

Methoden der Erfassung von Bodeneigenschaften im Gelände



*Vorbereitungsseminar zum
Lehrforschungsprojekt 2018
Sommersemester 2018*

*Universität Trier
Fachbereich VI
Raum- & Umweltwissenschaften*

*Dozent: Dr. Karl Manuel Seeger
Referent: Nikolaos Kolaxidis*

14.05.2018

Gliederung

1. Einführung: was ist Boden?
 - 1.1. Bodeneigenschaften
 - 1.2. Standortbestimmung
2. Einfache Direktmessungen
 - 2.1. Messen ohne Messung
 - 2.2. Bohrung/Bodenprofil
 - 2.3. Einfache Direktmessungen
3. Langzeitmessungen
4. Zusammenfassung

Was ist Boden?



Abb. 1: Boden 1. ECOVIA 2018, o.S.



Abb. 2: Weinberg. KLINGEBRUNN 2012, o.S.



Abb. 3: Boden 2. ENGELMANN 2017, o.S.

Was ist Boden?



*„Boden ist das mit Wasser, Luft und Lebewesen durchsetzte, unter dem Einfluss der Umweltfaktoren an der Erdoberfläche entstandene und im Ablauf der Zeit sich weiterentwickelnde Umwandlungsprodukt mineralischer und organischer Substanzen mit eigener morphologischer Organisation, das in der Lage ist, höheren Pflanzen als Standort zu dienen und die Lebensgrundlage für Tiere und Menschen bildet“
(SCHROEDER 1992, S. 9).*

Abb. 1: Boden 1. ECOVIA 2018, o.S.

Was ist Boden?



Abb. 1: Boden 1. ECOVIA 2018, o.S.

Boden hat eine:

- Regelungsfunktion
- Nutzungsfunktion
- Lebensraumfunktion

→ viele Eigenschaften

Standort	Bodenprofil
Erosionsverhalten	Bodenart
Exposition	Bodenfarbe
Hangneigung	Bodenfeuchte
Hangposition	Bodenform
Relief und Geologie	Bodengefüge
Vegetation/Nutzung	Bodenorganismen
(Witterung und Klima)	Humus(dynamik)
	Scherfestigkeit
	Skelettgehalt
Physikalisch	Chemisch
Bodentemperatur	Bodenatmung
elektrische Leitfähigkeit	Karbonatgehalt
hydraulische Leitfähigkeit	Kationenaustauschkapazität
Infiltrationsrate	Nährstoffhaushalt
Lagerungsdichte/Penetration	pH-Wert (Bodenreaktion)
Matrixflusspotential	Puffervermögen
Permeabilität	Salinität
pneumatische Leitfähigkeit	Sorptionseigenschaften
Porenvolumen	
Saugspannung	
Verdunstungsrate	

Tab. 1: Bodeneigenschaften. Eigene Darstellung.

Bodeneigenschaften für Fragestellungen festlegen

- Fragestellung formulieren
 - Wie und was muss der Landwirt düngen?
 - Wie oft sollte er bewässern?
 - Ist Begrünung auf dem Weinberg sinnvoll?

Standort	Bodenprofil
Erosionsverhalten	Bodenart
Exposition	Bodenfarbe
Hangneigung	Bodenfeuchte
Hangposition	Bodenform
Relief und Geologie	Bodengefüge
Vegetation/Nutzung	Bodenorganismen
(Witterung und Klima)	Humus(dynamik)
	Scherfestigkeit
	Skelettgehalt
Physikalisch	Chemisch
Bodentemperatur	Bodenatmung
elektrische Leitfähigkeit	Karbonatgehalt
hydraulische Leitfähigkeit	Kationenaustauschkapazität
Infiltrationsrate	Nährstoffhaushalt
Lagerungsdichte/Penetration	pH-Wert (Bodenreaktion)
Matrixflusspotential	Puffervermögen
Permeabilität	Salinität
pneumatische Leitfähigkeit	Sorptionseigenschaften
Porenvolumen	
Saugspannung	
Verdunstungsrate	

Tab. 1: Bodeneigenschaften. Eigene Darstellung.

