

Bodenproben im Waldgarten

Eine Handreichung für "Jedermann"



Abbildungen 1-3. Bodenprobeentnahme im Schrebergarten

Von: Leve Vetter und Lisa Hillenbrand

Entstanden im Rahmen des Seminars: „Waldgärten als multi-funktionale Nachhaltigkeitslösung verstehen“ an der Leuphana Universität Lüneburg.

30.07.2020

<u>Inhaltsverzeichnis:</u>	<u>Seite</u>
Ziel dieser Handreichung	3
Informationen vorab	4
A. Untersuchungen vor Ort	6
1. Humusmächtigkeit	6
2. Bodenstruktur	7
3. Bodenorganismen (Regenwürmer)	8
4. Indikatorpflanzen	9
B. Untersuchungen zu Hause	11
5. Farbe (Bodenart)	11
6. Fingerprobe (Bodenart)	12
7. Humusstabilität und Bodenart (Marmeladenglas)	14
8. Kalk-Test	18
9. pH-Wert	19
Schlussworte	20
Quellen	21

Ziel dieser Handreichung:

Der Aufbau und die Verbreitung von Waldgärten ist ein wichtiger Schritt, hin zu einer regenerativen Landwirtschaft, welche diverse Lebensräume schafft die uns ernähren und die Böden, also unserer aller Lebensgrundlage, schützt und regeneriert und so dem momentanen Raubbau entgegenwirkt, welcher weltweit an Böden und Ökosystemen praktiziert wird.¹

Mit der Entwicklung dieser Handreichung wollen wir Menschen eine einfache Möglichkeit bieten diesen Regenerationsprozess, den sie durch ihr Tun anstoßen, zu beobachten, zu dokumentieren und gegebenenfalls noch erfolgreicher zu gestalten. Der Boden und seine Entwicklung sind hierbei von zentraler Bedeutung.

Der Boden auf dem wir stehen und unsere Nahrung anbauen, ist deutlich komplexer als man auf den ersten Blick denken mag. Aber durch eine genaue Betrachtung und ein paar einfache Tests können wir eine Ahnung davon bekommen, wie es dem Boden geht. Ob er Unterstützung braucht und auf welche Weise er sich über die Jahre verändert.

Mit dieser Handreichung soll die Aufmerksamkeit der Testenden - also von euch - auf einige Details gelenkt werden, damit ihr einfach und systematisch einige Eigenschaften eures Bodens versteht und dementsprechend euren Umgang mit ihm gestalten könnt.

Für die Tests sind kein Vorwissen und nur wenige einfache Werkzeuge erforderlich. Außerdem wird an einigen Stellen weiterführende Literatur angegeben. Dort könnt ihr noch mehr Details und Zusammenhänge erfahren.

Allerdings stehen manche Tests im Spannungsfeld zwischen einfacher Machbarkeit und wissenschaftlicher Verlässlichkeit. Diese Handreichung legt eher den Fokus auf eine einfache Umsetzung. Aus diesem Grund wird zum Beispiel die Bodenprobe nur in 25cm Tiefe genommen und auch die Regenwürmer-Zählung findet im kleineren Ausmaße statt.

Worauf wir in dieser Handreichung nicht näher eingehen werden ist die Untersuchung auf einzelne Nähr- oder Giftstoffe. Bitte recherchiert die historische Nutzung eurer Waldgartenfläche und überlegt, ob eventuell Giftstoffe eingetragen wurden. Diese bleiben meist sehr lange im Boden und werden von den Pflanzen aufgenommen und können bei Verzehr der Pflanzen auch für den Menschen schädlich sein. Es gibt verschiedene Einrichtungen, welche Bodenproben (auch von Privatpersonen) auf diverse Nähr- und Schadstoffe untersuchen. Im Internet sind verschiedene Anbieter zu finden. Die Tests kosten ca. 50-80 €. Gerade wenn eure Flächen in städtischen Bereichen liegen, die vorher nicht landwirtschaftlich genutzt wurden, sollte eine solche Untersuchung unbedingt durchgeführt werden, um eine Gefährdung durch giftige Altlasten ausschließen zu können. Bei diesen Tests werden meistens auch wichtige Nährstoffe mit untersucht, was ja auch ganz spannend sein kann.

¹ Schwinn, Florian: Rettet den Boden – Warum wir um das Leben unter unseren Füßen kämpfen müssen, 2019.

Informationen vorab

1. Was ihr braucht

Neben dieser (ausgedruckten) Handreichung ist in jedem Fall die Dokumentation wichtig, sprich ihr braucht Zettel und Stift oder einen Laptop, sowie eine Kamera/Handy. Vor Ort zur Probeentnahme braucht ihr einen Spaten, ein Maßband/Lineal und dann, pro Probe, ein Marmeladenglas.

Für die Untersuchungen zu Hause braucht ihr insgesamt: pH-Papier/pH-Messgerät, etwas Essigessenz, (wenn möglich destilliertes) Wasser, eine Stoppuhr, ein Folien/Glas-Marker, ein Lineal und möglichst hohe dünne Gefäße.

2. Wie Mensch eine Bodenprobe nimmt

Zunächst wird ein Loch ausgehoben (die Fläche A, s. Abb. 4). Dafür wird ein Bereich, der der Größe des Spatenblattes entspricht, mit tiefen Spatenstrichen umrandet und schließlich diagonal bzw. keilförmig ausgehoben. An der nun entstandenen geraden Wand wird ein Stück (Fläche B) mit einem geraden Spatenstich genommen. Die Erde sollte auf dem Spaten liegen bleiben und kann nun untersucht werden. Das Spatenblatt sollte ca. 25 cm lang sein.²

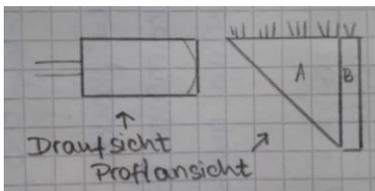


Abbildung 4. Spatenprobe

Zu beachten ist die Tiefe der Bodenprobe - wollt ihr verschiedene Standorte miteinander vergleichen, ist eine Probe unterhalb des humusreichen Oberbodens (also ca. in 10-15cm Tiefe) empfehlenswert. Ihr könnt aber auch innerhalb eines Standortes auf verschiedenen Tiefen Proben entnehmen und untersuchen.

