



Methodenhandbuch für die Durchführung von einfachen Bodenmonitorings in agronomischen Systemen

Liv Kellermann, Célia Bühler

Inhaltsverzeichnis

1. Vorbereitungen	3
1.1 Den Zustand des Bodens auf eigenen Flächen verfolgen	3
1.2 Geeignete Flächen auswählen, Kontrollflächen finden	3
1.3 Bodenbeschreibung	5
1.3.1 Handbohrung	6
1.3.2 Fühlprobe	7
1.3.3 pH-Messung	9
2. Monitoring	11
2.1 Spatenprobe	11
2.2 FAO Score	12
2.3 Regenwürmer	14
2.4 Arthropoden	15
2.5 Temperatur	16
2.6 pH-Messung	17
2.7 Laborproben	18
2.8 Bodenbiologie – Bait Lamina	19
3. Literaturverzeichnis	20

1 Vorbereitungen

1.1 Den Zustand des Bodens auf eigenen Flächen verfolgen

In den vergangenen Jahren war zu beobachten, dass viele Personen aus Landwirtschaft, Gartenbau, Vereinen und privatem Kontext nachhaltige Anbausysteme ausprobieren und sich fragen, ob diese einen positiven Effekt auf den Boden haben. Dieses Handbuch stellt einige Methoden zusammen, die mit wenig Ausrüstung und möglichst begrenztem Aufwand, möglichst verlässliche Messungen des Bodenzustandes zulassen. Die Methoden wurden in Bodenmonitorings in Permakultursystemen an der BFH-HAFL getestet und richten sich, wenn möglich, nach referenzierten oder in der Schweiz verbreiteten Methoden. Sie umfassen aber nur einen kleinen Teil von möglichen Beobachtungen in Bezug auf den Zustand des Bodens. Nach persönlichen Interessen und Möglichkeiten können sie nach Belieben ergänzt werden.

Für einige Beobachtungen (z.B. pH, biologische Aktivität) werden sowohl Feld als auch Labormethoden vorgeschlagen, wobei es genügt, sich nur für einen der beiden Vorschläge zu entscheiden. Für Messungen im Labor ist die Probenahme einfach und schnell und die Werte können als präziser angenommen werden, es entstehen aber Kosten. Feldmethoden sind günstiger, aber aufwändiger in der Durchführung und erlauben mehr persönliche Beobachtungen bei der Durchführung.

Es ist wichtig, dass die Messungen des Bodenmonitorings nur in einer sinnvollen Spannweite der Bodenfeuchte durchgeführt werden (extrem nasse oder trockene Bedingungen werden ausgeschlossen). Beprobungsfenster auf www.bodenmessnetz.ch prüfen: bei feuchten Bedingungen (gelb, ca. 10–30cbar in 15cm Tiefe) beproben. Hierzu werden die nächstgelegenen 2 Messstationen betrachtet. Nach Regenfällen sollte ausserdem immer 2-3 Tage bis zur Beprobung gewartet werden.

Auf vielen Flächen, wie z.B. Permakulturflächen, wird mit der Anlage der Parzelle auch eine dicke, lose Mulchschicht angelegt. Diese wird nicht als Bodenhorizont gerechnet, beprobt werden die ursprünglich vorhandenen Horizonte (inkl. ein evtl. stärker ausgeprägter A-Horizont).

Für gewisse Beobachtungen – insbesondere biologische Messungen oder auch den Stickstoffgehalt des Bodens – ist ein einzelner Zeitpunkt im Jahr nicht repräsentativ, da die Werte stark schwanken und vom Wetter abhängen. Selbst wenn man immer am gleichen Tag im Jahr misst, können die vorausgegangenen Wochen kalt und regnerisch oder heiss und trocken gewesen sein, was zu völlig anderen Werten führt. Diese Messungen sind immer nur mit gleichzeitig durchgeführten Messungen auf Kontrollflächen (siehe 1.2) sinnvoll, anhand derer man ablesen kann, ob eine Änderung von Jahr zu Jahr aufgrund der aktuellen Umweltbedingungen oder aufgrund von Unterschieden in der Bewirtschaftung zustande gekommen sind.

1.2 Geeignete Flächen auswählen, Kontrollflächen finden

Möchte man Änderungen im Zustand des Bodens nach einer Änderung der Bewirtschaftung messen, empfiehlt es sich, eine weitere Fläche, auf der keine Änderungen der Bewirtschaftung vorgenommen wurden, ebenfalls zu verfolgen. So kann man Änderungen, die nicht durch die Bewirtschaftung entstehen, sondern z.B. durch das Wetter beeinflusst sind, von ersteren unterscheiden.