Bodeneigenschaften für Fragestellungen festlegen

- Fragestellung formulieren
 - Wie und was muss der Landwirt düngen?
 - Wie oft sollte er bewässern?
 - Ist Begrünung auf dem Weinberg sinnvoll?
- Eigenschaften von Interesse festlegen
 - z.B. Bodenart, Bodenfeuchte, pH-Wert, Nährstoffhaushalt, Hangneigung, Infiltration und Permeabilität

Standort	Bodenprofil
Erosionsverhalten	Bodenart
Exposition	Bodenfarbe
Hangneigung	Bodenfeuchte
Hangposition	Bodenform
Relief und Geologie	Bodengefüge
Vegetation/Nutzung	Bodenorganismen
(Witterung und Klima)	Humus(dynamik)
	Scherfestigkeit
	Skelettgehalt
Physikalisch	Chemisch
Bodentemperatur	Bodenatmung
elektrische Leitfähigkeit	Karbonatgehalt
hydraulische Leitfähigkeit	Kationenaustauschkapazität
Infiltrationsrate	Nährstoffhaushalt
Lagerungsdichte/Penetration	pH-Wert (Bodenreaktion)
Matrixflusspotential	Puffervermögen
Permeabilität	Salinität
pneumatische Leitfähigkeit	Sorptionseigenschaften
Porenvolumen	
Saugspannung	
Verdunstungsrate	

Tab. 1: Bodeneigenschaften. Eigene Darstellung.

Bodeneigenschaften für Fragestellungen festlegen

- Fragestellung formulieren
 - Wie und was muss der Landwirt düngen?
 - Wie oft sollte er bewässern?
 - Ist Begrünung auf dem Weinberg sinnvoll?
- Eigenschaften von Interesse festlegen
 - z.B. Bodenart, Bodenfeuchte, pH-Wert, Nährstoffhaushalt, Hangneigung, Infiltration und Permeabilität
- Standort genau anschauen
 - Wichtig für das Verständnis des Zusammenhangs zwischen Bodeneigenschaften und Prozessen

Standort	Bodenprofil
Erosionsverhalten	Bodenart
Exposition	Bodenfarbe
Hangneigung	Bodenfeuchte
Hangposition	Bodenform
Relief und Geologie	Bodengefüge
Vegetation/Nutzung	Bodenorganismen
(Witterung und Klima)	Humus(dynamik)
	Scherfestigkeit
	Skelettgehalt
Physikalisch	Chemisch
Bodentemperatur	Bodenatmung
elektrische Leitfähigkeit	Karbonatgehalt
hydraulische Leitfähigkeit	Kationenaustauschkapazität
Infiltrationsrate	Nährstoffhaushalt
Lagerungsdichte/Penetration	pH-Wert (Bodenreaktion)
Matrixflusspotential	Puffervermögen
Permeabilität	Salinität
pneumatische Leitfähigkeit	Sorptionseigenschaften
Porenvolumen	
Saugspannung	
Verdunstungsrate	

Tab. 1: Bodeneigenschaften. Eigene Darstellung.

Standortbestimmung

- Repräsentativen Standort aussuchen
 - Geologie und Topographie
 - Exposition (Kompass)
 - Hangposition und -neigung (Neigungsmesser)
 - Vegetation/Nutzung

Standortbestimmung

- Repräsentativen Standort aussuchen
 - Geologie und Topographie
 - Exposition (Kompass)
 - Hangposition und -neigung (Neigungsmesser)
 - Vegetation/Nutzung
- Repräsentativ bedeutet nicht in der Nähe von:
 - Wegen, Zäunen, Be-/Entwässerungskanälen, Häusern, Bäumen
 - Stellen besonderen Bodeneintrags (z.B. Komposthaufen)
 - außer wichtig für Fragestellung

Standortbestimmung

- Repräsentativen Standort aussuchen
 - Geologie und Topographie
 - Exposition (Kompass)
 - Hangposition und -neigung (Neigungsmesser)
 - Vegetation/Nutzung
- Repräsentativ bedeutet nicht in der Nähe von:
 - Wegen, Zäunen, Be-/Entwässerungskanälen, Häusern, Bäumen
 - Stellen besonderen Bodeneintrags (z.B. Komposthaufen)
→ außer wichtig für Fragestellung
- Wichtig ist auch ein rechtlich gesicherter Zugang zum Gelände und ein Einverständnis des Eigentümers für Bodenmessungen!



Abb. 4: eigene Darstellung

Einfache Direktmessungen



Abb. 1: Boden 1. ECOVIA 2018, o.S.



Abb. 2: Weinberg. KLINGEBRUNN 2012, o.S.



Abb. 3: Boden 2. ENGELMANN 2017, o.S.