Für die Untersuchungen zu Hause, werden Proben in Marmeladengläsern gesammelt, von der Menge her wird nur eine gute Handvoll Boden gebraucht (siehe Marmeladenglas-Test (Nummer 7)).

² Huber, Kathrin; Fliessbach, Andreas: Den Boden unter den Füßen kennen – Spatenprobe sei Dank. In: Bioaktuell 10 (S.20-21), 2016.

3. Wo und wie häufig beprobt werden sollte

Grundsätzlich gilt: je mehr Proben, desto genauer die Aussagen über den Boden. Auch eine einzelne untersuchte Probe gibt schon viele spannende Informationen. Die konkrete Anzahl der Proben die ihr nehmt, ist jedoch abhängig von den Informationen, die ihr haben wollt bzw. von der Anzahl an Flächen / Bodennutzungsweisen, die ihr miteinander vergleichen möchtet. Ein möglicher Vergleich wäre zwischen bewirtschafteten und nicht-bewirtschafteten Flächen. Und natürlich hängt die Beprobung ab von eurer Kapazität.

Zu einer grundsätzlichen Bestimmung des Bodens ist ein vorher möglichst unberührter/naturnaher Ort zu wählen, um Störungen des Profils auszuschließen. Falls Bäume vorhanden sind, ist ein Ort im äußeren Kronendrittel eines Baumes empfehlenswert, da hier der Boden vermutlich weder verdichtet noch bearbeitet ist.

Die einzelnen Parameter werden sich innerhalb eines Jahres wahrscheinlich nicht messbar verändern, weshalb die jährliche Durchführung der Tests nicht notwendig ist. Eine Zeitspanne von drei bis fünf Jahren zwischen den Test ist angemessen.³

4. Wie sinnvoll dokumentiert wird

Eine klare Dokumentation ist notwendig, damit die Ergebnisse auch noch Jahre später ersichtlich sind, gerade die Entwicklung des Bodens über die Zeit der Nutzung ist ein wichtiger Aspekt. Ganz allgemein eignen sich Tabellen für die Dokumentation der Ergebnisse und Fotos von den einzelnen Proben, um später nochmal Vergleiche zu ermöglichen. Sowohl die Bilder als auch die Einträge in den Tabellen sollten den einzelnen Proben klar zuordenbar sein. Es sollte dokumentiert werden, an welchen Stellen die Proben entnommen wurden.

Neben den Ergebnissen ist die Dokumentation des Standortes und des Wetters wichtig. Standortsspezifische Merkmale sind z.B. Gefälle, Nähe zu einem Fluss oder Bewuchs; es kann hilfreich sein, diese, wie auch den Ort der Probenentnahme, in einer Karte zu vermerken. Das Wetter hilft bei der Interpretation der Ergebnisse - Niederschläge der vergangenen 48 Stunden sollten mit Zeitpunkt und Intensität festgehalten werden.

³ Forschungsinstitut für biologischen Landbau (hrsg.): Merkblatt Bodenuntersuchungen im Biobetrieb, 2008.

Untersuchungen vor Ort

1. Humusmächtigkeit

Ziel: An der Probe oder dem kleinen Profilaufriß die Höhe der Humusschicht messen

Versuchsanleitung: Die Trennlinie zwischen schwarzer Humusschicht und nicht ganz so dunklen bzw. braunen Mineralboden wird ausfindig gemacht und gemessen. Als Orientierungswert: unbewirtschafteter gesunder Boden hat eine Humusmächtigkeit von ca. 3cm wie in den Abbildungen 5 u. 6 zu sehen ist, aber gemulchter Boden bis zu 10cm.

Materialien: Maßband/ Lineal

Dokumentation: Tabellarisch

Weiterführende Informationen: In der Humusschicht werden abgestorbene Pflanzenteile von Mikroorganismen zersetzt und die Nährstoffe erneut den Pflanzen verfügbar gemacht. Das organische Material nimmt sehr gut Wasser auf und weist gleichzeitig viele Poren auf die eine gute Belüftung realisieren.

Die Humusschicht wird als O-Horizont bezeichnet: O steht für organisches Material. Der Boden ist in Horizonte gegliedert, unterhalb des O-Horizontes folgt A (organisch mineralischer Oberbodenhorizont), B (verwitterter Unterbodenhorizont) und C (Ausgangsgestein). Allerdings gibt es neben diesen grundsätzlichen Begriffen noch viele weitere Unterteilungen.

Interpretationshilfe: Viel Humus zeugt von einem aktiven Bodenleben, welche den Pflanzen Nährstoffe zur Verfügung stellen - und das ist sehr gut. Verschiedene Maßnahmen (z.B. Mulchen) können das Bodenleben fördern.



Abbildung 5+6. Humusmächtigkeit

2. Bodenstruktur

Ziel: Dieser Versuch soll zeigen, wie locker / verdichtet der Boden ist - Unterschiede zwischen verschiedenen Standorten und über die Jahre sind (hoffentlich) spannend.

