,0	sehr stark alkalisch	10,1 - 11,0
extrem sauer	< 3,0	extrem alkalisch	> 11,0

(aus: Scheffer-Schachtschabl, S. 153)

Eine pH-Wert Messung der Bodens, bzw. der mit dem Erdbohrer* extrahierten Bodenhorizonte lässt sich zum Beispiel mit dem Hellige-pH-Meter* durchführen, dass leicht im Freiland einsetzbar ist. Nach Hinzugabe der beigefügten Prüfreagenz färbt sich die Bodenprobe rot (sauer) oder blaugrün (alkalisch). Der pH-Wert lässt sich auf einer Farbvergleichskala ablesen.
Genaueres Messen erlauben pH-Stäbchen, für die die Probe aber zunächst mit einer Extraktionslösung aufbereitet werden muss.
Das Boden-pH-Meter* erlaubt das direkte Ablesen der Acidität, muss aber zuvor geeicht werden.

Vorübergehende pH-Schwankungen oder auch dauernde pH-Verschiebungen treten u. a. durch den Einfluss der Kohlensäure auf. Diese entsteht aus Kohlendioxyd und Wasser.

$$CO_2 + H_2O \leftrightarrows H_2CO_3$$

$$H_2CO_3 \leftrightarrows H^+ HCO_3$$

Im schwach alkalischen Bereich kommt es zu folgendem Umlagerungsprozess:

$$CaCO_3 + H_2CO_3 \leftrightarrows Ca(HCO_3)_2$$

Der pH-Wert dieser Böden wird durch das Puffersystem $CaCO_3/Ca(HCO_3)_2/H_2CO_3$ bestimmt und ist daher im Wesentlichen vom CO_2-Partialdruck abhängig. Wird das leicht lösliche Ca $(HCO_3)_2$ ausgewaschen, so verschiebt sich das Gleichgewicht immer mehr nach rechts.
Dieser Prozess läuft bei niedrigen Temperaturen verstärkt ab, denn die Löslichkeit von CO_2 in H_2O (und damit das Vorliegen von $(HCO_3)^{2-}$ nimmt mit steigender Temperatur ab. Über Kalkuntergrund führt dieser Prozess häufig zu Verkarstung.

Ein Boden, in dem diese Vorgänge z. B. vorherrschen, ist die Rendzina. Diese kann im Extremfall also sogar kalkarm sein und schwach sauer reagieren.

An diesem Beispiel wird deutlich, dass Böden im gewissen Umfang vom Gesteinsuntergrund unabhängig sind. Ein bestimmtes Ausgangsgestein führt nicht zwangsläufig zu einem bestimmten Boden. Es kann sogar der umgekehrte Fall eintreten, dass ganz unabhängig vom Gestein infolge des Vorherrschens bestimmter klimatischer Prozesse immer der gleiche Bodentyp entsteht (z. B. rote Latosole in den Tropen und die als Tschernosem bezeichnete Schwarzerde in Steppengebieten).

Worauf ist die dunkle Färbung des Oberbodens zurückzuführen?

Die im Herbst auf den Boden fallenden Blätter, abgestorbene Zweige und Wurzeln werden von Bodenorganismen (z. B. Regenwürmern, Tausendfüßlern, Springschwänzen, Insektenlarven) zerbissen, zerfressen und von Mikroorganismen (Bakterien, Pilze, Strahlenpilze) zerlegt.

Bodenorganismen lassen sich leicht bei einer Laubstreuuntersuchung einfangen und bestimmen. Dazu dienen ein Berleseapparat* oder, viel einfacher, weiße Plastikschalen* und Drahtgitter* auf die Laub geschichtet wird. Die Tiere wandern nach unten ins Dunkle und werden dort mit in einen Exhaustor* gesaugt.
Lupen (Hand*-, Stand*-, Zweiwegelupen*) und Binokulare* (10x, 20x und 30x) erleichtern das Bestimmen

Die durch Fraß und durch den anschließenden mikrobiellen Abbau entstehenden Huminstoffe sind jedoch nicht einfach Abbauprodukte des organischen Ausgangsmaterials. Dieses würde außerhalb des Bodens vielmehr zu relativ einfach gebauten organischen Verbindungen (z. B. Phenolen, chinoiden Substanzen, Monosachariden) abgebaut.

Man kann 2 Gruppen unterscheiden:

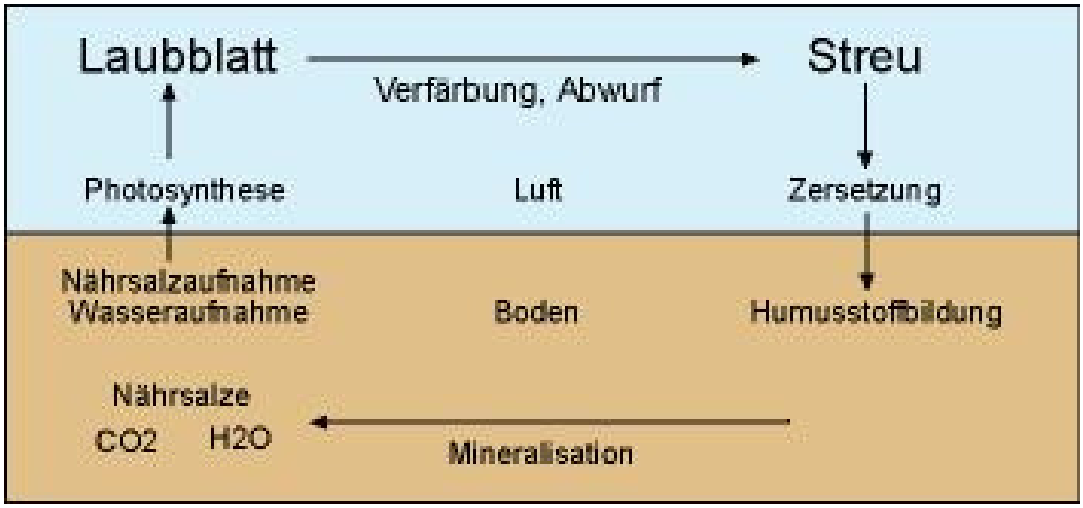
a) eine überwiegend abiologische und
b) eine überwiegend biologische Humifizierung.

Die biologische Humifizierung läuft in Böden mit starker Organismentätigkeit ab. Abgestorbene Pflanzen und Tiere zersetzen sich zunächst von selbst, denn mit dem Tode hören die chemischen Prozesse nicht auf, sie verlaufen jetzt aber ohne Abstimmung aufeinander. Die Abbauvorgänge überwiegen die Aufbauvorgänge. Zuerst werden die reaktionsfähigen Eiweißprodukte zersetzt. Hinzu tritt eine starke mechanische Aufbereitung und Durchmischung des organischen Materials mit anorganischen Bodenbestandteilen durch Tiere (z. B. Mäuse, Maulwurf u. a.). In dieser Phase werden Pektine, Zellulose und schließlich Lignin durch Mikroorganismen abgebaut. Jetzt setzt der Prozess der Huminisierung voll ein. Aus den bereits benannten Abbauprodukten entstehen Huminsäuren, die mit den anorganischen Bodenbestandteilen innig vermischt werden. Das Endprodukt dieser Vorgänge stellt einen “Mull“ dar, eine Humusform, die keine Pflanzenstruktur mehr besitzt. Dieser Zustand ist beinahe ideal im Tschernosem (Schwarzerde) verwirklicht. Die biologisch günstige Krümelstruktur dieses Bodens ist allerdings nicht nur auf den hohen Humusgehalt, sondern auch auf die vorhandenen Tonminerale zurückzuführen.

Der Gärtner versucht im Komposthaufen, die oben geschilderten Verhältnisse nachzuahmen.