Messen ohne Messung

- Standort gut angeschaut? Denn:
 - Witterung und Klima → Bodeneigenschaften können eingeordnet werden (Schätzungen und empirische Werte)

Messen ohne Messung

- Standort gut angeschaut? Denn:
 - Witterung und Klima → Bodeneigenschaften können eingeordnet werden (Schätzungen und empirische Werte)
 - Exposition: trockenerer Boden in Sonnenrichtung als im Schatten oder der sonnenabgewandten Seite

Messen ohne Messung

- Standort gut angeschaut? Denn:
 - Witterung und Klima → Bodeneigenschaften können eingeordnet werden (Schätzungen und empirische Werte)
 - Exposition: trockenerer Boden in Sonnenrichtung als im Schatten oder der sonnenabgewandten Seite
 - Zeigerpflanzen sagen viel über Bodenwasser, pH-Wert, Nährstoffe und andere Eigenschaften des Standortes aus

Boden-Eigenschaften	Standort		
	Acker	Grünland	Wald
Wassergehalt			
trocken	Acker-Krummhals (<i>Lycopsis arvensis</i>)	Wiesen-Salbei (<i>Salvia pratensis</i>)	Fiederzwenke (<i>Brachypodium pinnat.</i>)
frisch	Klatschmohn (<i>Papaver rhoeas</i>)	Gamand.Ehrenpreis (<i>Veronica chamaedrys</i>)	Buschwindröschen (<i>Anemone nemorosa</i>)
feucht	Pfeffer-Knöterich (<i>Polygonum hydropiper</i>)	Zaunwicke (<i>Vicia sepium</i>)	Waldmeister (<i>Galium odoratum</i>)
		Sumpf-Dotterblume (<i>Caltha palustris</i>)	Pfeifengras (<i>Molinia caerulea</i>)
		Wald-Simse (<i>Scirpus sylvaticus</i>)	
Stickstoffgehalt			
gering	Ackerveilchen (<i>Viola tricolor</i>)	Gemein. Ruchgras (<i>Anthoxanthum odorat.</i>)	Schaf-Schwingel (<i>Festuca ovina</i>)
	Bauernsenf (<i>Teesdalia nudicaulis</i>)		Klein. Habichtskraut (<i>Hieracium pilosella</i>)
mäßig	Acker-Hundskamille (<i>Athemis arvensis</i>)	Kuckucks-Lichtnelke (<i>Lychnis flos-cuculi</i>)	Haar-Hainsimse (<i>Luzula pilosa</i>)
	Acker-Hellerkraut (<i>Thlaspi arvense</i>)	Wiesen-Kümmel (<i>Carum carvi</i>)	Schmalblättriges Weidenröschen (<i>Epilobium angustifoli.</i>)
hoch	Hühnerhirse (<i>Echinochloa crus-galli</i>)	Wiesen-Kerbel (<i>Anthriscus sylvestris</i>)	Große Brennnessel (<i>Urtica dioica</i>)
	Kletten-Labkraut (<i>Galium aparine</i>)	Wiesen-Bärenklau (<i>Heracleum sphondyl.</i>)	Schwarz. Holunder (<i>Sambucus nigra</i>)
Bodenreaktion (pH)			
sauer	Kleiner Ampfer (<i>Rumex acetosella</i>)	Borstgras (<i>Nardus stricta</i>)	Heidekraut (<i>Calluna vulgaris</i>)
	Einjähriger Knäuel (<i>Scleranthus annuus</i>)	Gem. Ferkelkraut (<i>Hypochoeris radicata</i>)	Heidelbeere (<i>Vaccinium myrtillus</i>)
neutral	Echte Kamille (<i>Matricaria chamomilla</i>)	Glatthafer (<i>Arrhenaterum elatius</i>)	Wald-Flattergras (<i>Milium effusum</i>)
	Einjähr. Rispengras (<i>Poa annua</i>)	Wiesen-Pippau (<i>Crepis biennis</i>)	Große Sternmiere (<i>Stellaria holostea</i>)
basisch	Adonisröschen (<i>Adonis aestivalis</i>)	Kleiner Wiesenknopf (<i>Sanguisorba minor</i>)	Gefleckter Aronstab (<i>Arum maculatum</i>)
	Feld-Rittersporn (<i>Consolida regalis</i>)	Gemeiner Ziest (<i>Stachys officinalis</i>)	Sanikel (<i>Sanicula europea</i>)

Tab. 2: Zeigerpflanzen. HELLBERG-RODE 2004, o.S.

Wann Bohrung, wann Bodenprofil?