Versuchsanleitung: Schaut euch die auf dem Spaten liegende Probe an:

1. Gibt es größere Strukturen (z.B. Kanten) oder ist der Aufschluss recht einheitlich?
2. Enthält die Probe viele Wurzeln? Sind diese eher fein oder kräftiger?
3. Wie riecht die Probe? Unauffällig nach Erde oder stinkt sie vielleicht?
4. Sind Poren zu erkennen? Wenn ja, wie viele und wie groß? Als Orientierungshilfe kann die folgende Abbildung an:

			Makroporenanteil: Anteil makroskopisch sichtbarer Poren (Pa) am Bodenvolumen			
			Vol-%	1 - < 2	2 - < 5	5 - ≤ 10
Einstufung der Porengröße			Bezeichnung	gering	mittel	hoch
			Kurzzeichen	f 2	f 3	f 4
überwiegender Ø [mm]	Bezeichnung	Kurzzeichen				
0,5 < 1	fein	gri 2				
1 < 2	mittel	gri 3				
2 ≤ 5	grob	gri 4				

Abbildung 7. Bodenporen⁴

Dokumentation: Legt euch eine Tabelle an, in der ihr die Fragen beantwortet.

Weiterführende Informationen: Ein lockerer Boden ist wünschenswert, unter anderem weil die Pflanzen es so einfacher haben, ihre Wurzeln auszustrecken und Wasser zu speichern. Boden verdichtet sich durch Belastung: durch menschliches Gewicht oder noch gravierender durch Maschinen.

Interpretationshilfe: Verdichteter Boden zeigt sich durch: (1) Große Kanten, (2) weniger Wurzeln - besonders keine feinen, (3) Gestank - denn: Geruch durch Fäulnis/ Gärung die passiert, wenn der Boden schlecht durchlüftet ist und (4) wenige und kleine Poren.

⁴ Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Hrsg.): Bodenkundliche Kartieranleitung, 5. Auflage, 2015, S. 124.

3. Bodenorganismen (Regenwürmer)

Ziel: Mit diesem Test bekommst du einen weiteren Einblick in die Fruchtbarkeit des Bodens. Regenwürmer sind eine leicht erkennbare Art und ermöglichen eine grobe Einschätzung, wie gut es um das Bodenleben bestellt ist.

Versuchsanleitung: Stich mit einem Spaten einen Würfel von 20 cm Kantenlänge aus dem Boden aus und zähle wie viele Regenwürmer sich darin befinden.

Dokumentation: Aufschreiben der gefundenen Zahl.

Weiterführende Informationen: Es kann gut sein, dass ihr bei dieser Untersuchung gar keine Regenwürmer findet - und das muss nicht am schlechten Boden liegen. Zuerst ist die Untersuchungsgröße sehr klein, sodass die Wahrscheinlichkeit die zufällig verteilten Tiere zu finden gering ist (aber einen 1m³ Würfel wäre wiederum zu groß). Weiterhin können das Wetter oder von euch ausgegangene Störungen die Regenwürmer vertrieben haben.

Solltet ihr keine Regenwürmer finden, könntet ihr nach Spuren von ihnen Ausschau halten: zum Beispiel nach Wurmröhren oder Kothaufen. Auch andere Bodenorganismen könntet ihr notieren, zum Beispiel Käfer oder Larven.

Interpretationshilfe: Findet ihr mehr als acht Regenwürmer ist der Boden sehr gut, sollten es weniger als vier sein, ist er recht arm an Leben.⁵



Abbildung 8. Auszählung Regenwürmer

⁵ Remiarz, Tomas: Forest Gardening in Practice – An illustrated Practical Guide for Homes, Communities and Enterprises (S.231-232), 2017.

4. Indikatorpflanzen

Ziel: Unterschiedliche Pflanzen haben verschiedene Ansprüche auf ihre Umgebung. Diese Eigenschaft kann man sich umgekehrt zu Nutze machen und anhand der vorhandenen Pflanzen Rückschlüsse auf Nährstoffe im Boden ziehen. Ziel ist es somit, einige der vorhandenen und wildwachsenden Pflanzen zu klassifizieren.

Versuchsanleitung: Anhand des Fotos sollen die Pflanzen bestimmt und quantifiziert werden (s. Tabelle 1). Höchstwahrscheinlich werden sich nicht alle Pflanzen im Waldgarten finden lassen. Der Fokus sollte bei Pflanzen in unmittelbarer Nähe der Probenentnahme liegen.

***Anmerkung:** Die meisten Pflanzengattungen haben eine Vielzahl an Arten die sich oft recht ähnlich sind – deshalb Verwechslungsgefahr! Im Zweifelsfall in einem Pflanzenlexikon oder dem Internet nachgucken.*

Hilfestellung zur Dokumentation: Es bietet sich an, sowohl Pflanze als auch Eigenschaft zu notieren.

Weiterführende Informationen: Dies ist nur ein kleiner Ausschnitt bekannterer und aussagekräftiger Pflanzen - Wachstumsbedingungen anderer Pflanzen sind ausführlich in Nachschlagwerken dokumentiert, wie: "Marcus Schmidt, Wolf-Ulrich Kriebitzsch & Jörg Ewald (Red.): Waldartenlisten der Farn- und Blütenpflanzen, Moose und Flechten Deutschlands" - aus diesem Werk stammen auch die hier zusammengefassten Informationen.

Interpretationshilfe: Die Aussagen der Pflanzen über den Boden sind der Tabelle zu entnehmen. Allerdings muss an dieser Stelle die Aussagekräftigkeit des Tests kurz diskutiert werden: denn je nach Bearbeitung der Fläche wurden/werden Beikräuter an verschiedenen Standorten regelmäßig entfernt - also können anhand der Beikräuter in diesem Fall oft keine starken Rückschlüsse auf die Bodenbedingungen gezogen werden.

Sollte die Kombination aus Pflanzen gar nicht zusammenpassen, kann dies zwei Gründe haben: Erstens ist die falsche Bestimmung nicht auszuschließen und zweitens wurde mit der Tabelle die Komplexität der Pflanzen stark runtergebrochen – es geht zum Beispiel nicht hervor, welche Standortfaktoren limitierend sind und welche wiederum von der Pflanze toleriert werden können.