Die abiologische Humifizierung verläuft fast ohne Beteiligung der Bodenfauna und der Mikroorganismen. Unter mehr oder weniger anaeroben Verhältnissen und im sauren Milieu entstehen niedermolekulare organische Säuren, N-arme Huminsäuren, und vor allem Fulvosäuren.
Diese bilden mit den vorhandenen Kationen Chelate oder andere leicht lösliche organomineralische Verbindungen. Sie werden in den Untergrund gewaschen und oxidiert. Als Humusform entsteht "Rohhumus". Er liegt häufig als organische Decke auf dem Boden, ist also nicht mit mineralischen Bodenbestandteilen vermischt. Pflanzenreste sind noch deutlich zu erkennen. Dieser Humustyp kommt häufig in Fichtenwäldern, die auf (sauer reagierendem) Buntsandstein stehen, vor. Zwischen den oben geschilderten Humusarten gibt es zahlreiche Übergänge. Ein bekannter Bodentyp, der auch in der Nähe Hannovers häufig vorkommt ist der Podsol, im Volksmund auch Heideboden genannt. In etwas modifizierter Form ist er auch unter Fichtenwäldern auf Buntsandstein zu finden. Dies mag ein weiterer Hinweis auf die relative Unabhängigkeit des Bodentyps vom Ausgangsgestein sein.

Abb. 5**:** Kreislauf im Boden

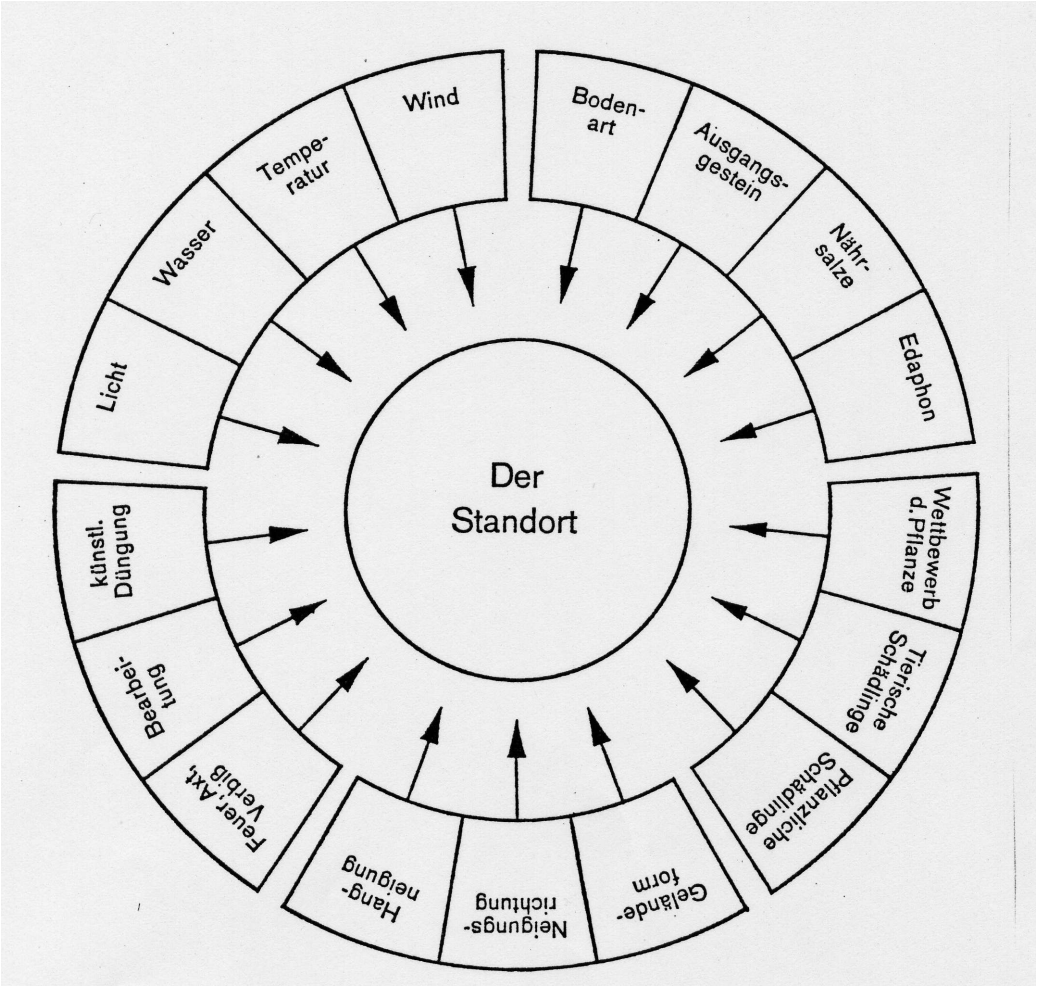


(aus: Böhlmann, S. 53)

2.3 System; Pflanze / Boden

Viele Pflanzenarten wachsen an speziellen Standorten. Ihr Vorkommen ist von bestimmten Standortbedingungen abhängig. Einflussnehmende Faktoren eines Standortes sind in der folgenden Abbildung dargestellt.

Abb. 6:



(aus: Hager 1967)

Der Standort und seine Faktoren.

Mit der Lieferung „Pflanze und Boden“ werden nur zwei dieser Faktoren hinsichtlich des Pflanzenwachstums untersucht:

1. Bodenart
2. Nährsalze

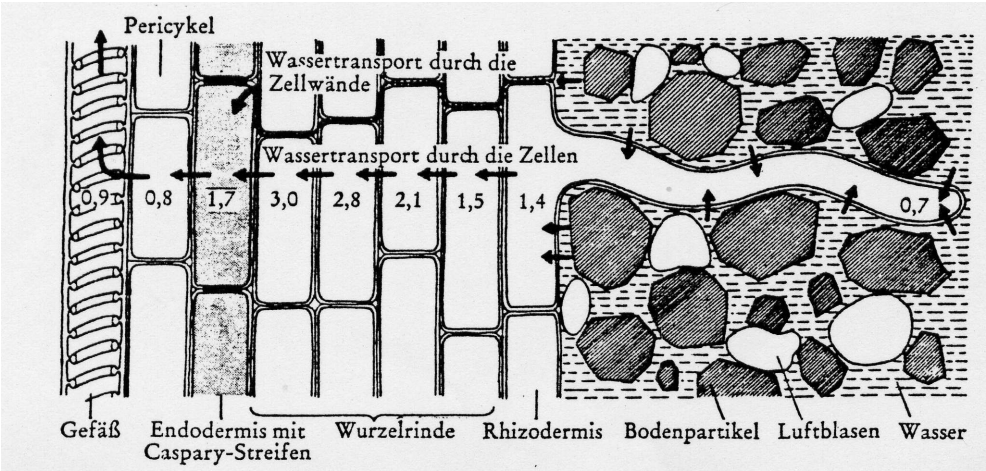
Zu 1: Siehe den ersten Teil der Sachinformation.

Zu 2.: Die Fähigkeit eines Bodens, den Nährstoffbedarf einer Pflanze zu decken, beeinflusst direkt die Wuchsleistung der Pflanze. Vom Gesamtgehalt der Nährstoffe in einem Boden entstammt der größte Teil dem geologischen Ausgangsmaterial. Ein weiterer Teil wird von außen durch Düngung, Niederschläge und Grundwasser zugeführt. Die überwiegende Menge der Nährsalze liegt in Form sehr schwer löslicher Verbindungen vor oder ist in organische Verbindungen eingebaut. Sie sind daher für die Pflanze schwer verfügbar.

Durch Freisetzung von anorganischen Verbindungen oder Mineralisierung von organische Verbindungen entstehen aus schwer pflanzenverfügbaren Stoffen Verbindungen, die von den Wurzeln leicht aufgenommen werden können (s. Abb. 9). Die Aufnahme der Nährsalze erfolgt durch die jüngeren Teile der Wurzel; die älteren Wurzelregionen dienen vor allem der Verankerung der Pflanze im Boden. Die chemischen Vorgänge beim Nährsalzaustausch sind bis heute nicht eindeutig erforscht. Einige Kenntnisse können jedoch als gesichert gelten:

Als Wasser steht den Pflanzen vor allem das Kapillarwasser zur Verfügung, das gelöste Salze als Kationen und Anionen enthält. Die äußerst empfindlichen Wurzelhaare sind Ausstülpungen der Epidermiszellen. Zwischen dem Kapillarwasser und dem Protoplasma besteht in Bezug auf die Salzkonzentration ein Gefälle (vgl. partielle Unterschiede des osmotischen Wertes von 0,7 zu 1,4 in Abb. 7).