- Bohrung – einfachste Methode:
 - Bestimmung Bodenart & Bodentyp
 - Mächtigkeit & Lagerungsdichte (subjektiv)
 - Chemische Analysen (z.B. pH-Wert)
 - „Erster Kontakt“ mit dem Boden
 - Standortbestimmung
- Benötigte Tools:
 - Pürckhauer/Bohrer mit Zubehör & Hammer
 - Taschenmesser
- Je nach Boden und Fragestellung verschiedene Modelle und Typen von Bohrern

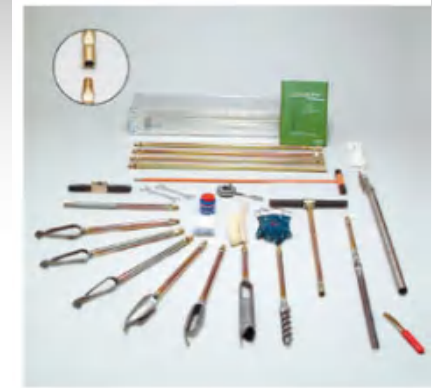


Abb. 5: Bohrset. UGT 2018, o.S.



Abb. 6: Augers. JEFFERSON 2014, o.S.

Wann Bohrung, wann Bodenprofil?

- Bodenprofil:
 - Erweitertes Bild des Bodens inklusive wellige Grenzen, Skelettgehalt, Bodenorganismen
 - Einblick in Dynamiken (z.B. Humus, örtliche bodenbildende Prozesse)
 - Möglichkeit für größere Messungen
- Benötigte Tools für einen Bodenprofil:
 - Spaten & Spitzhacke
 - Kelle
 - Zollstock
 - Zum Nachbearbeiten: Spritzflasche, Bürste, Gartenkralle, Taschenmesser



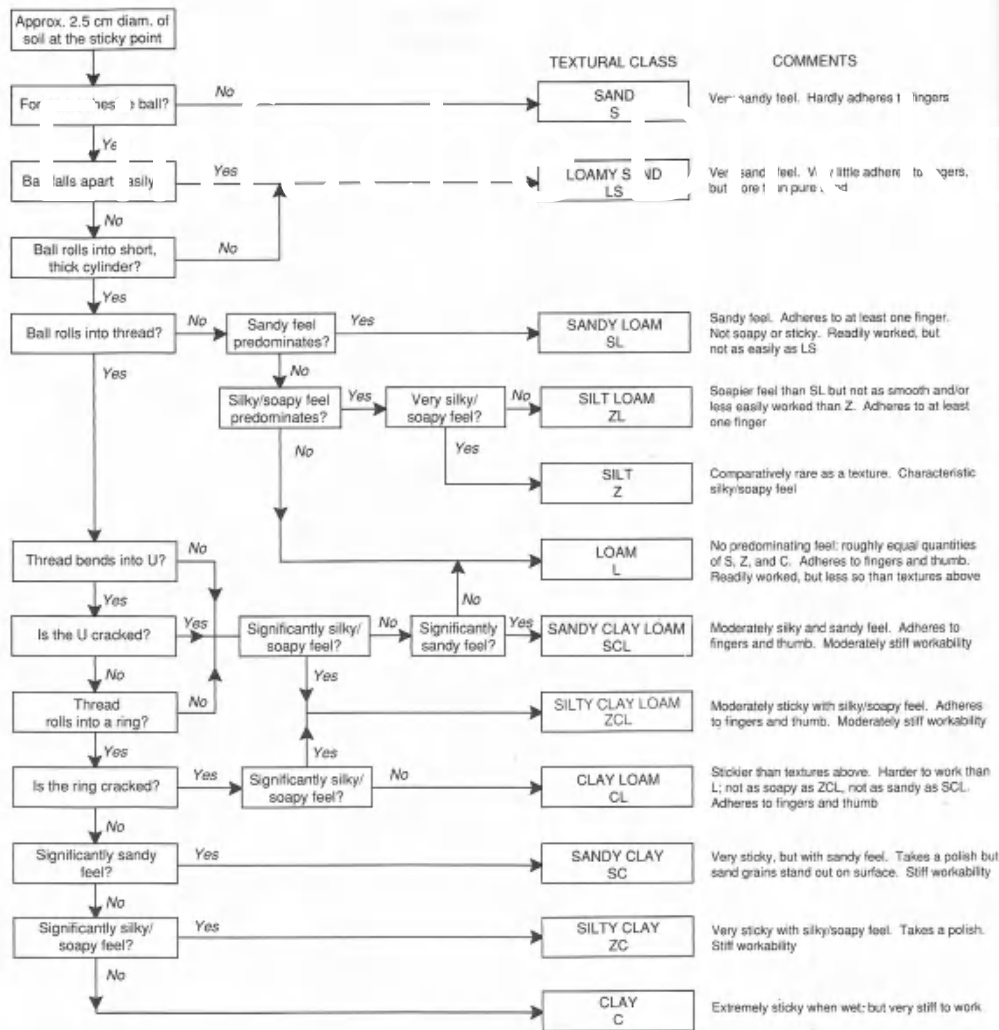
Abb. 7: Boden 4. GAUER 2018, o.S.

