



Technisches Büro & Chemisches Labor

BODEN

Technisches Büro Unterfrauner GmbH

Umseerstraße 39, A-3040 Neulengbach

+43 676 364 10 30

office@bodenoekologie.com

www.bodenoekologie.com

BODENTESTS ZUM SELBERMACHEN



Version: Juli 2023

Autoren: Matthias Stahlhofer, Hans Unterfrauner

Den Boden selbst in die Hand nehmen!

Mit einfach durchführbaren Bodentests lassen sich **Summenparameter zur raschen Beurteilung** eines Standorts bestimmen. Es kann damit bereits **im Feld** festgestellt werden, **ob** bestimmte **Probleme** (z.B. schlechte Aggregatstabilität, Versauerung) bestehen, deren **Ursache** kann jedoch **nicht** ermittelt werden.

Die Bodentests sollten idealerweise für mehrere, möglichst verschiedene Bodentypen/Standorte parallel durchgeführt werden, damit die **relativen Unterschiede** besser darstellbar sind. Eine Dokumentation mit Fotoapparat, Handy oder Tabelle empfiehlt sich zur späteren Überprüfung, ob z.B. am betreffenden Standort eine Veränderung eingetreten ist. Ein besonderer Fokus sollte bei allen vorgestellten Tests auf der Untersuchung der „**neutralgischen**“ Bodenschicht (**obersten 0 - 5 cm**) liegen, da dieser Bereich maßgeblich für die Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit ist.



Bestimmung der Aggregatstabilität (links) und des pH-Werts im Neutralsalz (rechts)

Die benötigten Materialien sind überschaubar, kostengünstig und in der Regel leicht erhältlich. Folgende **Bodentests** werden vorgestellt:

Tab.: Übersicht beschriebene Bodentests zum Selbermachen

Bodentest	Benötigte Materialien
1) Beurteilung der Aggregatstabilität mittels Trübung	schlankes Gefäß (abgeschnittene PET Flasche, Glas, Zylinder, Eprobette), destilliertes Wasser
2) Messung pH-Wert im Wasser	Gefäß, destilliertes Wasser, Indikatorstreifen/digitales pH Meter
3) Messung pH-Wert im Neutralsalz	Pehameter Modell Hellige (z.B. von Pronova)
4) Karbonat-Test (Kalkgehalt)	Salzsäure 10%-ig
5) Bodentextur mittels Fingerprobe	Wasser
6) Messung der Infiltration	abgeschnittenes PVC-Rohr, Wasser, ev. Schwimmer

Beurteilung der Aggregatstabilität mittels Trübung

Stabile Aggregate sind Voraussetzung für einen optimalen Wasser- und Lufthaushalt des Bodens, schaffen ausgewogene **Milieubedingungen** für Mikroorganismen und fördern durch die verbesserte **Infiltration** die Ableitung von Oberflächenwasser (z.B. bei starken Regenfällen) in den Bodenkörper.

Damit wird nicht nur das Wasserspeichervermögen des Bodens erhöht, sondern auch die Bodenerosion deutlich vermindert. Eine Vielzahl an physikalischen, chemischen und biologischen Faktoren beeinflussen die Aggregatstabilität eines Bodens, wie unter anderem:

- Lebendverbauung (Wurzel, Regenwürmer)
- Calcium und Magnesium-Brücken
- Bodenbedeckung (z.B. Bewuchs, Mulch)
- Bodentextur (Sand, Schluff & Tongehalt)
- Gehalt an organischer Substanz
- Bodenbearbeitung
- Mineralogie (z.B. Gehalt an Eisenoxiden)

Benötigte Materialien:

- Schlankes, hohes Gefäß (Glas, Zylinder, Eprobette, abgeschnittene PET-Flasche)
- Destilliertes Wasser



Stabiles Bodengefüge (Lebendverbauung)

Vorgehensweise:

- 1) Bodenmaterial grob zerkleinern und in das Gefäß füllen (1/3 der Füllhöhe)
- 2) Destilliertes Wasser bis ca. 1 cm unter dem Gefäßrand auffüllen
- 3) Mit der Hand abdecken und 1 bis 3 Minuten über Kopf kippen, bis sich der Boden vollständig mit dem Wasser vermischt hat (nicht schütteln)
- 4) Abstellen, mind. eine halbe Stunde warten und dann beurteilen, wie stark die überstehende Flüssigkeit getrübt ist.