Abb. 7:



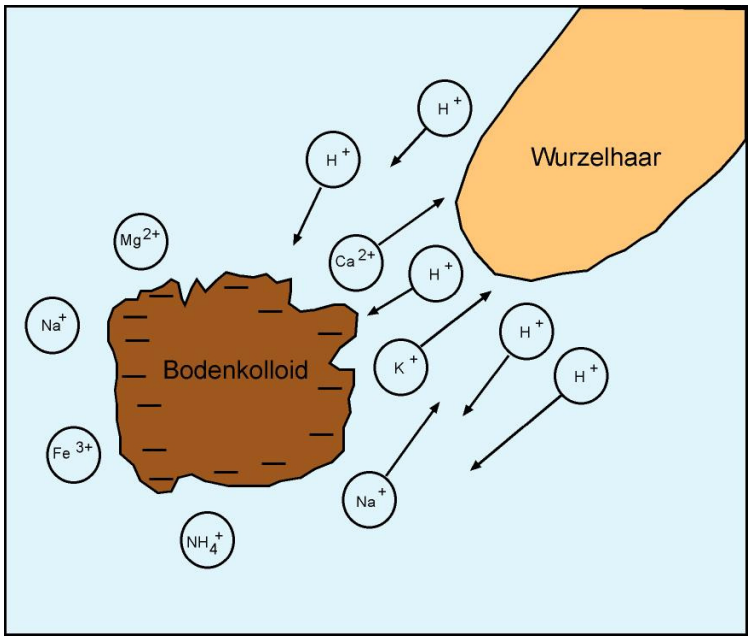
(aus: Böhlmann)
Wege der Wasseraufnahme, dargestellt im radialen Anschnitt und mit den osmotischen Werten in den einzelnen Zellschichten (nach Nultsch). Die angegebenen osmotischen Werte nach Strasburger.

Die Nährsalzaufnahme erfolgt durch:

1. ...einen passiven Teilschritt.

H^+-Ionen (Protonen) werden gegen Kationen (Na^+ K^+ Ca^{2+} u. a.) getauscht. Die H^+-Ionen stammen aus der Wasserdissoziation $H_2O \leftrightarrows H^+ + HO^-$. Durch das entstandene Potentialgefälle werden Anionen nachgezogen oder HCO_3^- gegen Cl^-, PO_4^{3-}, NO_3^- getauscht.
(Das Zeichen „+“ bedeutet (positives) Kation; Zeichen „-„ bedeutet Anion)

Abb. 8: Ionenaustausch an der Wurzel



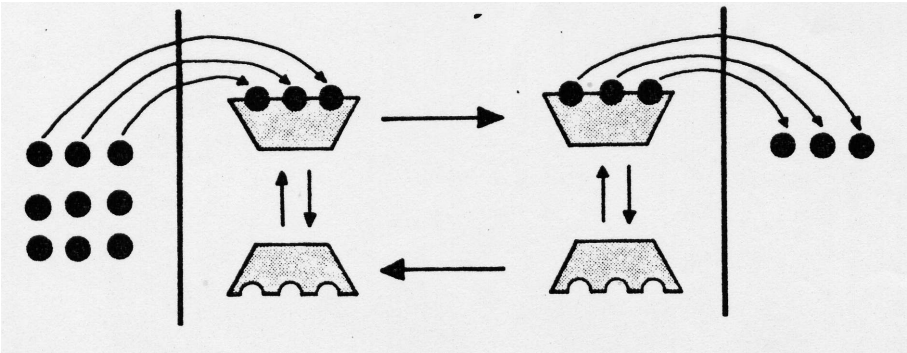
(aus: Böhlmann, S. 38)

2....und einem aktiven Teilschritt.

Ausgewählte Ionen werden durch das Protoplasma über Carrier (Trägersubstanzen) (Modellvorstellung) unter Energieverbrauch aufgenommen.

Abb. 9:

außen Zellmembran innen



(aus: Böhlmann, S. 3 8)

Die Tatsache, dass die Pflanze die Ionen nicht in äquivalenten Mengen aufnimmt, sondern ein Selektionsvermögen besitzt, weist auf eine spezifische Beteiligung des Plasmas hin. Es muss in diesem Zusammenhang allerdings noch einmal darauf hingewiesen werden, dass die gegenwärtigen Vorstellungen von Selektion und Transport der Ionen, also der Ionenaufnahme, noch weitgehend hypothetisch sind.

3. Sachliche Hinweise zu den von uns gelieferten Bodenarten

3.1 Torf

Torf ist ein unter nassen Bedingungen gebildetes Material, das mindestens 30 % organische Substanz enthält, bei Hochmooren fast ausschließlich das Torfmoos (Sphagnum). Torfboden entsteht vor allem in Hochmooren infolge starker Bodenversäuerung unter Sauerstoffarmut. Eine biologische Humifizierung kann nicht eintreten, da trotz Wasserreichtum die Lebensbedingungen für Bakterien usw. nicht ausreichen. Je nach Alter und Ausgangsmaterial bildet sich ein Braunmoos- oder Weißmoostorf. Torfmull ist meistens Weißmoostorf. Er ist wasserbindig, kalt, luftreich und sauer. Als Boden ist er “tot“ und dient nur als Zugabe zur physikalischen Bodenverbesserung.

Nährstoffgehalt:	keine Mineralstoffe
Wasserhaltevermögen:	hoch
Verhalten beim Schlämmen:	schwimmt zunächst auf der Wasseroberfläche
Versuchsbeobachtungen bei Aussaat von Radieschen:	nur ein Teil der Samen keimt; Keimblätter anfangs grün mit bläulich-rotem Stängel; nach einer Woche liegen die Keimlinge auf dem Boden; Farbe: gelblich-grün; nach zwei Wochen keine weitere Veränderung; keine Knollenbildung; Keimstängel rot.

Grund: Torf ist "sauer". Die Pflanze kann weder Nährsalze (nicht vorhanden) noch Wasser aufnehmen, da der Torf infolge der Ionenwanderung das Wasser aus der Pflanze <u>entfernt</u> anstatt es hineinzulassen.

3.2 Sand

Sand besteht vor allem aus den bei der Gesteinsverwitterung (z.B. Granit) herausgelösten harten Quarzkristallen, geringen abschlämmbaren Teilen und Spuren von Humus. Für sehr genaue Versuche müsste er durchgeglüht werden, um den Humus zu entfernen. Sandböden enthalten mehr als 50 % Sand bis zu 18 % Ton: Die Sandfraktion bildet zusammen mit den Fraktionen > 2 mm das Gerüst des Bodens, das die Quellung und Schrumpfung der Böden sowie die Erosion vermindert. Die Sandböden erwärmen sich, abhängig von ihrer Farbe und dem Wassergehalt, schnell in der Sonne. Sie haben einen geringen Nährstoffgehalt und werden leicht ausgewaschen.

Nährstoffgehalt:	wenige Mineralstoffe (hängt vom Humusgehalt ab)
Wasserhaltevermögen:	gering bis sehr gering
Verhalten beim Schlämmen:	durch das hohe spez. Gewicht setzt sich Sand als unterste Schicht ab

Versuchsbeobachtungen bei Aussaat von Radieschen:	nicht alle Pflanzen keimen; wenige Pflanzen stehen aufrecht, einige Keimlinge liegen auf dem Boden; Keimlinge sind nach 8 Tagen gelb, Knollen werden nur schwach ausgebildet.

Grund: Kein Nährsalznachschub. Boden nur Verankerung für die Wurzeln.

3 .3 Rindenhumus

Rindenhumus entsteht durch Zerkleinerung und Kompostierung von Rohrinde, die in der holzverarbeitenden Industrie als Abfallprodukt anfällt. Rindenhumus wird u.a. zur Humusversorgung und Strukturverbesserung von Böden verwendet und kann somit Torf als Bestandteil von Kultursubstraten ersetzen.