Einfache Direktmessungen



- Die Sinne als Methode zur Erfassung von Bodeneigenschaften
 - Fingerprobe für Bodenart, Bodenfeuchte, Bodentextur

messungen



NOTES

Sticky point: Moisture content at which a dry soil being wetted just begins to adhere to fingers

Workability: Ease with which soil can be moulded between fingers. Because consistence varies greatly with moisture, samples must be properly and uniformly wetted up.

Cylinder: Approx 5 cm long and 1.5 cm diameter

Thread: Approx 13 cm long and 0.6 cm diameter

Ring: Approx 2.5 cm diameter formed from about 8 cm of above thread

Figure 1.2 A guide to field assessment of texture for mineral soils. By S. Nortcliff, Reading University and J.R. Landon, Booker Agricultural International.

Abb. 8: Bodenart erweitert. ROWELL 1994, S. 10

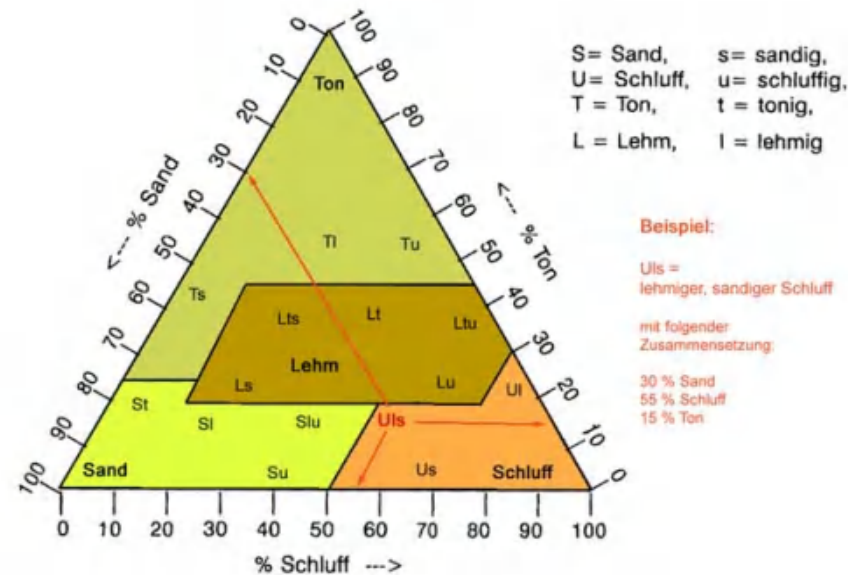


Abb. 9: Bodenart Schema. HELLBERG-RODE 2004, o.S.

Einfache Direktmessungen

- Die Sinne als Methode zur Erfassung von Bodeneigenschaften
 - Fingerprobe für Bodenart, Bodenfeuchte, Bodentextur
 - Bodenfarbe und Bodenfeuchte: Munsell-Farbtafeln

Einfache Direktmessungen

- Die Sinne als Methode zur Erfassung von Bodeneigenschaften
 - Fingerprobe für Bodenart, Bodenfeuchte, Bodentextur
 - Bodenfarbe und Bodenfeuchte: Munsell-Farbtafeln
 - Audiovisuell: Skelettgehalt, Bodenorganismen, Karbonatgehalt, Durchwurzelung, Humusdynamik