Tabelle 1. Indikatorpflanzen

				
<p>Große Brennnessel Übermäßig stickstoffreiche Standorte anzeigend</p>	<p>Kletten-Labkraut Stickstoffreiche Standorte anzeigend</p>	<p>Weiches Honiggras Starksäure-anzeiger Stickstoffarme Standorte anzeigend</p>	<p>Besenginster Säureanzeiger</p>	<p>Knoblauchrauke Übermäßig stickstoffreiche Standorte anzeigend</p>
				
<p>Scharfer Mauerpfeffer Starktrocken-anzeiger Stickstoffärmste Standorte anzeigend</p>	<p>Trollblume (Butterblume) Feuchteanzeiger</p>	<p>Königsfarn Nässeanzeiger</p>	<p>Zaunwinde Übermäßig stickstoffreiche Standorte anzeigend</p>	<p>Giersch Stickstoffreiche Standorte anzeigend</p>

Untersuchungen zu Hause

5. Farbe

Ziel: Dokumentation der Farbe, die Aufschluss zur Bodenart gibt.

Versuchsanleitung: Durch reines Beobachten soll die Farbe des Bodens (grob) bestimmt werden. Zur besseren Vergleichbarkeit werden alle Proben soweit befeuchtet, dass sich die Farbe durch weitere Befeuchtung nicht mehr ändert.

Notiert bitte Antworten auf die folgenden zwei Fragen, Abb. 9 kann Orientierung bieten:

1. Welche Farbe hat der Boden? (Eher braun, schwarz oder...?)
2. Wie stark ist die Farbe? (mehr oder weniger intensiv)



Abbildung 9. Verschiedene Bodenfarben⁶



Abbildung 10. Vergleich Bodenfarbe

Dokumentation: Fotos sind nützlich (siehe Abb. 8) und /oder eine künstlerische Beschreibung

Weiterführende Informationen: Dies ist eine starke Vereinfachung der wissenschaftlichen Methode. Das Standardwerk zur Bestimmung der Bodenfarbe sind die Munsell-Farbtafeln, bei denen die Farbe anhand der drei Parameter Farbe, Intensität und Helligkeit beschrieben und verglichen wird.

Interpretationshilfe: Unterhalb der Humusschicht beginnt der Mineralboden. Hier ist die Zusammensetzung aus Sand, Lehm und Ton interessant, welche mit dem Begriff Bodenart beschrieben wird. Prinzipiell lässt sich festhalten, dass ein hellerer und brauner Boden meist durch einen hohen Sandanteil geprägt ist und dunkler Boden durch kleinere Partikel, sowie Humus. Als Faustregel gilt, dass ein dunkler Boden "besser" ist. Allerdings können auch Spurenstoffe wie Eisen die Farbe beeinflussen, welche hier nicht beachtet werden.

⁶ Wikipedia: Humusgehalt, 2020, <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/66/Humusgehalt.jpg/1200px-Humusgehalt.jpg>, (letzter Zugriff: 27.07.20.)

6. Fingerprobe

Ziel: Die Bindigkeit des Bodens zwischen den Fingern gibt Auskunft über seine Zusammensetzung (Sand, Schluff oder Ton).

Versuchsanleitung: Man nimmt eine Handvoll Boden und testet seine Elastizität - die Bodenprobe sollte unterhalb der Humusschicht genommen werden und muss leicht befeuchtet werden. Da sich die Bodenart innerhalb weniger Meter nicht grundlegend ändert, ist es sinnvoll nur eine Mischprobe zu untersuchen. Diese bildet ihr aus gleichen Anteilen der genommenen Proben und mischt sie gut. Für die eigentliche Fingerprobe folgt bitte den Anweisungen der Abbildung 10.

***Anmerkung:** Um mit dieser Methode sicher die Bodenart zu bestimmen braucht es einiges an Fingerspitzengefühl und Erfahrung. Solltest du dir unsicher sein, gib einfach dein Bestes und gleiche dein Ergebnis mit dem Resultat aus Test 7 ab, welcher ebenfalls eine Einschätzung zur Bodenart gibt.*

Dokumentation: Notiert euch das Ergebnis.

Weiterführende Informationen: Siehe Test 7, da dort ebenfalls die Bodenart erforscht wird.

Interpretationshilfe: Jede Bodenart hat individuelle Ansprüche, sowie Vor- und Nachteile. Grob zusammenfassend lässt sich festhalten, dass "extreme" Böden am schwierigsten sind: von Sand dominierte Böden enthalten meist wenig Nährstoffe, da sie Wasser kaum halten können und dieses beim schnellen Versickern die Nährstoffe mit sich reißt. Von Ton dominierte Böden ("schwere Böden") neigen zu Staunässe, da Wasser nicht versickern kann. Jedoch gibt es Pflanzen, die genannte Extreme mögen - mit ein wenig Recherchearbeit wird der Garten trotzdem fruchtbar wachsen.