Nährstoffgehalt:	niedrig bis hoch (je nach Nährelement)
Wasserhaltevermögen:	gering
Verhalten beim Schlämmen:	schwimmt zunächst auf der Wasseroberfläche
Versuchsbeobachtungen bei Aussaat von Radieschen:	alle Pflanzen keimen, weitere Entwicklung aber zumeist gestört durch ungünstiges C/N Verhältnis, Hoher Kohlenstoffanteil, dadurch Stickstoffaufnahme erschwert

3.4 Landerde, sandig

Landerde ist kein bodenkundlicher, sondern ein gärtnerischer Begriff. Sie enthält je nach Pflegezustand alle Bodenbestandteile in wechselnder Zusammensetzung und entspricht etwa einem oberen A-Horizont.

Nährstoffgehalt:	mittel bis hoch
Wasserhaltevermögen:	mittel bis gut
Verhalten beim Schlämmen:	Aufspaltung in die einzelnen Bestandteile (z.B. Sand, Ton, Humus)
Versuchsbeobachtungen bei Aussaat von Radieschen:	nicht alle Samen sind gekeimt; gesundes Wachstum, nach einer Woche Keimlinge 6-8 cm hoch; Pflanzen kräftig und grün; Knollenbildung meist gut

Grund: Der Boden hat stets wechselnde Zusammensetzung, nach der sich Keimung und Wachstum richten. Deshalb keine eindeutigen Ergebnisse zu erwarten.

3.5 Landerde, tonig

Tonböden enthalten mehr als 45 % Ton der Korngrößenfraktion zwischen 0 und 0,002 mm Ø. Mit höherem Tongehalt der Böden steigt:

- das Gesamtporenvolumen
- der Anteil feiner Poren
- die Wasserkapazität
- die Quellung und Schrumpfung
- die Austauschkapazität
- meistens der Nährstoffgehalt

Da sich Tonböden leicht verdichten, enthalten sie im Allgemeinen wenig Luft.

Nährstoffgehalt:	hoch
Wasserhaltevermögen:	hoch
Verhalten beim Schlämmen:	der tonig Anteile liegt auf Grund der geringeren Dichte über der Sandschicht
Versuchsbeobachtungen bei Aussaat von Radieschen:	nach guter Keimung meist stagnierendes Wachstum, vor allem, wenn das Gießen versäumt wurde. Dann entquellen die Kolloide, der Boden wird “unfruchtbar“. Unterschiedliche Ergebnisse wegen geringer Luftdurchlässigkeit.

3.6 Kompost

Kompost entsteht durch vorwiegend biologische Humifizierung. Er ist reich an Kolloiden und regt die Bodengare stark an.

Nährstoffgehalt:	meist hoch - wenn Garten gut in Ordnung
Wasserhaltevermögen:	je nach Zusammensetzung und Alter wechselnd
Verhalten beim Schlämmen:	Aufspaltung in die einzelnen Bestandteile
Versuchsbeobachtungen bei Aussaat:	fast alle Samen keimen; Pflanzen sind nach einer Woche im Durchschnitt 7-8 cm hoch, kräftig und grün; Knollenbildung etwas stärker als bei Landerde (sandig).

Bei längerer Beobachtungsdauer (3 - 4 Wochen) kann die nachfolgende Tabelle zum Vergleich dienen:

3.7 Tabellarische Zusammenfassung der verschiedenen Bodenarten

Substrat	Pflanzen-zahl	Gesamt-gewicht	Durchschnitts-gewicht einer Pflanze	Blattgewicht aller Pflanzen	Gewicht aller "Früchte"
Torf	-	-	-	-	-
	Die Samen sind gekeimt, die Keime sind aber abgestorben				
Sand	11	6.4 g	0,58 g	3,5 g	0,7 g
	Die Keimblätter und zwei Folgeblätter blieben klein und gelblich				
Rinden-Humus	-	-	-	-	-
	Rindenhumus wurde in diesem Experiment noch nicht erprobt				
Landerde sandig	10	14,1 g	1,41 g	8,3 g	3,2 g
	Die Pflanzen sind kräftig entwickelt und haben 3-4 unterschiedlich ausgebildete Folgeblätter				
Landerde tonig	-	-	-	-	-
	Tonboden wurde in diesem Experiment nicht erprobt				
Kompost	10	18,7 g	1,87 g	8,9 g	5,0 g
	Die Pflanzen sind kräftig mit gut ausgebildeten Wurzeln				

3.8 Tabellen

Grobprobe

	mm Ø	
Steine, Kies	> 2	= Bodenskelett
Sand, Erde	< 2	= Feinboden
Grobsand	2 - 0	
Feinsand	0,2 - 0,0	
Schluff	0,0 - 0,002	
Kolloidton	< 0,002	

(andere Aufteilungen sind ebenfalls gebräuchlich)

In den deutschen landwirtschaftlichen Versuchsstationen unterscheidet man folgende Bodenarten:

Sand	< 10 %	abschlämmbare Teile Korngröße bis 0,02 mm
Lehmiger Sand	10 - 20 %	abschlämmbare Teile
Sandiger Lehm	20 - 30 %	abschlämmbare Teile
Milder Lehm	30 - 40 %	abschlämmbare Teile
Toniger Lehm	40 - 50 %	abschlämmbare Teile
Ton	50 - 75 %	abschlämmbare Teile
Schwerer Ton	> 75 %	abschlämmbare Teile

Eine Bodenart ist für die Bewirtschaftung umso günstiger, je weniger extrem ihre Zusammensetzung ist. Als ein ideal zusammengesetzter Boden gelten:
10 % Grobsand (2 - 0,6 mm Korngröße), 20 % Feinsand (0,2 - 0,06 mm Korngröße), 30 % Schluff (0,06 - 0,002 mm Korngröße) und 40 % Ton (unter 0,002 mm).

Mindestens die Hälfte des gesamten Hohlraumvolumens eines fruchtbaren Bodens sollte mit Luft ausgefüllt sein, denn die Wurzeln und die Mikroorganismen benötigen viel Bodensauerstoff zum Atmen.

<u>Humusgehalt</u>

humusarm	< 1 %
schwach humos	2 - 4 %
humos	5 - 10 %
humusreich	11 - 15 %
anmoorig	16 - 20 %
moorig	> 20 %

4. Hinweise zum Radieschen:

Saatgut: Für die Versuche sollte man Pflanzen gleichen Erbgutes verwenden, da nur hierdurch gewährleistet ist, dass die Pflanzen gleiche Bedürfnisse in Bezug auf die Zusammensetzung der Mineralsalze haben. Als Ersatz dienen Inzuchtlinien, wie sie bei Hochzuchten nötig sind (hier Radieschen).
Das Radieschen (Raphanus sativus subsp. Sativus) ist eine Unterart des Garten-Rettich (Raphanus sativus). Beide gehören zur Familie der Brassicaceen und stammen wahrscheinlich vom Strandrettich (Raphanus sativus) ab.
Zu den früher Cruciferen genannten Brassicaceen gehören viele der so genannten Wintergemüse, zum Beispiel Weißkohl, Rotkohl, Brokkoli, Blumenkohl, Rosenkohl und Kohlrabi. Dann neben dem Meerrettich der Senf und die Kresse.
Auch einige typische „Unkräuter“ im Garten wie die Acker-Schmalwand, das Hirtentäschelkraut und das Ackerhellerkraut gehören in diese große Familie.
Das Wort „Rettich“ wie auch das in Süddeutschland gebräuchliche „Radie“ leitet sich vom lateinischen „Radix“ (=Wurzel) ab. Radieschen stammen nach einigen Angaben