Einfache Direktmessungen

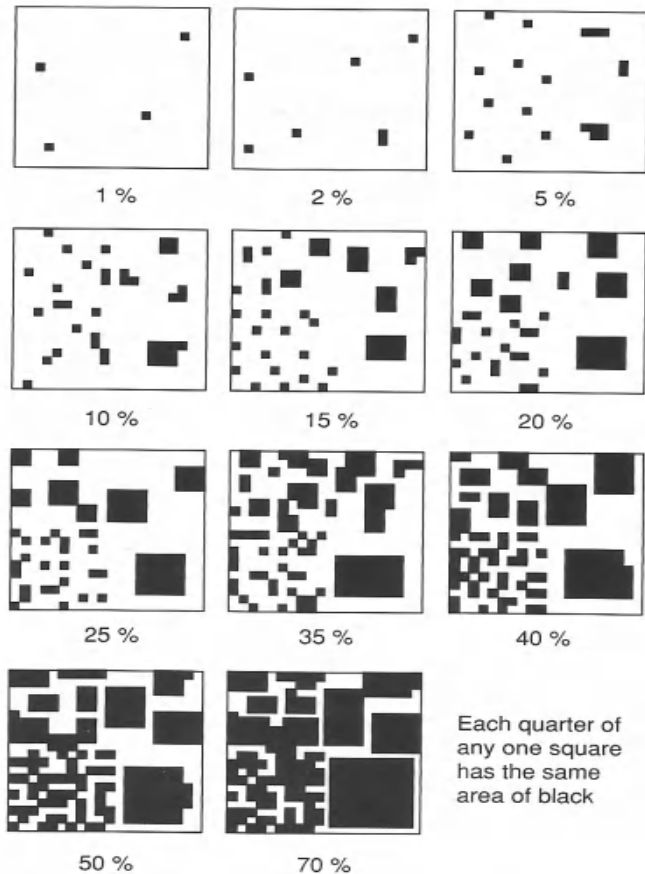


Figure 1.3 Charts for the assessment of stone quantity in a profile. From Hodgson (1974).

Abb. 10: Skelettgehalt. ROWELL 1994, S. 11

Table 1.2 Calcium carbonate contents and the reaction of soil with 10% hydrochloric acid

Field description	CaCO ₃ %	Audible effects	Visible effects
Non-calcareous, < 0.5%	0.1	None	None
Very slightly calcareous, 0.5–1%	0.5	Faintly increasing to slightly audible	None
Slightly calcareous, 1–5%	1.0	Slightly increasing to moderately audible	Slight effervescence confined to individual particles, just visible
	2.0	Moderately to distinctly audible; heard away from the ear	Slightly more general effervescence visible on close inspection
Calcareous, 5–10%	5.0	Easily audible	Moderate effervescence; obvious bubbles up to 3 mm diameter
Very calcareous	10.0	Easily audible	General strong effervescence; ubiquitous bubbles up to 7 mm diameter; easily seen

From Hodgson (1974)

Abb. 11: Karbonatgehalt. ROWELL 1994, S. 13

Einfache Direktmessungen

- Die Sinne als Methode zur Erfassung von Bodeneigenschaften
 - Fingerprobe für Bodenart, Bodenfeuchte, Bodentextur
 - Bodenfarbe und Bodenfeuchte: Munsell-Farbtafeln
 - Audiovisuell: Skelettgehalt, Bodenorganismen, Karbonatgehalt, Durchwurzelung, Humusdynamik
 - Bodenhorizonte & Charakteristika
 - Bestimmung des Bodentyps (empirische Schätzwerte)
 - Hinweis auf Pedogenese, Porenvolumen, Erosionsverhalten & weitere Eigenschaften

Einfache Direktmessungen

- Soll ein kleiner Datensatz mit möglichst genauen Zahlen und schnellen Messvorgängen erstellt werden?
→ Kleingeräte und Kombigeräte



Abb. 13: Tensiometer. UGT 2018, o.S.



Abb. 12: Combi 5000. UGT 2018, o.S.

Einfache Direktmessungen

- Soll ein kleiner Datensatz mit möglichst genauen Zahlen und schnellen Messvorgängen erstellt werden?

→ Kleingeräte und Kombigeräte

- Messbare Bodeneigenschaften:
 - Bodenfeuchte & Saugspannung
 - Bodentemperatur
 - Bodenaktivität & pH-Wert
 - Permeabilität
 - Elektrische Leitfähigkeit



Abb. 13: Tensiometer. UGT 2018, o.S.



Abb. 12: Combi 5000. UGT 2018, o.S.

Einfache Direktmessungen

- Soll ein kleiner Datensatz mit möglichst genauen Zahlen und schnellen Messvorgängen erstellt werden?

→ Kleingeräte und Kombigeräte

- Messbare Bodeneigenschaften:
 - Bodenfeuchte & Saugspannung
 - Bodentemperatur
 - Bodenaktivität & pH-Wert
 - Permeabilität
 - Elektrische Leitfähigkeit



Abb. 13: Tensiometer. UGT 2018, o.S.



Abb. 12: Combi 5000. UGT 2018, o.S.

- Geräte sind z.B.:
 - Thermometer
 - pH-Meter
 - Permeameter
 - Tensiometer

27

Standardausrüstung

- Zwischenfazit: Bei Bohrungen oder Freilegung von Bodenprofilen und Standardarbeiten am Boden wird folgendes Equipment benötigt:
 - Spaten, Spitzhacke & Kelle
 - Pürckhauer/Bohrer mit Zubehör und Hammer
 - Gartenkralle & Bürste
 - Taschenmesser, Lupe, Taschenlampe, Kompass
 - Spritzflasche mit Wasser
 - (Salzlösung und pH-Meter/Indikator)
 - (Jegliche Kleingeräte, die für die Fragestellung von Nöten sind, z.B. Thermometer, Permeameter, Tensiometer etc.)