Schätzen der Bodenart

1.) Versuch, die Probe* zwischen den Handtellern zu einer bleistiftdicken Wurst auszurollen		
a) ausrollbar	zu 6.)	
b) nicht ausrollbar, reißt und bricht bei Verformung	zu 2.)	
<hr/>		
2.) Prüfen der Bindigkeit zwischen Daumen und Zeigefinger		
a) bindig, Einzelkörner sicht- und fühlbar, Probe haftet am Finger	lehmiger Sand	Sl
b) nicht oder nur schwach bindig	zu 3.)	
<hr/>		
3.) Prüfen der Körnigkeit		
a) Sandkörner gut sicht- und fühlbar	zu 4.)	
b) Sandkörner nicht oder kaum sicht- und fühlbar, deutlich Feinsubstanz in den Fingerrillen	zu 5.)	
<hr/>		
4.) Zerreiben auf der Handfläche		
a) in den Fingerrillen etwas mehlig-stumpfe Feinsubstanz sichtbar	schluffiger Sand	Su
b) in den Fingerrillen keine Feinsubstanz, rau	Reinsand	Ss
<hr/>		
5.) Prüfen der Körnigkeit/Konsistenz		
a) samtartig-mehlig; nicht bindig, reißt und bricht stark beim quetschen	Schluff	Uu
b) samtartig-mehlig, wenige Einzelkörner fühlbar; sonst wie 5.a)	sandiger Schluff	Us
<hr/>		
6.) Versuch die Probe zu einer Wurst von halber Bleistiftstärke auszurollen		
a) ausrollbar	zu 9.)	
b) nicht ausrollbar	zu 7.)	
<hr/>		
7.) Prüfen der Körnigkeit		
a) Sandkörner deutlich sicht- und fühlbar	zu 8.)	
b) Sandkörner nicht oder kaum sicht- und fühlbar, stark mehlig; reißt leicht und bricht bei Verformung, schwach (gering) bindig	toniger Schluff	Ut
<hr/>		
8.) Beurteilen der Menge an Feinsubstanz		
a) wenig Feinsubstanz; schwach bis mittel bindig und formbar	toniger Sand	St
b) mäßig Feinsubstanz, mittel bindig, schwach glänzende Reibfläche	stark sandiger Lehm	Ls4
<hr/>		
9.) Prüfen der Körnigkeit		
a) Sandkörner gut sicht- und fühlbar; viel Feinsubstanz, wird beim ausrollen schwach rissig	sandiger Lehm	Ls3
b) Sandkörner nicht oder kaum sicht- und fühlbar, leicht ausrollbar	zu 10.)	
<hr/>		
10.) Versuch die Wurst zu einem Ring zu formen		
a) nicht oder schlecht formbar; wird brüchig	zu 11.)	
b) gut formbar	zu 12.)	
<hr/>		
11.) Prüfen der Konsistenz		
a) klebrig mehlig, körnig, glänzende Reibfläche	schluffiger Lehm	Lu
b) stark bindig, zähplastisch; schwach glänzende, körnige Gleitfläche	sandiger Ton	Ts
<hr/>		
12.) Beurteilen der Gleitfläche bei der Quetschprobe		
a) Gleitfläche stumpf, körnig	Lehm [L]	Lts
b) Gleitfläche sehr schwach glänzend	zu 13.)	
c) Gleitfläche glänzend; stark plastisch	zu 14.)	
<hr/>		
13.) Prüfen der Körnigkeit		
a) sehr wenige einzelne Sandkörner fühlbar	toniger Lehm	Lt
b) sicher keine Sandkörner fühlbar; stark plastisch	schluffiger Ton	Tu
<hr/>		
14.) Prüfen zwischen den Zähnen		
a) knirschen	lehmiger Ton	Tl
b) butterartige Konsistenz, mm-dünn ausrollbar	Ton	Tt

*Die Bodenprobe darf nicht so naß sein, daß Wasser ausgepreßt werden kann, muß jedoch so feucht sein, daß die Farbe bei Wasserzugabe nicht dunkler wird.

Abbildung 11. Anleitung Fingerprobe⁷

⁷ Grabung e.V. (Hrsg.): Bodenkundliche Feldmethoden in der Archäologie. (Bodenart und -farbe) http://www.grabung-ev.de/grabung_aktuell/GA14-03.pdf (letzter Zugriff: 30.07.20)

7. Tests im Marmeladenglas

Ziel: Hier werden 2 Tests durchgeführt, die den gleichen Versuchsaufbau haben. Der Erste ist eine Ergänzung zur Fingerprobe, es wird mit einer anderen Methode die Bodenart bestimmt weniger schnell, dafür aber genauer. Der Zweite untersucht die Aktivität der Mikroorganismen im Boden.

Anmerkung: *Ihr könnt also die Probe, die ihr ansetzt, nach der ersten Auswertung stehen lassen und direkt für den nächsten Test verwenden! Also nicht wegtun oder schütteln!*

Versuchsanleitung:

Material: Marmeladenglas (oder ein anderes möglichst schlankes und hohes gleichmäßig geformtes Glasgefäß), destilliertes Wasser (sollte keines zur Verfügung stehen geht auch Leitungswasser, der zweite Teil könnte dadurch unter Umständen verfälscht werden), Folien/Glas-Marker, Lineal

Durchführung: Den Boden grob zerkleinern und in ein Glasgefäß füllen (1/3 Füllhöhe). Steine größer als 2mm können vorher entfernt werden. Das destillierte Wasser bis 1 cm unterhalb des Gefäßrandes auffüllen. Das Glas verschließen und mindestens 1 Minute über Kopf schütteln, dann abstellen. Möglichst einen hellen und weißen Hintergrund wählen.

Beobachtung: Markiert nach ca. 10 Sekunden wie hoch sich das Material schon abgesetzt hat, nach dieser Zeit sollte eine recht deutliche Grenze zwischen zwei Ablagerungsschichten sichtbar werden, nehmt diese Grenze als Trennlinie. Dies ist der Sandanteil. Lass das Glas nun 10 Minuten stehen und markiert erneut die Obergrenze der bisherigen Ablagerung. In diesem Teil sollte noch eine gewisse Struktur sichtbar sein. Dies ist der Schluffanteil. Lasst das Glas nun ca. 6-8 Stunden stehen. Die letzte Schicht sollte sehr homogen sein und keine Struktur mehr aufweisen. Dies ist der Tonanteil. Abbildung 12 zeigt ein Beispiel wie so etwas aussehen kann.

Auswertung Teil 1 Bodenart: Jetzt wo sich die gesamte Erde wieder abgesetzt hat, können wir die Mengenanteile der verschiedenen Bestandteile ermitteln. Wundert euch nicht, wenn das Wasser noch trüb ist, damit setzen wir uns im nächsten Schritt auseinander.

Zuerst messt ihr mit dem Lineal, wie hoch sich die Erde insgesamt abgesetzt hat, also alle 3 Schichten zusammen. Dann messt ihr die Dicke von jeder einzelnen Schicht. Die meisten Gefäße werden unten am Boden eine Rundung haben. Das ist nicht so schlimm. Es wird an der Gesamtrechnung nicht stark etwas verändern.