vom im Mittelmeerraum heimischen Wildkraut Raphanus landra ab, anderen Quellen zufolge ist es eine züchterische Weiterentwicklung des Rettichs. Dafür spricht, dass das Radieschen in früherer Zeit länglich war und erst durch gärtnerische Selektion zur heutigen, meist runden Form gekommen ist. Wiederum andere Quellen vermuten das Ursprungsgebiet in Ostasien. Interessanterweise ist der in der japanischen Sushi-Küche beliebte Wasabi sehr eng mit dem Radieschen verwandt. Der Öl-Rettich (Raphanus sativus var. oleiformis) mit sehr ölreichem Samen wird in China zum Beispiel als Brennölquelle. Der bei der Verbrennung entstehende Ruß wird dort zur Herstellung der echten chinesischen Tusche verwendet.
Sicher scheint, dass es erst seit dem 16. Jahrhundert in Deutschland angebaut wird. Genutzt wird beim Radieschen der verdickte, rotschalige, innen weißfleischige und mehr oder minder scharfe Wurzelspross (Hypokotyl, sekundäres Dickenwachstum). Radieschen sind einjährig, ihre kleinen, nur in geringe Tiefe eingeharkten oder – gedrückten Samen laufen schnell auf und sind – abhängig von Temperatur-, Niederschlags- und Bodenverhältnissen innerhalb weniger Wochen Erntereif. Üblicherweise verzieht man die jungen Pflanzen, d.h. zu dicht stehende Keimlinge werden vorsichtig ausgedünnt. Dabei ist ein Blick auf möglichst kräftige Exemplare natürlich hilfreich.
Radieschen bevorzugen nährstoffreiche, leichte, feinkrümelige Böden in offenen, d.h. leicht von der Sonne erwärmbaren Lagen mit gleichmäßiger Wasserversorgung. Sie gehören zu den Gartenfrüchten, bei denen man schmecken kann, ob diese Ansprüche erfüllt wurden. Supermarkt-Radies schmecken oft anders als im Garten gezogene.
Die Vitamin-C reichen, durch Senfölglycoside sehr aromatischen Wurzelknollen werden zumeist frisch, nicht durch Kochen, Konservierung oder Würzung verändert direkt aus dem Garten gegessen.
Das heißt, dass der Boden rund um die Radies sich nicht nur in der Größe niederschlägt sondern auch im Nachhinein „erschmeckt“ werden kann.
Da das Radieschen insgesamt aber keine allzu hohen Ansprüche stellt, werden sich auf allen in der Lieferung enthaltenen Erdarten verwertbare Ergebnisse einstellen.

5. Allgemeine methodische Hinweise

Das Thema “Pflanze und Boden“ ist besonders gut geeignet, experimentelles Arbeiten zu fördern (vgl. Arbeitshilfe Nr. 1.6.6 “Die Bedeutung des Experiments im modernen Biologieunterricht“). Allgemein ist wichtig, dass der Unterricht aus Fragestellung, Vermutung, Versuch und Antwort besteht.

Die Versuchsvorschläge und Arbeitsblätter sind so konzipiert, dass die Schüler Eigenaktivität entwickeln können.

Den Arbeitsanleitungen sind Hinweise für den Lehrer (Intention, spezielle methodische Tipps für den entsprechenden Versuch, zusätzlich erforderliche Geräte) angefügt.

Die Arbeitsbögen sind so aufgebaut, dass sie sofort übernommen werden können. Aus diesem Grunde ist die Information für den Lehrer nachgestellt und kann für den Schulgebrauch abgeschnitten werden.

6. Versuche

6.1 Untersuchung eines Erdgemisches durch Schlämmen

6.2 Untersuchung verschiedener Bodenarten

6.3 Untersuchung der Wasserdurchlässigkeit verschiedener Bodenarten

6.4 Untersuchung der Wasserhaltekraft verschiedener Bodenarten

6.5 Radieschenaussaat auf verschiedenen Bodenarten

6.6 Radieschenernte (verschiedene Bodenarten)

Versuch 1: Untersuchung eines Erdgemisches durch Schlämmen

I. Versuchsbeschreibung

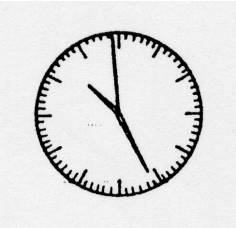
Ihr braucht pro Gruppe folgendes Material:
1 Standzylinder
1 Messbecher
1 Glasstab zum Rühren
Erdgemisch trocken
Wasser

a) Messt 100 cm^3 von der Erdprobe mit dem Messzylinder ab.

b) Füllt die Erde in den Standzylinder und setzt 1 l Wasser hinzu.

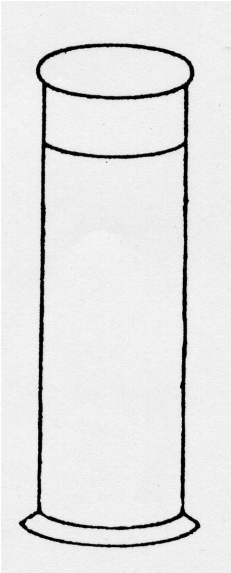
c) Rührt mit dem Glasstab, bis alles vermischt ist.

d) Lasst das Gemisch 15 Minuten stehen!



II. Versuchsbeobachtungen

Zeichnet euer Ergebnis in die Abbildung und beschreibt die Schichtung.



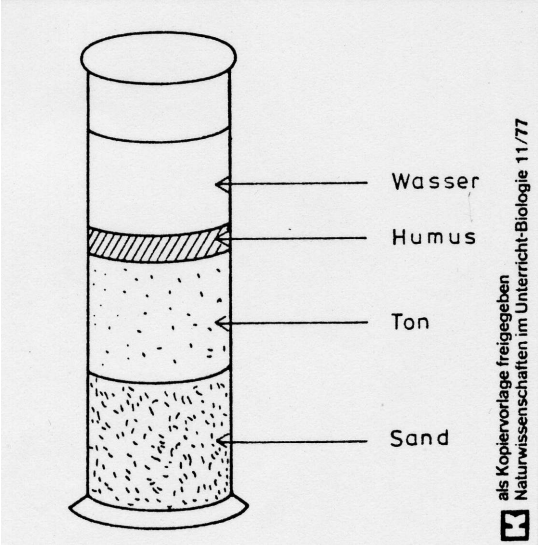
III. Versuchsergebnis

Hinweise für den Unterricht

Intention: Durch den Versuch sollen die Schüler das Schlämmen als mögliches Verfahren zur Trennung von Bodengemisch kennen lernen und durchführen. Das Versuchsergebnis, die Entstehung verschiedener Schichten (s. Abb.), kann dabei nur mit den unterschiedlich großen Teilchen der einzelnen Bodenart erklärt werden (s. auch Abb. 2).

Methode: Das Erdgemisch sollte zumindest Sand- und Humusanteile haben, da diese sich besonders eindeutig absetzen (s. Abb.), z. B. Mischung aus Kompost, Sand und toniger Landerde.

Bestimmung der Bodenart im Messzylinder



- Beim Einfüllen der Erde in den Messzylinder kann man ein Stück Papier zu Hilfe nehmen (Vorsicht: Trichter verstopfen leicht!)
- Erdgemisch und Wasser müssen gut gemischt werden, da sonst das Ergebnis verfälscht wird.
- Der Versuch sollte induktiv eingesetzt werden.

- Material: s. Schülerarbeitsblatt
  1 große Uhr oder mehrere Stoppuhren

Versuch 2: Untersuchung verschiedener Bodenarten

I Versuchsbeschreibung

Ihr braucht pro Gruppe:
1 - 6 Petrischalen
6 Lupen

a) Beschreibt die verschiedenen Bodenarten genau, indem ihr die folgende Tabelle vervollständigt:

Boden	Farbe	Geruch	Struktur	Name des Bodens
1				
2				
3				
4				
5				
6				

b) Ordnet folgende Namen den entsprechenden Bodenarten zu und tragt sie in die rechte Spalte der Tabelle ein.
Torf, Sand, Rindenhumus , Landerde sandig, Landerde tonig, Kompost.

c) Betrachtet jede Bodenart mit der Lupe (Binokular).
Vergleicht:

Torf:	Sand
Rindenhumus	Landerde sandig
Landerde tonig	Kompost

:

d) Überlegt:

Welche Bodenart eignet sich für eine Radieschenaussaat am besten?