Langzeitmessungen



Abb. 1: Boden 1. ECOVIA 2018, o.S.



Abb. 2: Weinberg. KLINGEBRUNN 2012, o.S.



Abb. 3: Boden 2. ENGELMANN 2017, o.S.

Langzeitmessungen

- Werden große Datensätze benötigt?
- Sollten kurzzeitige Anomalien mit aufgezeichnet werden?
- Soll eine spezifische Eigenschaft genauestens untersucht werden?

Langzeitmessungen

- Werden große Datensätze benötigt?
 - Sollten kurzzeitige Anomalien mit aufgezeichnet werden?
 - Soll eine spezifische Eigenschaft genauestens untersucht werden?
- Langzeitmessungen



Abb. 14: Winderosionsedimentfalle. UGT 2018, o.S.



Abb. 15: EnviroSCAN. UGT 2018, o.S.

Langzeitmessungen

- Je größer ein Datensatz, desto genauer die mathematischen Mittel
- Viele einzelne Messungen: hohe Auflösung und Möglichkeit das Geschehen kleinzeitlich zu Rekonstruieren
- Je nach Fragestellung sind Langzeitmessungen unabdingbar



Abb. 14: Winderosionsedimentfalle. UGT 2018, o.S.



Abb. 16: Lysimeter. WIKIPEDIA 2012, o.S.

Langzeitmessungen

- Messbar sind alle Eigenschaften des Bodens (Direktmessungen auf lange Zeit in großer Fläche inklusive)
- Benötigt werden spezielle Geräte, die bestimmte Eigenschaften messen
- Wie z.B.:
 - Lysimeter – Verdunstung, Versickerung, Bodenwasserhaushalt
 - Infiltrrometer – Infiltration, hydraulische & pneumatische Leitfähigkeit
 - Bodenfeuchtesensoren – Bodenfeuchte, Temperatur & EC
 - Erosionsmesseinrichtung – Erosionsverhalten & Bodenart/-gefüge
 - Soil Salinity Sensor – Langzeit-Salinitätsmessung
 - Gaszylinder – Bodenatmung
 - Tracer – Perkolation & hydraulische Leitfähigkeit

33

Zusammenfassung



Abb. 1: Boden 1. ECOVIA 2018, o.S.



Abb. 2: Weinberg. KLINGEBRUNN 2012, o.S.



Abb. 3: Boden 2. ENGELMANN 2017, o.S.

Vergleich: Direktmessungen vs. Langzeitmessungen

Direktmessungen	Langzeitmessungen
schnell	brauchen Zeit
günstig, Großteil der Geräte	oft teuer, Großteil der Geräte
kann, muss nicht arbeitsintensiv sein	erst nach den Messungen arbeitsintensiv
liefern zeitlich gebundene Ergebnisse (in situ)	liefern zeitlose Ergebnisse auch mit kurzzeitigen Anomalien
meist auf Mobilität ausgerichtet	unhandlich, Transport nicht immer einfach
Mitnehmen – Messen – Mitnehmen	wenig Schutz vor Witterung
großflächige Ergebnisse nur bei hohem Arbeitseinsatz	großflächige Ergebnisse möglich und einfacher

Tab. 3: Pro/Contra. Eigene Darstellung.

Was ihr mitnehmen solltet

- Boden hat 3 Funktionen und daher viele Eigenschaften:
 - Regelungsfunktion
 - Nutzungsfunktion
 - Lebensraumfunktion
- Vorläufige grundlegende Fragestellung überlegen
 - Arbeitsschritte immer im Hinblick auf Fragestellung planen und ausführen
 - Equipment darauf aufbauend mitnehmen (Direkt- oder Langzeitmessung?)
- Boden hat unzählige Eigenschaften, man braucht nie alle → Fragestellung
- Standort genau anschauen, Boden ist ein Teil eines Systems

Diskussionsfrage

Am Donnerstag werden wir an einem Feldversuch mithelfen, bei dem wir auf dem Versuchsgelände – ein Weinberg – verschiedene Kräuter zwischen die Reben pflanzen werden.

Im Laufe des Versuches soll herausgefunden werden, ob und welchen Einfluss unterschiedliche Begrünung der Weinberge auf das Wachstum der Reben und die Qualität des Weines hat.

Welche Bodeneigenschaften werden wir messen müssen, um Ergebnisse zu erzielen und Aussagen treffen zu können?