Jetzt wird es etwas mathematisch, ihr wendet den Dreisatz an. Die Tabelle 2 zeigt hierfür ein Beispiel. Die Höhe der gesamten Probe entspricht 100 % Mengenanteil. Teilt nun 100 durch diesen Wert (im Beispiel sind das 4,7 cm). Dann wisst ihr wie viel Prozent der Probe einer Schichthöhe von 1 cm entspricht. (Hier sind das ca. 21,28 %). Mit diesem Wert könnt ihr weiter rechnen, indem ihr ihn mit den jeweiligen Schichthöhen der Sand-, Schluff- und der Tonschicht multipliziert. (Also $21,28 \times 2,6 = 55,33$ % für den Sandanteil und $21,28 \times 1,6 = 34,05$ % für Schluff, usw.)

Tabelle 2. Beispielrechnung Marmeladenglas Test

	Schichthöhe in cm	Mengenanteil in Prozent %
Gesamte Probe	4,7	100
1 cm	1	≈21,28
Sandanteil	2,6	≈55,33
Schluffanteil	1,6	≈34,05
Tonanteil	0,5	≈10,64



Abbildung 12. Durchführung Marmeladenglastest

Diese Prozentzahlen könnt ihr nun nutzen um in der folgenden Grafik (Abb.13) die Bodenart zu bestimmen.

In der Grafik wird auf der liegenden Achse der Tonanteil angegeben und auf der stehenden Achse der Schluffanteil. Der Sandanteil wird nicht explizit aufgeführt, aber er ist immer "der Rest". Wenn ein Boden 0 % Ton und 0 % Schluff aufweist, ist es also ein reiner Sandboden. Die großen Buchstaben stehen für die dominante Bodenart: U für Schluff, T für Ton, S für Sand und L für Lehm. Als Lehm wird ein Boden bezeichnet, in dem alle Bestandteile in relativ ausgewogenen Anteilen vorkommen. Die kleinen Buchstaben beschreiben die Bodenart genauer. Um Beispiele zu geben: bei der Abkürzung Lu handelt es sich also um schluffigen Lehm Boden, unsere Beispiel Probe aus der Tabelle ist folglich lehmiger Sandboden.

Die Zahlen, die in der Grafik hinter den Buchstaben stehen könnt ihr außer Acht lassen. Nehmt euch ein paar Minuten um euch in Ruhe mit dieser Grafik auseinander zu setzen.

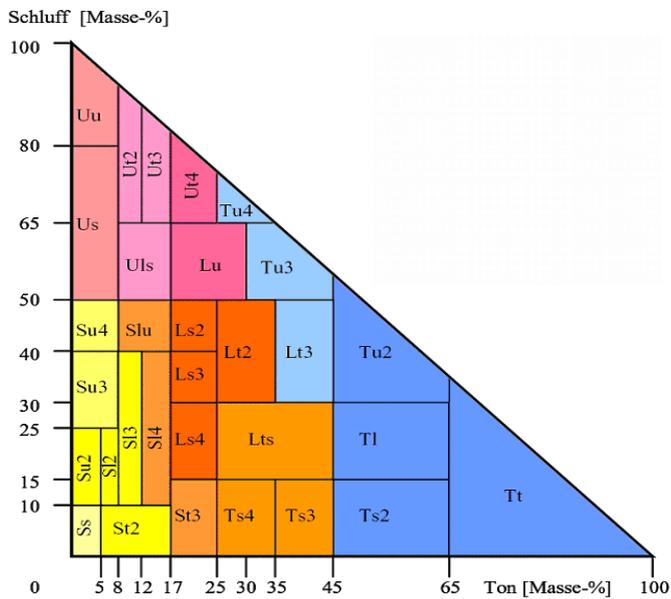


Abbildung 13. Bestimmung der Bodenart⁸

Weiterführende Informationen:

Hier ist eine Übersicht mit einigen Eigenschaften der verschiedenen Bodenarten

Tabelle 3. Eigenschaften der Bodenart⁹

Eigenschaften der Bodenarten					Legende zur Tabelle	
Eigenschaft/Bodenart	Sand	Schluff	Ton	Lehm	Signatur	Bedeutung
Bearbeitung	++	±	--	+	++	sehr gut (sehr hoch)
Nährstoffspeicherung	--	-	++	+	+	gut (hoch)
Nährstoffnachlieferung	-	+	++	++	±	befriedigend (mittel)
Schadstoffakkumulation	-	+	++	++	-	schlecht (wenig)
Wasserkapazität	--	+	++	++	--	sehr schlecht (sehr wenig)
Wassernachlieferung	-	++	-	+	+	gut (hoch)
mechanische Filterung	+	++	-	+	--	sehr schlecht (sehr wenig)
physiko-chemische Filterung	--	-	++	+	+	gut (hoch)
Dränung	++	--	-	±	±	befriedigend (mittel)
Erodierbarkeit	±	+	--	-	-	schlecht (wenig)
Struktur des Bodens	-	+	-	++	++	sehr gut (sehr hoch)

⁸ Wikipedia: Bodenart, 2020, https://de.wikipedia.org/wiki/Bodenart#Bedeutung_der_Bodenart (letzter Zugriff: 27.07.20)

⁹ Wikipedia: Bodenart, 2020

Auswertung Teil 2 - Humusstabilität:

Jetzt wird das Wasser angeschaut. Bei dem Wasser gibt es zwei verschiedene Aspekte die es sich lohnt zu beachten. Die Färbung des Wassers und die Trübung des Wassers. Sie geben Hinweise dafür, ob der Humus in einem guten gesunden Zustand ist. Die Ursachen, die in den beiden Tabellen genannt werden, sind sehr grob und allgemein gehalten. Das liegt daran, dass die Färbung und Trübung aus vielen verschiedenen Gründen auftreten kann. Die Ergebnisse können erstmal nur aufzeigen, ob der Humus in gutem Zustand ist oder nicht. Und wenn nicht, zeigen sie einige Faktoren auf, die dafür verantwortlich sein können. Es lohnt sich in diesem Fall nochmal genauer hinzuschauen!