Begründet:

Hinweise für den Unterricht

Ziel:	Die Schüler sollen Farbe, Geruch und Struktur der sechs Bodenarten (s. u.) beschreiben und die entsprechenden Namen zuordnen (genaue Beschreibungen der Bodenarten siehe auch Abschnitt 3.
Methode	Dieser Versuch sollte induktiv eingesetzt werden.
Material	Torf, Sand, Rindenhumus, Landerde sandig, Landerde tonig, Kompost in jeweils eine Petrischale abgefüllt und durchnummeriert.

Versuch 3:
Untersuchung der Wasserdurchlässigkeit verschiedener Bodenarten

I. Versuchsbeschreibung

Ihr braucht pro Gruppe folgendes Material:
3 Glastrichter gefüllt mit: Sand, Torf und toniger Landerde
1 Stativ mit Muffe und Ring
1 Messzylinder 100 ml
1 Becherglas 250 ml

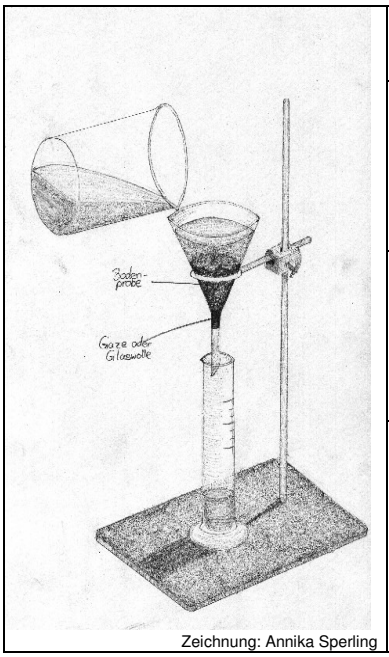
a) Ihr habt drei Trichter mit gleichen Gewichtsmengen verschiede nasser Bodenarten. Sie enthalten so viel Wasser, wie sie gegen die Schwerkraft halten können.

b) Befestigt einen Trichter wie in der Abbildung gezeigt

c) Notiert die Zeit und gießt Wasser aus dem Becherglas bis zur Markierung.

d) Während der Versuchsdauer soll das Wasser immer bis zur Markierung reichen.

e) Notiert die Wassermenge, die sich nach 1, 2 … 5 Minuten im Messzylinder sammelt.



Zeichnung: Annika Sperling

Bodenart	Zeit (min)	Wassermenge (ml)	Wassermenge pro Zeiteinheit
Sand	1 2 3 4 5		
Torf	1 2 3 4 5		
tonige Landerde	1 2 3 4 5		

f) Wiederholt den Versuch mit den beiden anderen Bodenarten.

g) Berechnet die Wassermenge, die pro Minute durch die 3 Bodenarten läuft (ml pro min).

(Versuch nach Mackean/Strey, 1977)

Hinweise für den Unterricht

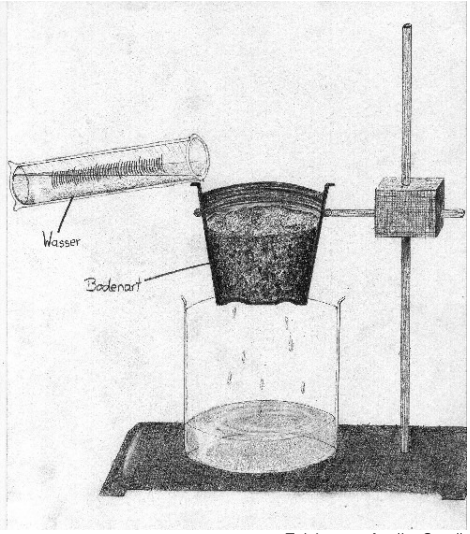
Intention: Die Schüler sollen das Wasservolumen angeben können, das in einer bestimmten Zeiteinheit durch gleiche Mengen unterschiedlicher Bodenarten (Sand, Torf, tonige Landerde) läuft.
Dieses Experiment zeigt die Abhängigkeit der Wasserhaltekraft von der Korngröße und steht daher im engen Zusammenhang mit Fragen der Bodenentwässerung oder Drainage.

Methode: Bodenarten und Trichter müssen vorbereitet sein: alle Trichter müssen gleich sein (falls nicht vorhanden, können auch Blumentöpfe Ø 7-10 cm verwendet werden); die Markierung der Trichter muss übereinstimmen; das Trichterrohr wird mit Glaswolle oder Kunststofffaser (keine Watte!) verschlossen; von jeder Bodenart werden 50 g abgewogen, in den Trichter gefüllt und vorsichtig mit 15 ml Wasser begossen; wenn man die Öffnungen der Trichter mit Alufolie abschließt, sind sie für mehrere Tage hintereinander gebrauchsfähig (dürfen nicht austrocknen).

Geräte Gruppensätze s. Schülerarbeitsblatt; außerdem: Glaswolle oder Kunststofffaser, Alufolie, 1 große Uhr oder mehrere Stoppuhren.

Versuch 4:
Untersuchung der Wasserhaltekraft verschiedener Bodenarten

I. Versuchsbeschreibung



Zeichnung: Annika Sperling

Ihr braucht pro Gruppe folgendes Material:

Sand, Torf, tonige Landerde;
3 Blumentöpfe mit durchlöchertem Boden und mit feiner Gaze ausgelegt
(ersatzweise eine feinmaschige Gardine!)
1 Messzylinder 100 ml
1 Becherglas 250 ml
1 Stativ mit Muffe und Ring
1 Waage

a) Füllt in je einen Blumentopf 100 cm^3 Sand, Torf, tonige Landerde
b) Wägt alle drei Gefäße und tragt das Anfangsgewicht in die Tabelle ein
c) Befestigt das Gefäß in dem Ring, setzt das Becherglas darunter.
d) Gießt aus dem Messzylinder genau 100 ml Wasser auf den Sand
e) Wartet 5 Minuten!
Nehmt dann vorsichtig den Topf aus dem Ring und wägt noch einmal.
f) Macht das mit allen Bodenarten und tragt die Ergebnisse in die Tabelle ein!

Bodenart	Anfangsgewicht	Endgewicht	Gewichtszunahme
100 ml Sand			
100 ml Torf			
100 ml tonige Landerde			

II. Versuchsergebnis:

(Versuch nach Mackean/Stray, 1977)

Hinweise für den Unterricht

Intention: Die SS sollen durch Wägen gleicher Volumina Sand, Torf und toniger Landerde das Anfangsgewicht bestimmen. Nachdem jede Bodenart mit 100 ml Wasser begossen worden ist, sollen die Schüler nach 5 Min. Wartezeit das Endgewicht feststellen.
Mit diesem Experiment lässt sich das Grundprinzip der Wasserhaltekraft verdeutlichen, die von der Zahl und der Feinheit der kapillaren Hohlräume pro Volumen abhängig ist. Die Wasserhaltekraft eines Bodens ist limitierender Faktor für den Pflanzenbewuchs

Methode: Die Blumentöpfe sollten folgende Eigenschaften haben:

- Material: Plastik
- Größe einheitlich
- Anzahl der Löcher muss übereinstimmen
- Anstelle der Blumentöpfe eignen sich auch Joghurtbecher.

- Löcher mit heißer Nadel durchstechen.
- Ausstattung mit Gaze, Vließpapier oder Verbandsmull sollte vom Lehrer vorbereitet werden. Die zu untersuchen den Bodenarten müssen getrocknet sein, im Mörser leicht zerkleinert und von größeren Bestandteilen getrennt werden.

Geräte: Gruppensätze s. Schülerarbeitsblatt; außerdem:
1 große oder mehrere kleine Uhren.