37

**Ich danke Euch für die
Aufmerksamkeit und wünsche
viel Spaß im Gelände!**



*Vorbereitungsseminar zum
Lehrforschungsprojekt 2018
Sommersemester 2018*

*Universität Trier
Fachbereich VI
Raum- & Umweltwissenschaften*

*Dozent: Dr. Karl Manuel Seeger
Referent: Nikolaos Kolaxidis*

14.05.2018

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1: ECOVIA (2018): Boden allgemein. - URL: http://www.regenwurm.ch/de/links/boden_allgemein.html [13.05.2018].
- Abb. 2: KLINGENBRUNN, B. (2012): Le Piane-Boca, das etwas andere Weingut im Norden Piemonts. - URL: <https://bkam.wordpress.com/category/weine-aus-aller-herren-lander/italien/> [13.05.2018].
- Abb. 3: ENGELMANN, D. (2017): Lebendiger Boden. - URL: https://www.planet-wissen.de/natur/umwelt/lebendiger_boden/index.html [13.05.2018].
- Abb. 4: eigene Darstellung
- Abb. 5: UGT [Umwelt – Geräte – Technik GmbH] (2018): Bohrset für heterogene Böden. - URL: <http://www.ugt-online.de/produkte/bodenkunde/bodenbeprobung/bohrset-fuer-heterogene-boeden/> [13.05.2018].
- Abb. 6: JEFFERSON, A. (2014): Augers vs. Augurs. - URL: <http://all-geo.org/highlyallochthonous/2014/01/augers-v-augurs/> [13.05.2018].
- Abb. 7: GAUER, J. (2018): Bodenzustandserhebung. - URL: <https://www.thuenen.de/de/wo/arbeitsbereiche/waldmonitoring/bodenzustandserhebung/> [13.05.2018].
- Abb. 8: ROWELL, D.L. (1994): Soil Science. Methods & Applications. Essex, England. S. 10.
- Abb. 9: HELLBERG-RODE, G. (2004): Bodenart. - URL: <https://www.hypersoil.uni-muenster.de/0/03/06.htm> [10.05.2018].
- Abb. 10: ROWELL, D.L. (1994): Soil Science. Methods & Applications. Essex, England. S. 11.
- Abb. 11: ROWELL, D.L. (1994): Soil Science. Methods & Applications. Essex, England. S. 13.
- Abb. 12: UGT [Umwelt – Geräte – Technik GmbH] (2018): COMBI 5000 – Multifunktionsgerät mit Koffer. - URL: <http://www.ugt-online.de/produkte/bodenkunde/laborgeraete/combi-5000-multifunktionsgeraet-mit-koffer/> [13.05.2018].
- Abb. 13: UGT [Umwelt – Geräte – Technik GmbH] (2018): Tensio 100 – Mobiles Feldtensiometer. - URL: <http://www.ugt-online.de/produkte/bodenkunde/tensiometer/tensio-100/> [13.05.2018].
- Abb. 17: UGT [Umwelt – Geräte – Technik GmbH] (2018): Entnahme ungestörter Stechzylinderproben. - URL: <http://www.ugt-online.de/produkte/bodenkunde/bodenbeprobung/entnahme-ungestoerter-stechzylinderproben/> [13.05.2018].
- Abb. 15: UGT [Umwelt – Geräte – Technik GmbH] (2018): EnviroSCAN. - URL: <http://www.ugt-online.de/produkte/bodenkunde/bodenfeuchte/enviroscan/> [13.05.2018].
- Abb. 14: UGT [Umwelt – Geräte – Technik GmbH] (2018): Winderosions – Sedimentfalle. - URL: <http://www.ugt-online.de/produkte/bodenkunde/erosion/winderosions-sedimentfalle/> [13.05.2018].
- Abb. 16: WIKIPEDIA (2012): Lysimeter. - URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Lysimeter> [13.05.2018].

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Eigene Darstellung.

Tab. 2: HELLBERG-RODE, G. (2004): Zeigerpflanzen. - URL: <https://www.hypersoil.uni-muenster.de/0/05/18.htm> [10.05.2018].

Tab. 3: Eigene Darstellung.

Literaturverzeichnis

- FIEDLER, H.J./SCHMIEDEL, H. (1973): Methoden der Bodenanalyse 1: Feldmethoden. Dresden.
- MYRAU, J. (2017): Wir erforschen den Boden. - URL: https://wiki.zum.de/wiki/Wir_erforschen_den_Boden [10.05.2018].
- ROWELL, D.L. (1994): Soil Science. Methods & Applications. Essex, England.
- SCHROEDER, D. (1992): Bodenkunde in Stichworten. Berlin, Stuttgart.
- STAHR, A. (2018): Bodeneigenschaften. - URL: <http://www.ahabc.de/bodeneigenschaften/>. [23.04.2018].
- WGBU [Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen] (1994): Welt im Wandel. Die Gefährdung der Böden. Bonn.