Aufgeschüttelter Boden

TIPP: Der mit destilliertem Wasser ausgeschüttelte Boden kann direkt für die Messung des pH-Werts im Wasser verwendet werden (siehe *Bodentest 2*).

Beurteilung:

Beurteilt wird die **Flüssigkeit** über den abgesetzten Sedimenten.

➔ Ist diese **klar oder getrübt**?

- **Klare Flüssigkeit = stabile Aggregate;** Lebendverbauung der Krümel durch intakte Bodenbiologie, wasserstabile Ton-Humuskomplexe, stabile Ca- und Mg Brücken, gute Bodenstruktur. **Geringes Risiko** für Erosion und Verschlammung; gute Wasserinfiltration, aktives Bodenleben.
- **Getrühte Flüssigkeit = mäßig stabile Aggregate;** möglicherweise durch verminderte biologische Aktivität, Missverhältnis zwischen Ca und K. **Mittleres Risiko** für Erosion und Verschlammung; Lufthaushalt eingeschränkt.
- **Trübe Flüssigkeit = instabile Aggregate;** verminderte biologische Aktivität, Ca-Mangel, Missverhältnis von Ca, Mg und K. **Hohes Risiko** für Erosion und Verschlammung Luftmangel im Boden.



Vergleich der Trübung der überstehenden Flüssigkeit verschiedener Bodenproben zur Beurteilung der Aggregatstabilität

2

Messung des pH-Werts im Wasser

Der pH-Wert im Wasser entspricht der Konzentration der Wasserstoff-Ionen (H^+ -Ionen) in einer **wässrigen Lösung** und ist somit ein brauchbarer Wert für die **Charakterisierung des Säuregehalts** einer „wassergefüllten Bodenpore“. Dieser Summenparameter beschreibt einen wichtigen Teil der Lebensbedingungen für das Bodenleben und ist ein Indikator für die Nährstoffverfügbarkeit.

Benötigte Materialien:

- Schlankes, hohes Gefäß (Glas, Zylinder, Eprobette, PET-Flasche)
- Destilliertes Wasser
- Indikatorstreifen (z.B. von Merck, Macherey-Nagel)

Vorgehensweise:

➔ **Entweder Probe vom *Bodentest 1* nehmen oder:**

- 1) Bodenmaterial grob zerkleinern und in das Gefäß füllen (1/3 der Füllhöhe)
- 2) Destilliertes Wasser bis ca. 1 cm unter dem Gefäßrand auffüllen
- 3) Mit der Hand abdecken und 1 bis 3 Minuten vorsichtig über Kopf kippen, bis sich der Boden vollständig mit dem Wasser vermischt hat
- 4) pH Indikatorstreifen in überstehende Flüssigkeit halten
- 5) Farbabgleich zum Ablesen des pH-Werts



pH-Indikatorstreifen

Beurteilung:

Die Zahl ist der negative dekadische Logarithmus der H^+ -Ionen in der Lösung, das heißt ein pH 6 ist 10-mal und pH 5 ist hundert Mal saurer als pH 7. Die ökologische Beurteilung der Ergebnisse kann aus folgender Tabelle entnommen werden. Anzustreben ist ein **pH-Wert im Wasser zwischen 6,5 und 7,5**.