Die Wahl von Kontrollflächen ist aber etwas anspruchsvoll, da Boden sehr heterogen ist und sich auch je nach Nutzung unterschiedlich entwickelt, sodass man zuweilen sehr verschiedene Böden vergleicht und in solchen Fällen nur die qualitative Änderung, nicht aber die absoluten Messwerte vergleichen sollte. Nutzt man beispielsweise eine frühere Wiesenfläche neu als Permakulturfläche, so ist ein Vergleich mit einer klassischen Ackerfläche nur relativ möglich, da beide Böden, aufgrund ihrer jahrhundertalten Nutzungsgeschichte schon zu Anfang sehr verschiedene Eigenschaften aufweisen werden. Grundsätzlich eignet es sich, eine Kontrollfläche zu wählen, die vor der Bewirtschaftungsänderung gleich genutzt wurde wie die «Versuchsfläche» und die eine ähnliche Lage und ähnliche Eigenschaften (siehe Bodenbeschreibung) aufweist. Ausserdem ist es von grossem Vorteil, wenn man vor einer Bewirtschaftungsänderung den Ausgangszustand auf allen Flächen erfassen kann

und zu einem oder mehreren späteren Zeitpunkten nach der Bewirtschaftungsänderung erneut Messungen durchführt.

Zu diesem Zweck lohnt es sich, Messpunkte festzulegen, die bei erneuten Messungen wieder aufgesucht werden. Es sollten möglichst Punkte gefunden werden, an denen Störungen auch in Zukunft ausgeschlossen werden können. Ausserdem sollte genügend Platz vorhanden sein, sodass die Fläche, auf der Bodenproben entnommen werden, jedes Jahr ein Stück verschoben werden kann, um nicht im durch die vorhergegangene Probenahme gestörten Boden zu messen. Zum Festlegen der Messpunkte sollte ausserdem mit Hilfe einer geologischen Karte sichergestellt werden, dass alle Punkte auf dem gleichen Ausgangsmaterial liegen (z.B. <https://map.geo.admin.ch>, Layer «Geocover»).

Bei kleinen, oder beetförmig angelegten Flächen empfiehlt sich eine Anlage von Einzelpunkten (vgl. Abb. 1), die an repräsentativen Stellen der Flächen gleichmässig verteilt werden. Dabei ist es für die Auswertung vorteilhaft, wenn sich auf der Bewirtschaftungs- und der Kontrollfläche je 5 Messpunkte finden. Bei streifenförmigen Systemen empfiehlt sich eine Beprobung in Transekten nach Minarsch et al. 2022, wobei eine Reihe von Messpunkten quer über den Bewirtschaftungsstreifen gelegt wird und pro Messpunkt eine Mischprobe aus 4 Punkten entlang der Reihe gebildet wird (Abb. 2).

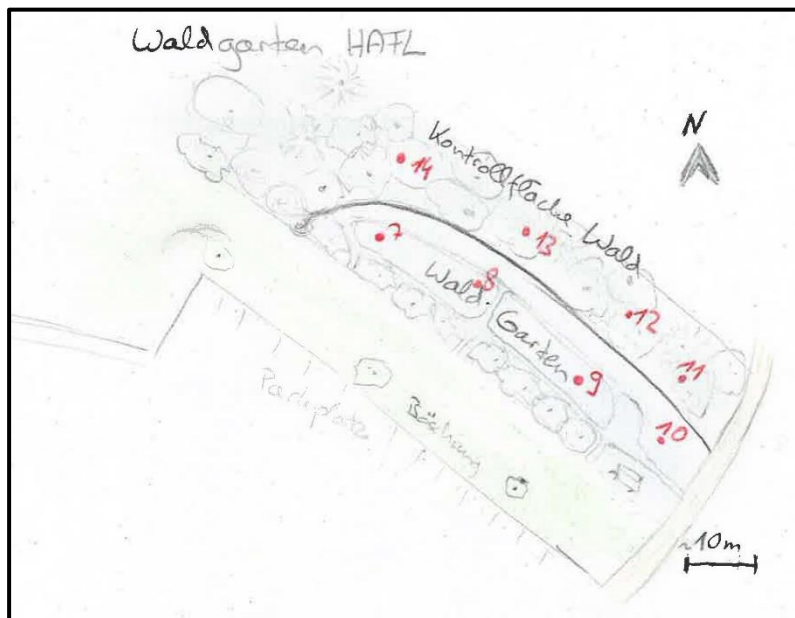


Abbildung 1: Skizze Waldgarten an der BFH-HAFL als Beispiel der Wahl von Flächen und Messpunkten (rot) für ein Bodenmonitoring auf Einzelflächen.