Versuch 5: Radieschenaussaat auf verschiedenen Bodenarten

I. Versuchsbeschreibung

Ihr braucht pro Gruppe folgendes Material:

6 Blumentöpfe
Etiketten und 1 wasserfesten Stift
1 Tüte mit Radieschensamen
je 1 Beutel mit

Torf (Nr. 1), Sand (Nr. 2), Rindenhumus (Nr. 3), Landerde sandig (Nr. 4), Landerde tonig (Nr. 5), Kompost (Nr. 6)

a) Füllt die verschiedenen Bodenarten in je einen Blumentopf (Vorsicht: Die Erde nicht andrücken!) und beschriftet sie.

b) Damit ihr besser angießen könnt, formt mit dem Daumen in der Erde eine Gießrinne rund um den Topfrand.

c) Verteilt auf jedem Boden ca. 20 Radieschensamen.

d) Gießt alle Töpfe mit einer Gießkanne an und stellt sie an einen hellen Ort, nicht aber in die Sonne.

e) Wenn die Radieschensamen gekeimt sind, müsst ihr alle Töpfe unter gleiche Pflegebedingungen bringen:
   - in jedem Topf 10 Keimlinge belassen
   - alle Töpfe an denselben Platz stellen
   - alle Töpfe gleichmäßig gießen

f) Beobachtet 14 Tage lang und fertigt ein Versuchsprotokoll an.

Beobachtungen

Bodenart	1. Tag	2. Tag	3. Tag	4. Tag	usw.
Torf					
Sand					
Rindenhumus					
Landerde sandig					
Landerde tonig					
Kompost					

Versuchsergebnis:

_____

Hinweise für den Unterricht

Intention: Die Schüler sollen Radieschen auf verschiedenen Bodenarten aussäen und Keimvorgang und Wachstum über einen Zeitraum von ca. 3 Wochen beobachten

Methode: Es ist denkbar, vor Versuchsbeginn die Schüler hinsichtlich der Bodenfruchtbarkeit Vermutungen äußern zu lassen und diese zu sammeln. Der Versuch sollte induktiv eingesetzt werden.
Während der Sommermonate Mai, Juni, Juli, August reicht eine Versuchsdauer von ca. 3 Wochen. Bei Aussaat im Januar, Februar, März müssen ca. 5 Wochen für den Versuch eingeplant werden.

Geräte: Gruppensätze s. Schülerarbeitsblatt; außerdem:
1 Gießkanne oder Bechergläser.

Versuch 6: Radieschenernte (verschiedene Bodenarten)

I. Versuchsbeschreibung

Ihr braucht folgendes Material pro Gruppe:
Töpfe Nr. 1 - 6 mit Radieschen, die ihr vor _____ Wochen ausgesät habt
1 Waage
1 Küchenmesser

a) Erntet Eure Radieschen, indem ihr sie an den Blättern herauszieht.

b) Beschreibt die Radieschen, die in

Torf, Sand, Rindenhumus: sandiger Landerde, toniger Landerde und Kompost

gewachsen sind.

c) Nehmt die Waage und füllt folgende Tabelle aus. (Vorsicht: die Blätter erst abschneiden, wenn ihr alle Pflanzen gewogen habt!)

Bodenart	Pflanzenzahl insgesamt	Gesamt-gewicht der Pflanzen	Durchschnitts-gewicht einer Pflanze	Blatt-gewicht aller Pflanzen	Gewicht aller "Früchte"
Torf					
Sand					
Rinden-humus					
Landerde sandig					
Landerde tonig					
Kompost					

d) Wie schmecken euch die Radieschen?

Verteilt eure Radieschen, so dass jeder von allen Sorten probieren kann. Versucht, den Geschmack zu beschreiben.

Nr. 1: _____

Nr. 2: _____

Nr. 3: _____

Nr. 4: _____

Nr. 5: _____

Nr. 6: _____

e) Welches Radieschen schmeckt euch am besten?

f) Welchen Boden würdet ihr für eure eigene Radieschenaussaat wählen?

Hinweise für Unterricht

Intentionen: Die SS sollen Radieschen, die auf unterschiedlichen Böden (s. Spezielle sachliche Hinweise Nr. 3) gewachsen sind, ernten. Die Knollen sollen dabei beschrieben, gewogen und geschmacklich eingeordnet werden.

Methode: Der Versuch sollte induktiv eingesetzt werden.

Geräte: Gruppensätze s. Arbeitsblatt.

7. Die Lieferung des Schulbiologiezentrums

1. Sand
2. Landerde
3. Kompost
4. Lauberde
5. Torf
6. Rindenhumus
7. Lehm

Ferner erhalten Sie 7 Töpfe und ausreichend Samen von Radieschen für Aussaat und Wachstumsversuche.

8. Literatur

Bioga – Arbeitskartei	Biologische Versuche zur Bodenkunde
Blume, H.-P.	Entwicklung von Böden und deren Bedeutung für das Pflanzenwachstum Der Biologieunterricht, Heft 4 (1976)
Böhlmann, D.	Zur Histologie der Wurzel unter besonderer Berücksichtigung ihrer Funktion ais Wasser- und Nährsalzaufnahmeorgan Der Biologieunterricht, Heft 4 (1975)
Böhlmann, D.	Biologie exemplarisch: Ein Laubblatt fällt ab und wird zersetzt Der Biologieunterricht, Heft 4 (1976)
Bukatsch, F. & B. Taupitz	Bodenkunde und Mikrobiologie Salb Verlag, Frankfurt. (1961)
Grund, H.	Versuche zur Bestimmung der Bodenarten Naturwissenschaften im Unterricht, Heft (1979)

Hager, P. — Wald und Boden
Der Biologieunterricht, Heft 3 (1967)
Klett-Verlag, Stuttgart

Hase, D. — Der Abbau mineralischer Stoffe im Boden
Der Chemieunterricht, Heft 1 (1974)

IPN – Einheitenbank — Curriculum Biologie
Thema: Acker
Aulis Verlag, Deubner & Co., Köln (1978)

Lerch, G. — Pflanzenökologie
Akademie-Verlag, Berlin. (1972)

Müller, Dr. S. — Böden unserer Heimat
Kosmos Naturführer
Franckh'sche Verlagsbuchhandlung,
Stuttgart (1969)

Scheffer, Dr. F. & Dr. P. Schachtschabl — Lehrbuch der Bodenkunde
Ferdinand Enk Verlag, Stuttgart (1970)

Ziechmann, W. — Der Abbau organischer Stoffe im Boden
Der Chemieunterricht, Heft 1 (1974)

9. Ausleihbare Materialien zum Thema Boden (Auswahl)

Weiteres Material siehe „Verzeichnis der lieferbaren Materialien, Pflanzen und Tiere“ und auf Anfrage, L = Leihgabe, V = zum Verbleib

Nr.	L/V	Bezeichnung	
1.1.7	V	Blumentöpfe	In kleinen Mengen
1.2.13	L	Exhaustoren	Zum Fangen von kleinen Bodenlebewesen
1.2.2	L	Berleseapparat	Zum Fangen von kleinen Bodenlebewesen
1.2.3	L	Plastikschalen mit Drahtgitter	In Verbindung mit Exhaustor
1.3.15a	L	Handlupen	3fach
1.3.15b	L	Standlupen	6fach
1.3.15c	L	Becherlupen	2,5fach
1.3.16	L	Binokular	Zur stereoskopischen Vergrößerung 10x, 20x und 30x
1.3.3	L	Mikroskop 450x	z.B. zur Untersuchung von Bodenbestandteilen und Bodenlebewesen
1.3.4		Mikroskop 600x	dito
1.5.1	L	Schalenwaage	z.B. zur Ermittlung des Boden-Wassergehalts
1.5.18	L	Temperaturmessgerät	Digital-Thermometer mit Fühler aus Metall