Tab.: pH-Wert Bereiche im Wasser, inklusive Beschreibung und ökologischer Beurteilung

pH-Wert im Wasser	Beschreibung	Bewertung
> 7,5	alkalisch	Biologische Aktivität eingeschränkt
7,5 - 6,5	neutral	Optimal (höchste Aktivität + Diversität)
6,9 - 5,9	schwach sauer	biologische Aktivität eingeschränkt
5,5 - 4,5	stark sauer	biologische Aktivität stark eingeschränkt
< 4,5	sehr stark sauer	biologische Aktivität kaum vorhanden

3

Messung des pH-Werts im Neutralsalz

Der pH-Wert im Neutralsalz entspricht der Konzentration der Wasserstoff-Ionen (H^+ -Ionen) in einer **Austauscher-Lösung** und ist somit ein brauchbarer Wert für die **Charakterisierung** der leicht **austauschbaren Säuren** eines Bodens. Mit der Messung des pH-Werts im Neutralsalz (KCl , $CaCl_2$) kann eine Aussage getroffen werden, in welchem **Puffersystem** sich der Boden aktuell befindet.

Benötigte Materialien:

- pH-Meter mit Indikatorflüssigkeit (z.B. Modell Hellige)
- Messlöffel
- destilliertes Wasser zum anschließenden Reinigen

Vorgehensweise:

- 1) Den Boden mit dem Messlöffel (ca. halbvoll) in die vorgesehene Grube des PEHAMETERS füllen. Nicht die Finger benutzen (Schweiß = sauer!)
- 2) Das eingefüllte Bodenmaterial mit Indikatorlösung überstauen
- 3) Für ca. 2 Minuten vorsichtig hin und her kippen (über die Rinne fließen lassen) und reagieren lassen: die Bodenporen sollen von Indikatorflüssigkeit „durchzogen“ werden, damit die Austauschprozesse stattfinden können
- 5) Farbabgleich zum Ablesen des pH-Werts (bis zu maximal 10 Minuten möglich)



pH-Messungen (Neutralsalz) in verschiedenen Tiefenstufen

Beurteilung:

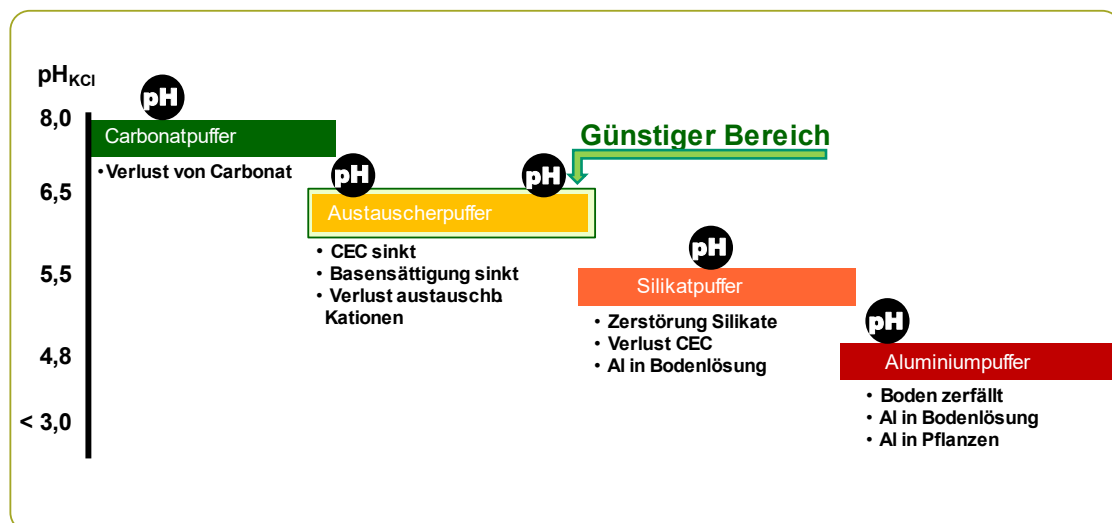
Grundsätzlich gilt, dass der pH-Wert im Neutralsalz meist niedriger, maximal jedoch gleich hoch sein kann wie der pH-Wert im destillierten Wasser, da durch das Neutralsalz (KCl , $CaCl_2$) austauschbare Säuren mobilisiert werden. Der Unterschied der beiden pH-Werte soll im Idealfall (wenn beide Werte im Optimum sind) ca. 0,5 bis 1 pH-Einheiten betragen. Anzustreben ist ein **pH-Wert im Neutralsalz** zwischen **5,9 und 6,9**.