Tabelle 4. Auswertung des Marmeladenglastests: Färbung¹⁰

Färbung	Beurteilung	Ursachen	Mikroorganismen
 1	nur stabile Anteile organischer Substanz	Optimale Milieubedingungen für biologische Aktivität	hohe Vielfalt Bakterien
2	vorwiegend stabile Anteile organischer Substanz	Vorw. optimale Milieubedingungen für biologische Aktivität	Mittlere Vielfalt Bakterien
3	deutlich sichtbare Anteile löslicher organischer Substanz	Zeitweilig suboptimale Milieubedingungen für biolog. Aktivität (z.B. organische Dünger)	Aktivität kurzfristig stark beeinträchtigt
 4	hohe Anteile löslicher organischer Substanz, Ab- und Umbau gestört	Suboptimale Bedingungen: - feucht/trocken - sauer/basisch - kalt/warm - Überschuss/Mangel	Zunehm. Pilze/ eingeschr. Bakterien
5	sehr hohe Anteile löslicher organischer Verbindungen, Ab- und Umbau stark gestört	Extrembedingungen: - feucht/trocken - sauer/basisch - kalt/warm - Überschuss/Mangel	Pilze/spezialisierte Bakterien

Tabelle 5. Auswertung des Marmeladenglastests: Trübung¹¹

Trübung	Beurteilung	Ursachen	Verschlämmung Luftmangel Erosion
 1	stabile Aggregate	Ca-Bücken Lebendverbauung	+++
2	vorwiegend stabile Aggregate	Ca-Brücken Lebendverbauung	++
3	mäßig stabile Aggregate	kurzfristige Überdüngung Versauerung vermind. biolog. Aktivität	+ -
 4	instabile Aggregate	1 wertige Ionen (z.B. K) Versauerung vermind. biolog. Aktivität	- -
5	kein Zusammenhalt der Aggregate	1 wertige Ionen (z.B. K) starke Versauerung vermind. biolog. Aktivität	- - -

Dokumentation: Fotografiert die Probe und notiert die Mengenanteile und die daraus resultierende Bodenart. Notiert außerdem den Grad der Trübung und Färbung.

¹⁰ Unterfrauer, Hans: Bodentests selber machen (Präsentation), 2011, https://www.bodenoekologie.com/wp-content/uploads/2015/07/2011_Bodentests_selber_machen.pdf (letzter Zugriff: 28.06.20)

¹¹ Unterfrauer, Hans: Bodentests selber machen (Präsentation), 2011

Tipp: Es ist wichtig, dass die Fotos weitestgehend unter konstanten Bedingungen aufgenommen werden. Also möglichst vor einem weißen Hintergrund und mit gleicher Beleuchtung, da diese Faktoren die Farbwahrnehmung beeinflussen.

8. Kalk Test

Ziel: Das Ziel ist zu ermitteln, ob und wie viel Kalk sich ungefähr im Boden befindet. Kalk ist ein wichtiger Säureregulator. Wenn sich Kalk im Boden befindet stabilisiert er den pH-Wert, da der Kalk, mit Säuren die eingetragen werden, reagiert und sie so neutralisiert. Bei zu sauren Bodenverhältnissen werden einige Schadstoffe, wie vor allem Schwermetalle, stärker von Pflanzen und anderen Bodenorganismen aufgenommen und können Ihnen so schaden. Einige wichtige Nährstoffe können bei zu niedrigen pH-Werten aus dem Boden ausgewaschen werden.¹²

Versuchsanleitung:

Material: Ihr braucht etwas Bodenprobe, einen kleinen Teller und einige Tropfen Essigessenz (oder 10%ig verdünnte Salzsäure aus der Apotheke).

Durchführung: Legt etwas Bodenprobe auf den Teller und tröpfelt etwas Essigessenz drüber.

Beobachtung: Ist eine Reaktion zu erkennen? Wenn Kalk enthalten ist, zischt/knistert leicht und es bilden sich gegebenenfalls Bläschen.

Tabelle 6. Wirkung von Essigessenz / Salzsäure (HCl) auf den Boden¹³

Wirkung HCl	Kalkgehalt	Beurteilung
keine Reaktion	< 0,5%	kalkfrei
knistern	0,5 – 2%	schwach kalkhaltig
deutliches Aufbrausen	2 – 5%	mäßig kalkhaltig
starkes Aufbrausen	> 5%	stark kalkhaltig

Dokumentation: Reaktion beschreiben und geschätzten Kalkgehalt notieren.

Interpretationshilfe: Das (eventuelle) Sprudeln ist chemisch zu erklären: bei der Reaktion von Kalk (CaCO₃) mit Essigsäure (H₃C-COOH) wird unter anderem Kohlenstoffdioxid (CO₂) freigesetzt - ein Gas. Dieser Test ist in Kombination mit der pH-Wert-Messung zu sehen: sollte der ermittelte pH-Wert zu sauer sein, ist das Zugeben von Kalk eine geeignete Methode, um den Boden ein wenig basischer zu machen (Kalkdüngung).

¹² Bayerisches Landesamt für Umwelt: Versauerung, 2020, https://www.lfu.bayern.de/boden/was_gefaehrdet_boeden/versauerung/index.htm [letzter Zugriff: 30.07.20].

¹³ Unterfrauner, Hans: Bodentests selber machen (Präsentation), 2011

9. pH-Wert-Messung

Ziel: Der pH-Wert gibt Aufschluss, wie sauer/ basisch der Boden ist.

Versuchsanleitung: Es gibt verschiedene Möglichkeiten: am populärsten sind die Benutzung eines Messgeräts oder einfachen pH-Messstreifen, welche es in der Apotheke gibt; die anderen Produkte nur im Fachhandel oder Internet. Vor- und Nachteile ergeben sich aus der Abwägung zwischen Preis und Langlebigkeit.