Die kostenlose App maps.me kann verwendet werden, um die genaue Lokalisierung der Messpunkte im Gelände zu erleichtern (verfügbar für Android- und Apple-Geräte). Es ist möglich, einen Ordner für alle Messpunkte eines Betriebs anzulegen. Der Name jedes Punktes sowie seine Beschreibung können geändert werden. Es ist auch möglich, die Koordinaten aller Messpunkte in eine .kmz-Datei zu exportieren, um sie in einer GIS-Software wie QGIS oder einfach in Google Earth zu öffnen.

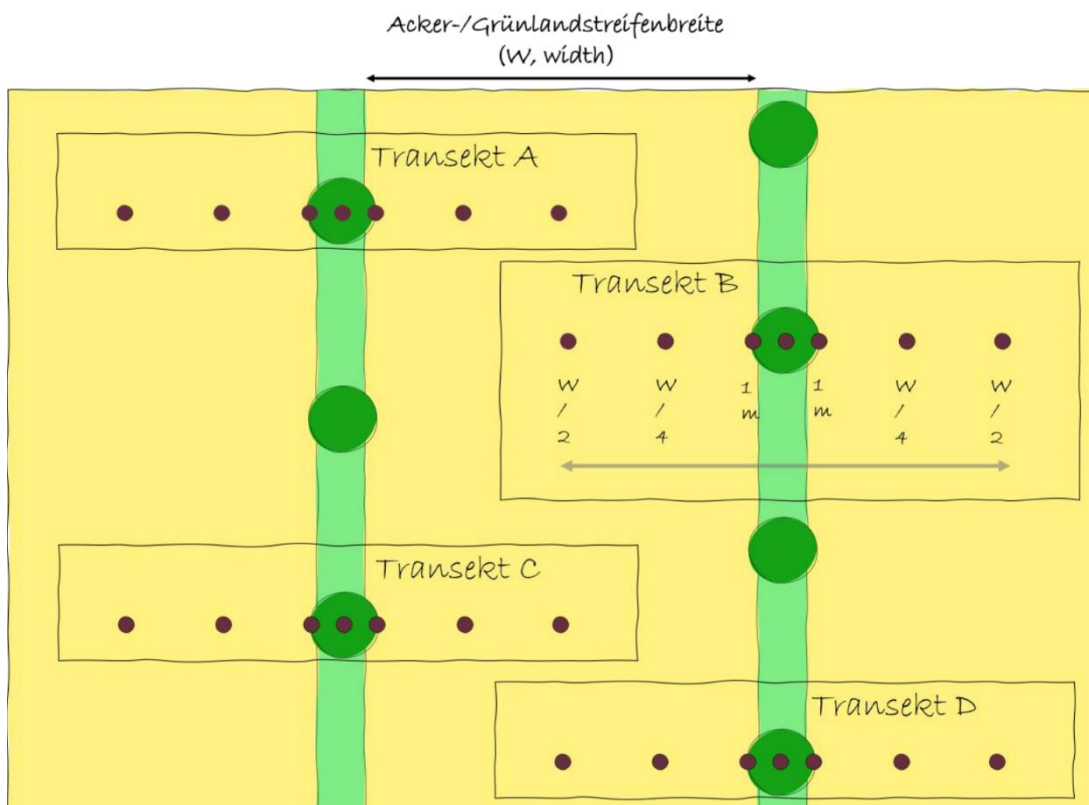


Abbildung 2: Beispiel für die Platzierung von Messpunkten in einem streifenförmigen System nach Minarsch et al. (2022). Es werden Transekte aus mehreren Punkten über den Bewirtschaftungsstreifen gelegt (oben). Jeder Punkt wird als eine Mischprobe aus 4 Einstichen entlang/parallel dem Bewirtschaftungsstreifen gebildet (rechts).



1.3 Bodenbeschreibung

Um sicher zu gehen, dass die Messpunkte ähnliche Bodeneigenschaften aufweisen und somit die Varianz der Resultate etwas zu verringern, empfiehlt es sich, den Bodenaufbau an jedem Messpunkt genauer anzuschauen. Dazu können, falls die Möglichkeit besteht einen Hand- oder Stechbohrer zu nutzen, Bohrungen durchgeführt werden. Im Folgenden werden einfache Methoden vorgestellt, um eine Beschreibung einer solchen Bohrung vorzunehmen. Die angewendeten Feldmethoden folgen der gängigen Kartierpraxis «FAL 24+» (Brunner et al. 1997; Fachstelle Bodenschutz Kanton Solothurn 2017), die Methodenblätter sind jedoch Anpassungen/Überarbeitungen.