Die **Beurteilung** der Ergebnisse kann aus folgender Tabelle entnommen werden:

Tab.: pH-Wert Bereiche im Neutralsalz, inklusive Beschreibung und Bewertung

pH-Wert im Neutralsalz	Beschreibung	Bewertung
< 7,5	alkalisch	Festlegung von Stoffen
7,5 - 6,5	neutral	Nachlieferung eingeschränkt
6,9 - 5,9	schwach sauer	optimal
5,9 - 4,5	stark sauer	Zerfall von Tonmineralen
< 4,5	sehr stark sauer	Zusammenbruch der Bodenstruktur

Die Messung des pH-Werts im Neutralsalz hilft, den Boden in sein aktuell aktives **Puffersystem** einzuordnen. Böden versauern nicht linear, sondern es wird nach und nach ein Puffersystem ausgeschöpft, die Versauerung erfolgt in Stufen. **Achtung:** mit der Messung kann nur festgestellt werden, in **WELCHEM** Puffersystem sich der Boden befindet, jedoch nicht **WO** im Puffersystem. Somit kann aus dieser Messung **keine Kalkungsempfehlung abgeleitet** werden!



Puffersysteme von Böden (© TB Unterfrauner GmbH)

- **Carbonatpuffer** (mit Carbonat-Test verifizieren): **pH > 7**
meist in kalkhaltigen Böden; carbonatische Verbindungen im Boden (z.B. CaCO_3 oder MgCO_3) neutralisieren Säuren rasch. Die dynamischen Prozesse wie z.B. die Nachlieferung von Nährstoffen können **eingeschränkt** sein.
- **Austauscherpuffer**: **pH 5,9 – 6,9**
günstig für die meisten Bodenfunktionen (**anzustreben**). Durch Austauschprozesse wird Säure abgepuffert, gleichzeitig werden Nährstoffe mobilisiert und es herrscht eine rege Dynamik im Boden.
- **Silikatpuffer**: **pH < 5,9**
Aluminium aus den Silikaten beginnt sich zu lösen, Tonminerale und in weiterer Folge die Bodenstruktur zerfallen. **Akuter Handlungsbedarf!**

Carbonat-Test

Mit Hilfe des Carbonat-Tests kann auf einfache Art bestimmt werden, ob im Boden **carbonatische Verbindungen** (z.B. Calciumcarbonat oder Dolomit) vorhanden sind. Carbonate **neutralisieren Säuren** und „puffern“ somit den Boden gegenüber Versauerung.

TIPP: Dieser Test eignet im Zuge der Entnahme von Bodenproben, bei welcher darauf geachtet werden sollte, nur Einzelproben mit ähnlichen Eigenschaften (z.B. carbonathaltig/nicht carbonathaltig) zu einer Mischprobe zu vereinen.

Benötigte Materialien:

- 10%-ige Salzsäure (HCl)

Vorgehensweise:

- 1) Den Boden vorsichtig mit der Salzsäure beträufeln und auf Reaktion achten



10%-ige Salzsäure (links) und aufschäumende Reaktion bei Vorhandensein von Karbonaten (rechts)

Beurteilung:

Enthält ein Boden Calcium- /Magnesium-Carbonate, reagieren diese mit Salzsäure (Reaktion: Aufbrausen bzw. „Knistern“), aus dem Carbonat entsteht das Gas CO₂. Die chemische Reaktion verläuft folgendermaßen (für Calciumcarbonat):



Ein **Aufbrausen** zeigt, dass im Boden **Carbonatverbindungen vorhanden** sind, der Boden liegt im Bereich des „Carbonatpuffers“. Carbonate können Säuren neutralisieren und so den Boden vor Versauerung schützen.