Die Versuchsanleitung hängt sehr von dem gewählten Medium ab und in jedem Fall ist die spezifische Anleitung zu beachten! Hier eine grobe Beschreibung:

Bestimmung mit Messgerät: Elektroden in mit (destilliertem) Wasser verrührte Bodenproben oder direkt in die Erde stecken, der pH-Wert wird digital angezeigt.

Bestimmung mit Teststreifen: Den Streifen in mit (destilliertem) Wasser verrührte Bodenprobe tauchen und die Verfärbung des Streifens abgleichen. Siehe Abbildung 14.

Dokumentation: In diesem Test wird ein konkreter Wert ermittelt, der (tabellarisch) notiert wird.

Weiterführende Informationen: Der pH-Wert bedingt stark die Aufnahmekapazität von Nährstoffen für die Pflanzen und damit deren Wachstum, er ist somit fast wichtiger als das Vorhandensein der Nährstoffe selbst. Wichtiger - aber auch wesentlich komplizierter - ist die Kationenaustauschkapazität, die aus dem pH-Wert abgeleitet werden kann.¹⁴

Interpretationshilfe: Die pH-Wert-Skala reicht von 1 (sehr sauer) über 7 (neutral) zu 14 (sehr basisch). Ganz allgemein sollte Boden für die Nährstoffaufnahme einen pH-Wert von 5,4-7 haben, also leicht sauer sein. Optimal für euren Waldgarten-Boden wäre ein Wert zwischen 6-7.¹⁵

Sollte der pH-Wert unerwartet basisch sein, könnte dies an einem großen Tonanteil liegen.



Abbildung 14. pH-Test

¹⁴ Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (hrsg.): Bodenkundliche Kartieranleitung, 5. Auflage, 2015, S. 366-367

¹⁵ Forschungsinstitut für biologischen Landbau (hrsg.): Merkblatt Bodenuntersuchungen im Biobetrieb, 2008. (online: <https://orgprints.org/25230/1/1311-bodenuntersuchungen.pdf>, (letzter Zugriff: 26.5.2020)

Schlussworte

Das war's auch schon - hoffentlich hattet ihr Spaß bei den Untersuchungen und habt ungeahnte Erkenntnisse über den Boden unter euren Füßen erlangt!

Was uns noch auf dem Herzen liegt ist, dass es eigentlich keinen schlechten Boden gibt! Es gilt einen guten Umgang mit ihm zu etablieren. Mit richtigen Maßnahmen, sei es eine bestimmte Bodenbearbeitung oder Bepflanzung, ist es möglich mit jedem Boden einen prächtigen Waldgarten zu gestalten. Mensch lernt nie aus, darum gilt es neugierig zu sein und auszuprobieren.

Sollten noch Fragen offengeblieben sein (wahrscheinlich, denn wir haben viel gekürzt), schaut gerne unsere Quellen durch und recherchiert auf eigene Faust.

Bis in drei Jahren, wenn ihr diese Handreichung wieder benutzt und hoffentlich spannende Veränderungen feststellt ;)

Herzliche Grüße,

Lisa und Leve

Quellen

Alle Abbildungen und Tabellen ohne Quelle sind eigene Werke/Aufnahmen von (Lisa Hillenbrand und Leve Vetter)

Bayrisches Landesamt für Umwelt: Versauerung, 2020, https://www.lfu.bayern.de/boden/was_gefaehrdet_boeden/versauerung/index.htm [letzter Zugriff: 30.07.20]

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (hrsg.): Bodenkundliche Kartieranleitung, 5. Auflage, 2015.

Grabung e.V. (hrsg.): Bodenkundliche Feldmethoden in der Archäologie. (Bodenart und -farbe) http://www.grabung-ev.de/grabung_aktuell/GA14-03.pdf [letzter Zugriff: 30.07.20]

Huber, Kathrin; Fliessbach, Andreas: Den Boden unter den Füßen kennen – Spatenprobe sei Dank. In: Bioaktuell 10 (S.20-21), 2016. (online: <https://www.bioaktuell.ch/fileadmin/documents/ba/Zeitschrift/Archiv/2016/ba-d-2016-10-Spatenprobe.pdf>, [letzter Zugriff: 26.06.20])

Forschungsinstitut für biologischen Landbau (hrsg.): Merkblatt Bodenuntersuchungen im Biobetrieb, 2008. (online: <https://orgprints.org/25230/1/1311-bodenuntersuchungen.pdf>, [letzter Zugriff: 26.5.2020])

Forschungsinstitut für biologischen Landbau (hrsg.): Grundlagen zur Bodenfruchtbarkeit - Die Beziehung zum Boden gestalten, 2. Auflage, 2013.

Remiarz, Tomas: Forest Gardening in Practice – An illustrated Practical Guide for Homes, Communities and Enterprises (S.231-232), 2017.

Schwinn, Florian: Rettet den Boden – Warum wir um das Leben unter unseren Füßen kämpfen müssen, 2019.

Schmidt, Marcus; Kriebitzsch, Wolf-Ulrich & Ewald, Jörg (Red.): Waldartenlisten der Farn- und Blütenpflanzen, Moose und Flechten Deutschlands, 2011, in: BfN-Skripten 299.

Unterfrauner, Hans: Bodentests selber machen (Präsentation), 2011, https://www.bodenoekologie.com/wp-content/uploads/2015/07/2011_Bodentests_selber_machen.pdf [letzter Zugriff: 28.06.20]

Wikipedia: Bodenart, 2020, https://de.wikipedia.org/wiki/Bodenart#Bedeutung_der_Bodenart [letzter Zugriff: 27.07.20].

Wikipedia: Humusgehalt, 2020, <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/66/Humusgehalt.jpg/1200px-Humusgehalt.jpg>, [letzter Zugriff: 27.07.20].