Nur Punkte, die untereinander ähnlich sind, sollten ins Monitoring aufgenommen werden. Ähnlichkeit bedeutet: gleiches Ausgangsmaterial; ähnlicher Entstehungsprozess; die Körnung liegt zwischen allen Punkten in einer Spanne von 3 benachbarten Körnungsklassen, wobei die Horizonte oben und unten im Bohrprofil getrennt betrachtet werden; der pH liegt innerhalb einer Spanne von 2 Einheiten, die Farben der Horizonte sind ähnlich.

1.3 – Bodenbeschreibung



1.3.1 Handbohrung

A

B

C

I

J

K

L

Formular 1.3 (S.10)

Beobachtete Bodeneigenschaften

- Horizonte des Bodens
- Pflanzennutzbare Gründigkeit
- Bodeneigenschaften
- Einschränkungen durch den Boden

Bestellung

- Edelman Kombi Bohrer bei Birs Hydromet <https://www.birs-hydromet.ch/Boden-Geologie/%252801.02.02%2529-Edelman-Kombi.htm>

Material

- Bohrer (z.B. Edelman-Bohrer)
- Längliches Wachstumuch, Plastik, Metall
- Doppelmeter
- Fotoapparat oder Smartphone

Methode

a)



Bohren Sie die spiralförmige Spitze des Bohrers in den Boden, bis sie verschwindet (ca. 20cm).

b)



Legen Sie den in der Spitze enthaltenen Boden auf der Unterlage ab, dabei den Teil des Bohrers, der an der Bodenoberfläche war zoberst an der Unterlage orientieren.

c)



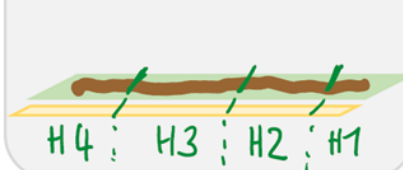
Weiter nach unten bohren, immer nach ca. 20cm stoppen.

d)



Die nächste Bodenprobe auf der Unterlage entsprechend ihrer Tiefe ablegen.

e)



Bohren, bis zum Ende des Bohrers oder einem Hindernis. Horizonte unterteilen.

1.3 – Bodenbeschreibung



1.3.2 Fühlprobe

D E F G

Formular 1.3 (S.10)

Beobachtete Bodeneigenschaften

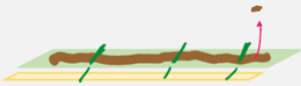
- Körnung(/Textur des Bodens in % (Ton, Schluff, Sand)

Material

- Sprühflasche mit Wasser
- Bestimmungshilfe (Folgesseite)

Methode

a)



Nehmen Sie eine Hasel- bis Baumnussgrosse Probe in die Hand und entfernen Sie die Steinchen.

b)



Probe befeuchten: genug, um sie zu kneten aber nicht so viel dass sie zerfließt.

c)

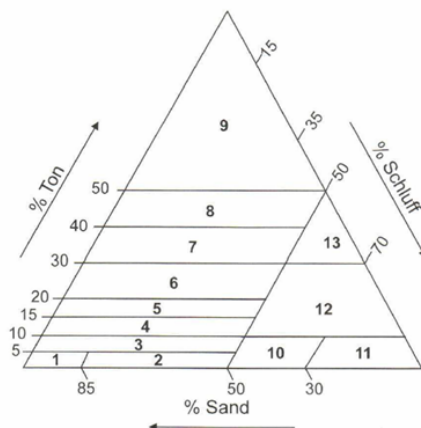


Homogenisieren Sie die Probe durch Kneten.




d)



Wenn die Probe gut vorbereitet ist, kann mit dem Würstchen formen begonnen werden. Dazu der Bestimmungshilfe (nächste Seite) folgen.



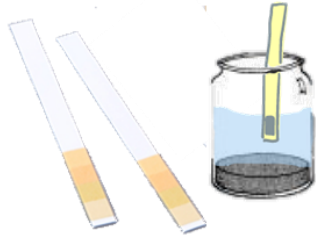
Quelle: Brunner et al. 1997

<ul style="list-style-type: none"> Keine Wurstformbar. Probe rau, Körner fühlbar, Glitzerpunkte sichtbar 	<p>→ hoher Sandanteil, Tonanteil unter 10%</p>	 <p><i>Probe lässt sich nicht ausrollen.</i></p>
<ul style="list-style-type: none"> Bleistiftdicke, raue Wurstformbar. 	<p>→ Tonanteil zwischen 10% und 20%</p>	 <p><i>Probe ausrollbar.</i></p>
<ul style="list-style-type: none"> Dünne, biegsame Wurst von mind. halber Bleistiftdicke formbar. 	<p>→ Tonanteil über 20%</p>	 <p><i>Probe auf halbe Bleistiftdicke ausrollbar.</i></p>
<ul style="list-style-type: none"> Probe gibt starken Widerstand beim Kneten. 	<p>→ Hoher Tonanteil (über 20%)</p>	