1.5.2	L	Gewichtssatz dazu	Gewichte bitte nur mit sauberer Pinzette fassen
1.5.7	L	(Boden-)Hygrometer	Messstab mit 80 cm Einstechtiefe, nur in lockere Substrate!
1.6.10	L	Bodensiebe	5-teilig, Maschenweite 0,063 – 6,3 mm, zum Ineinanderstellen
1.6.11		Erdbohrer mit Hammer (Pürkhauer)	Zur Herstellung von Bodenquerschnitten (1 m lang), mit Hammer
1.6.12	L	Boden-Thermometer	Messen der Bodentemperatur bis 20 cm Tiefe, -5° - +30°C
1.6.13	L	Bodenthermometer Komposttthermometer	Einstechtiefe etwa 70 cm, Nur für weiche Substrate, -20° - +80°C
1.6.14	L	Boden pH-Meter nach Hellige	Kleine Bodenprobe verfärbt sich nach Zugabe von Indikatorlösung (Farbskala, pH 0 – 14)
1.6.16	L	Boden-pH-Meter	Zur genauen pH-Bestimmung, für Sek. II
1.6.17		Glasrohre	Zur Untersuchung der Wasserdurchlässigkeit von Böden
1.6.17	L	Glasrohre zur Untersuchung der Wasserdurchlässigkeit von Böden	Stativ dazu 1.10.13
1.6.31	L	Chemikalien zur Bodenanalyse mit Photometer	Nachweisreagenzien für Nitrat, Phosphat, Ammonium, Mangan, Karbonathärte, pH-Wert Zur photometrischen Analyse Verfahrensweisen, Eichkurven Auf Anfrage, Beratung empfohlen!
3.2.1	V	Voll- und Mangelnährsalzkonzentrate	Um Ansetzen von Mangelkulturen
3.3.1	V	Düngemittel	Stickstoff-, Phosphor-, Kali-, Kalk-, Volldünger in kleinen Tüten
3.3.2	V	NPK-Dünger	
3.4.1	V	verschiedene Erdarten Tonerde, Lehmerde, Torf, Sand (gewaschener, feiner Kies), Lauberde, Gartenerde (Landerde), Fertigerde (Stecklings-Blumenerde)	kleine Mengen zur Untersuchung oder für Keimversuche mit anderen Pflanzen, analog zur Lieferung Pflanze und Boden
9.2	L	Ellenberg: Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas	Bücher, Gruppensatz
9.2	L	Hofmeister	Lebensraum Wald: (Bodenverhältnisse anhand von Zeigerpflanzen erkennen)

9.2	L	Hofmeister/Garve	Lebensraum Acker (Bodenverhältnisse anhand von Zeigerpflanzen erkennen)
		Material für Schlämmversuche	
	V	Salzsäure 10%	Zum Testen auf Kalk Schäumt mit $CaCO_3$ auf
		Ausgangsgesteine der Bodenbildung (nach Absprache), z.B. Granit, Gneis, Sandstein, Kalkstein	Nach Absprache
		Bestimmungshilfe Bodenlebewesen	Auf Anfrage
		Einfache Bestimmungshilfe Gesteine	Auf Anfrage
	L	Memory „Underground“	Zum spielerischen Kennen lernen von kleinen Bodenlebewesen

Anhang:

Arbeitsblatt:

Böden vergleichen

Arbeitsaufträge für jüngere Schülerinnen und Schüler

1. Lege zu jeder Bodenart das passende Namensschild.

2. Rieche an den verschiedenen Erdarten und versuche den Geruch oder die Unterschiede zu beschreiben.

3. Lasse die verschiedenen Erdarten durch die Finger rieseln und beschreibe die Unterschiede.

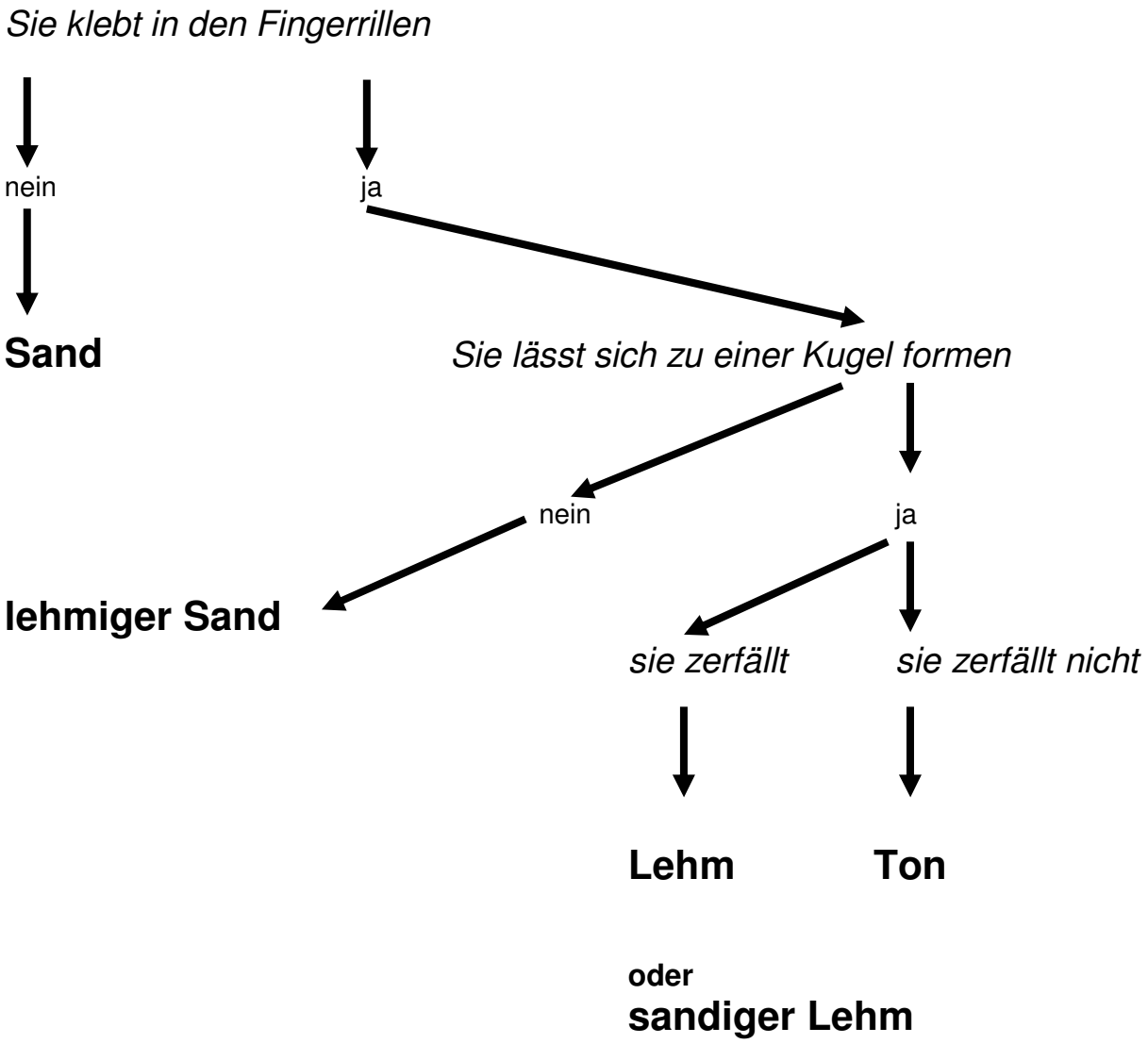
4. Bedecke den Boden eines Marmeladenglases 1cm mit Erde und fülle es mit Wasser auf. Wenn du die Erden nun schüttelst, setzen sich unterschiedlich feine Schichten ab.

Um auch schon mit Grundschulkindern Erdarten über eine einfache Fingerprobe bestimmen zu können, haben wir eine Bestimmungshilfe für Gärtner stark vereinfacht. Sie eignet sich, um Sand, verschiedene Gartenerden oder Ackerböden, Lehm und Ton zu unterscheiden. Den Humusanteil kann man damit nicht bestimmen. Es eignen sich folgende Arbeitsaufträge:

1. Nimm eine feuchte Bodenprobe und zerreibe die Erde mit den Fingern. Bleibt die Erde in deinen Fingerrillen? Schau in der Bestimmungshilfe nach.

2. Nimm einen Löffel Erde in die Hand und träufle etwas Wasser darauf.

   - Kannst du daraus eine Kugel formen?

   - Lass den Klumpen aus 50 cm Höhe fallen. Zerfällt er oder nicht?

Nimm eine feuchte Bodenprobe