<ul style="list-style-type: none"> Beim Verstreichen über den Daumen entsteht eine glatte, spiegelnde Oberfläche. 	<p>→ Tonanteil über 30%</p>	 <p><i>Gleitfläche glatt und glänzend.</i></p>
<ul style="list-style-type: none"> Sehr weiche, mehlig Probe die wenig Widerstand beim Kneten bietet. 	<p>→ Schluffanteil über 35%. Einen Schluffanteil von unter 30% spürt man mit den Fingern nicht als mehlig Eigenschaft heraus.</p>	 <p><i>Mehlige Feinsubstanz bleibt in den Fingerrillen zurück.</i></p>

	Bodenart [FAL-Code]	Tongehalt [%]	Schluffgehalt [%]
leichte Böden	S - Sand [1]	0-5	0 - 15
	uS - schluffiger Sand [2]	0-5	15 - 50
	lS - lehmiger Sand [3]	5-10	0 - 50
	sU - sandiger Schluff [10]	0 - 10	50 - 70
	U - Schluff [11]	0 - 10	70 - 100
mittelschwere Böden	lRS - lehmreicher Sand [4]	10-15	0 - 50
	sL - sandiger Lehm [5]	15-20	0 - 50
	L - Lehm [6]	20-30	0 - 50
	lU - lehmiger Schluff [12]	10-30	50 - 100
schwere Böden	tL - toniger Lehm [7]	30-40	0 - 50
	lT - lehmiger Ton [8]	40-50	0 - 50
	T - Ton [9]	> 50	0 - 50
	tU - toniger Schluff [13]	30-50	50 - 100

1 – Bodenbeschreibung



1.3.3 pH Messung

M

Formular 1.3 (S.10)

Beobachtete Bodeneigenschaft

- $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$

Material

- Genaue Waage
- Behältnisse mit Deckel
- Klebeband und Stift
- pH neutrales Wasser (pH 7), z.B. destilliert
- pH Streifen

Bestellung

- pH Streifen: Apotheke oder Gartencenter
- Alternativ pH Hellige bei <https://pronova.de/produkte/agrar-messtechnik/ph-messtechnik/249/hellige-ph-meter?c=9>

Méthode

a)



Behälter auf die Waage stellen und tarieren, 11g Boden einwiegen.

b)



Erneut tarieren und 25ml Wasser hinzufügen, dann umrühren.

c)



Behältnis verschliessen und 8h ohne schütteln stehen lassen.

d)



pH Streifen wähen 3 sek in den klaren Teil der Flüssigkeit tauchen.

e)



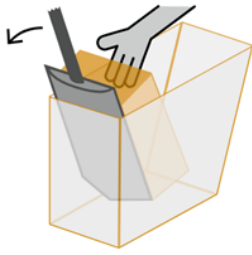
pH Streifen herausnehmen und 30 sek warten.

f)



Farbe auf dem pH Streifen mit der Skala auf der Verpackung vergleichen und pH ablesen.

2 - Monitoring



2.1 Spatenprobe

Beobachtete Bodeneigenschaft

- Struktur des Bodens (Porosität, Form und Grösse der Aggregate, Durchwurzelung, etc.)

Material

- Spaten (normal oder langer Drainagespaten)
- Doppelmeter
- Evtl. Spritzflasche mit Wasser

Bestellung

- Drainagespaten bei Joggi:
<https://www.joggi.ch/?srv=search&pg=det&partnerId=5&rub=100080506&groupId=&artNr=100002769&markId=>

Methode



www.spatenprobe.ch

2 - Monitoring



2.2 FAO Score

Fotos

Beobachtete Bodeneigenschaft

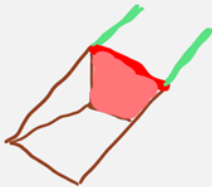
- Qualität der Bodenstruktur nach Sheperd et al. 2008

Material

- Spaten
- 2 Plastikplanen oder flache Wannen
- Doppelmeter
- Brett oder harte Unterlage
- Fotoapparat oder Smartphone

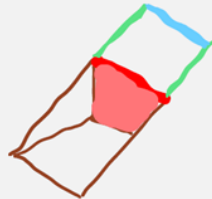
Methode

a)



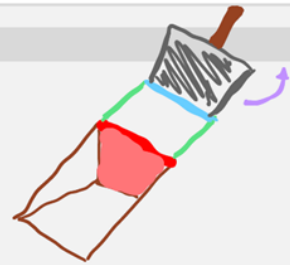
Ein Loch vorbereiten wie bei der Spatenprobe (vorhergehende Seite).

b)



Probe ca 30 cm tief abstechen.

c)



Probe an den Seiten lösen und aus dem Loch hebeln.

d)



Den Spaten mit der Probe auf Hüfthöhe heben.

e)

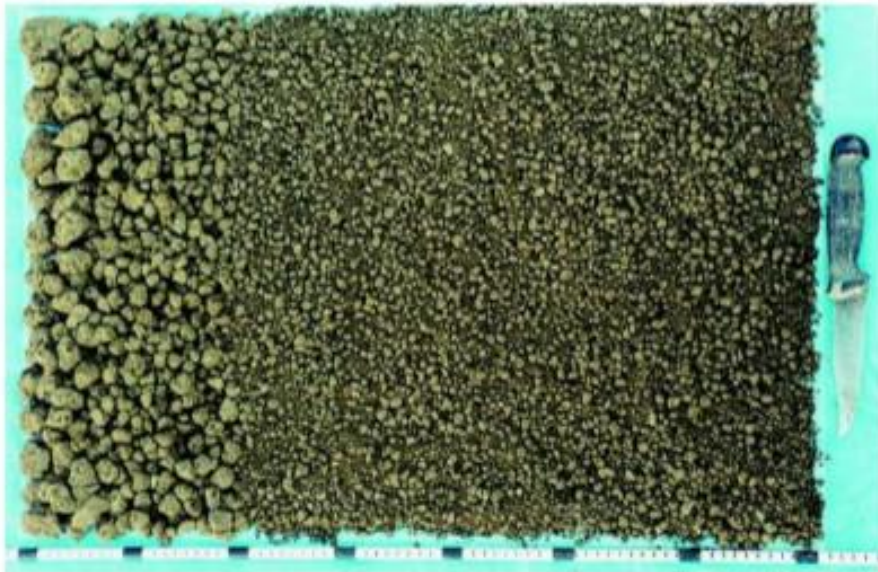


Spaten kippen, sodass die Probe auf das Brett fällt und zerfällt.

f)



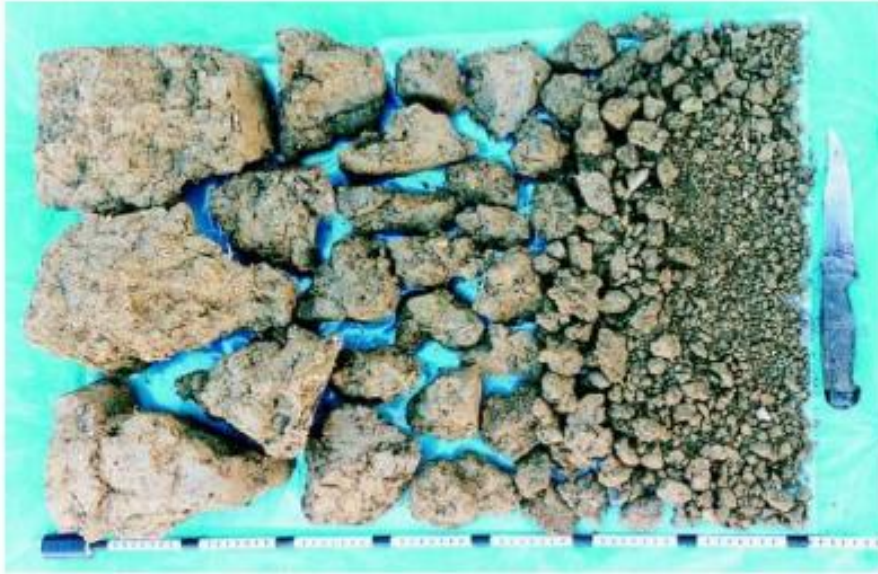
Alle Bodenteile in der Wanne/auf der Plane nach ihrer Grösse sortieren.



GOOD CONDITION VS = 2
 Good distribution of friable finer aggregates with no significant clodding



MODERATE CONDITION VS = 1
 Soil contains significant proportions of both coarse firm clods and friable, fine aggregates



POOR CONDITION VS = 0
 Soil dominated by extremely coarse, very firm clods with very few finer aggregates

Source: Sheperd et al. 2008

2 - Monitoring



2.3 Regenwürmer

Beobachtete Bodeneigenschaft

- Regenwurmpopulation (Anzahl Individuen)

Material

- Spaten
- Plastikplane
- Gefäss mit frischem Wasser

Mehr erfahren

- Ökologische Gruppen von Regenwürmern unterscheiden:
<https://www.fibl.org/fileadmin/documents/shop/1610-regenwuermer.pdf>

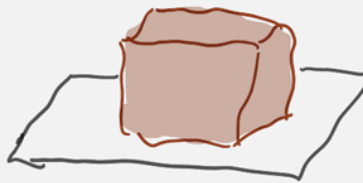
Methode

a)



Den Spaten viermal einstecken und einen Block von 20x20x20cm ausheben.

b)



Block auf der Plastikplane ablegen.

c)



Block zerkleinern und die Regenwürmer herausnehmen. In das Gefäss mit Wasser geben, damit sie nicht austrocknen (ertrinken nicht). Das Gefäss immer schattig platzieren.

d)



Alle Würmer zählen und wieder frei lassen.

2 - Monitoring



2.4 Arthropoden

Beobachtete Bodeneigenschaft

- Anzahl Arthropoden (Kleinlebewesen)

Material

- Plastikgefässe (z.B. kl. Joghurtbecher)
- Medizinalalkohol oder starker Schnaps

Mehr erfahren

- Klassen von Arthropoden unterscheiden unter «[Bodentiere fangen und bestimmen](#)» im Ideen Set Boden (PH Bern).

Methode

a)



Plastikgefäss bodeneben eingraben.

b)



Zur Hälfte mit Alkohol füllen.

c)



Gefäss während 48h vergraben lassen. Nicht mit Mulch bedecken.

d)



Gefäss ausgraben, Arthropoden absieben, spülen und zählen.

2 - Monitoring



2.5 Temperatur

Beobachtete Bodeneigenschaft

- Boden- und Oberflächentemperatur während einer Zeitspanne

Bestellung

- Logger z.B. bei [HOBO pendant](#)

Material

- Spaten, kleine Schaufel und Gabel
- Logger
- Kabelbinder oder Draht
- Smartphone und Hobo mobile App

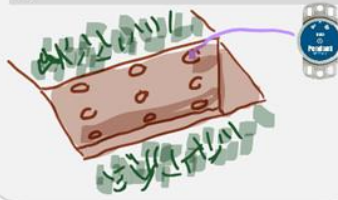
Methode

a)



Logger einschalten und mit Hilfe der App einrichten.

b)



Ein Loch graben und in der Seitenwand kleine Nischen für die Logger vorbereiten.

c)



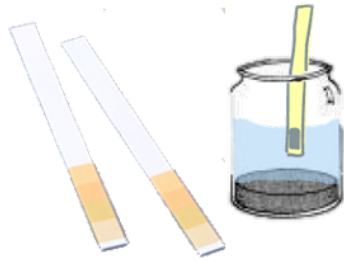
Logger aneinander fixieren (z.B. 3 pro Tiefe) und vergraben.

d)



Stelle markieren. Daten via Bluetooth aufs Smartphone übertragen.

2 - Monitoring



2.6 pH Messung

Beobachtete Bodeneigenschaft

- $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$

Material

- Balance de précision
- Récipients avec couvercle
- Scotch et stylo
- Eau avec pH neutre (env. 7)
- Bandelettes pour mesure pH

Bemerkung

Der pH-Wert eines Bodens beeinflusst die Nährstoffverfügbarkeit für Pflanzen stark (Scheffer 2002). Er sollte daher günstigenfalls zwischen 5 und 7 liegen und stabil sein. Innerhalb eines Bodenmonitorings sollte daher die Entwicklung des pH-Wertes mitverfolgt werden. Es kann nach der selben Methode wie im Kapitel «Bodenbeschreibung» vorgegangen werden, es müssen aber nicht alle Horizonte sondern beispielsweise nur zwei Tiefen von Interesse (z.B. 5-10cm und 15-20cm) beprobt werden.

Methode

a)



Behälter auf die Waage stellen und tarieren, 11g Boden einwiegen.

b)



Erneut tarieren und 25ml Wasser hinzufügen, dann umrühren.

c)



Behältnis verschliessen und 8h ohne schütteln stehen lassen.

d)



pH Streifen wähen 3 sek in den klaren Teil der Flüssigkeit tauchen.

e)



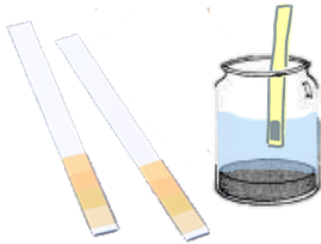
pH Streifen herausnehmen und 30 sek warten.

f)



Farbe auf dem pH Streifen mit der Skala auf der Verpackung vergleichen und pH ablesen.

1 – Bodenbeschreibung



1.3.3 pH Messung

M

Formular 1.3 (S.10)

Beobachtete Bodeneigenschaft

- $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$

Material

- Genaue Waage
- Behältnisse mit Deckel
- Klebeband und Stift
- pH neutrales Wasser (pH 7), z.B. destilliert
- pH Streifen

Bestellung

- pH Streifen: Apotheke oder Gartencenter
- Alternativ pH Hellige bei <https://pronova.de/produkte/agrar-messtechnik/ph-messtechnik/249/hellige-ph-meter?c=9>

Méthode

a)



Behälter auf die Waage stellen und tarieren, 11g Boden einwiegen.

b)



Erneut tarieren und 25ml Wasser hinzufügen, dann umrühren.

c)



Behältnis verschliessen und 8h ohne schütteln stehen lassen.

d)



pH Streifen wähen 3 sek in den klaren Teil der Flüssigkeit tauchen.

e)



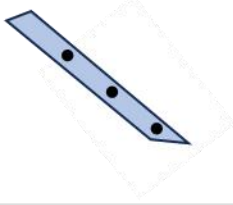
pH Streifen herausnehmen und 30 sek warten.

f)



Farbe auf dem pH Streifen mit der Skala auf der Verpackung vergleichen und pH ablesen.

2 - Monitoring



2.8 Bodenbiologie – Bait Lamina

Beobachtete Bodeneigenschaft

- biologische Aktivität [%] von zersetzenden Bodenorganismen anhand von organischen Ködern (Bait Lamina) nach Campiche 2018; Kratz 1998

Material

- Bait Lamina Streifen
- Taschenmesser oder Schraubenzieher
- Doppelmeter

Bestellung

- Bait Lamina Streifen und genaue Anleitung für die Durchführung bei <https://www.envibiosoil.ch/en/bait-lamina>

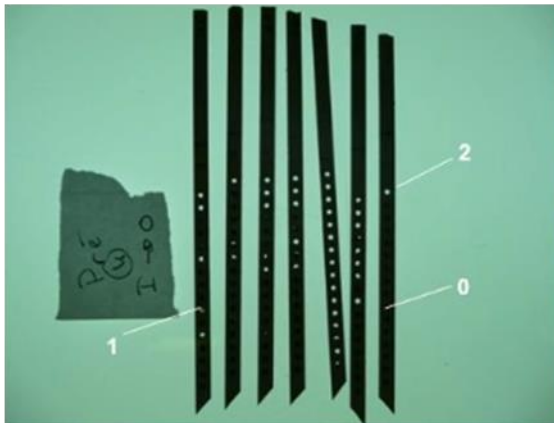


Photo: Sophie Campiche



Photo: Michaela Burkhart-Pastor

3 Literaturverzeichnis

Brunner, Johann; Jäggli, Friedrich; Nievergelt, Jakob; Peyer, Karl (1997): Kartieranleitung. Kartieren und Beurteilen von Landwirtschaftsböden. Zürich Reckenholz: Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Zürich-Reckenholz (FAL).

Campiche S. (2018): Observer l'activité biologique des sols à l'aide de la méthode bait lamina. MINT Projekt PH Bern & HAFL: Exemplarische MINT-Bildung am Beispiel Boden. Arbeitspapier, unveröffentlicht.

Fachstelle Bodenschutz Kanton Solothurn (2017): Bodenkartierung Kt. SO, Projekthandbuch Teil III, Kartiermethodik (Kartiermethode FAL24+). 6. ergänzte Ausgabe. Edited by Amt für Umwelt des Kantons Solothurn

Kratz W (1998) The Bait-Lamina Test. *ESPR - Environ. Sci. & Pollut. Res.* 5:94-96.

Minarsch EML, Middelanis T, Böhm C, Wichern F, Göbel L, Weckenbrock P (2022): Bodenkundliche Untersuchungen in streifenförmigen Agroforstsystemen – Leitfaden für Probennahmen im Transektdesign und Bodenparameter mit Methodenempfehlungen. Hrsg. Deutscher Fachverband für Agroforstwirtschaft (DeFAF) e.V., Karl-Liebknecht-Straße 102, Haus B, 03046 Cottbus, www.defaf.de

Shepherd G, Stagnari F, Pisante M, Benites J, 2008. Visual soil assessment, field guide for annual crops. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 504 p.