TIPP: Genau *hingehört!* Wenn kein deutliches Aufbrausen zu sehen, aber ein „Knistern“ zu hören ist, liegen dennoch Carbonate (ca. 0,5 - 2%) vor.

Beurteilung der beobachteten Reaktionen:

Beobachtete Reaktion, geschätzter Kalkgehalt und Beurteilung

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

– Aufschäumen, leichtes Aufbrausen oder deutliches Knistern:

Boden ist in der Regel vor Versauerung geschützt und braucht für die Erhaltung der Pufferkapazität keine zusätzliche Kalkung. Ob jedoch eine Ca-Düngung zur Pflanzenernährung oder zur Verbesserung der Aggregatstabilität nötig ist, kann hiermit nicht abgeschätzt werden.

– Keine Reaktion: der Boden ist carbonatfrei

Eine Kalkung zur Neutralisation von Säuren kann erforderlich sein. In diesem Fall sollte zusätzlich der pH-Wert gemessen und der Kalkbedarf/Kalkdünger durch eine Bodenanalyse ermittelt werden

TIPP: Falls eine **Reaktion** festgestellt wird, kann man sich die **pH-Messungen** (Wasser + Neutralsalz) **ersparen**, da sich der Boden im **Carbonatpuffer** (pH-Werte neutral) befindet!

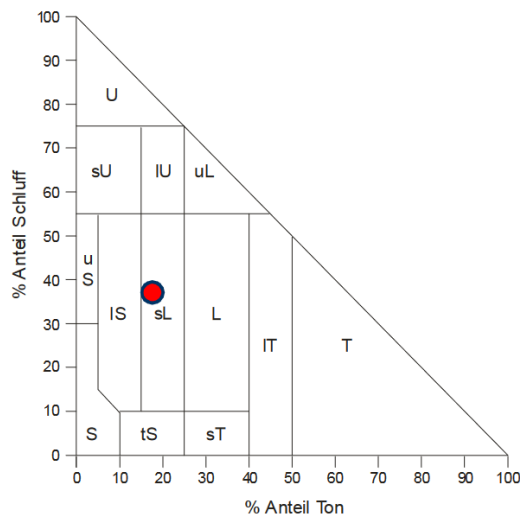
Dieser Test eignet sich sehr gut, um einen Gradienten der Versauerung im Bodenprofil abzuschätzen. Wenn in größeren Tiefen noch eine Reaktion erfolgt, ist dies ein Hinweis, dass es sich ursprünglich um einen kalkhaltigen Boden handelte.



Fingerprobe: Bestimmung der Bodentextur

Mit der Fingerprobe kann die Textur des Feinbodens (< 2 mm) abgeschätzt werden. Ideal ist eine solche Beurteilung z.B. für die Beschreibung von Bodenprofilen, da sich Unterschiede in der Bodentextur häufig in der Tiefe zeigen (z.B. Tonverlagerung). Unter der **Textur** des Bodens versteht man die **Zusammensetzung (%)** der unterschiedlichen **Partikelgrößen** eines Bodens, wobei folgende Einteilung gilt:

- **Sand** (S) = 63 µm bis 2 mm
- **Schluff** (U) = 2-63 µm
- **Ton** (T) = < 2 µm



Österreichisches Texturdreieck nach ÖNORM L 1050 (links) und zu "Würstchen" gerolltes Bodenmaterial (rechts)

Die **Bodenschwere** bezieht sich auf die (mechanische) **Bearbeitbarkeit** des Bodens. Als *leichte* Böden bezeichnet man sandige bis schluffige Böden, unter mittelschweren Böden sind lehmige und unter *schweren* Böden tonige Böden zu verstehen.

TIPP: Die Bodenart **Lehm** besteht aus jeweils ca. **1/3 Sand, Lehm und Ton** und erweist sich aufgrund der gleichmäßigen Verteilung der Grob-, Mittel- und Feinporen als günstige Bodenart für die meisten Kulturen.

Benötigte Materialien:

- Bodenmaterial (feldfeucht)
- Wasser zum Anfeuchten

Vorgehensweise und Beurteilung:

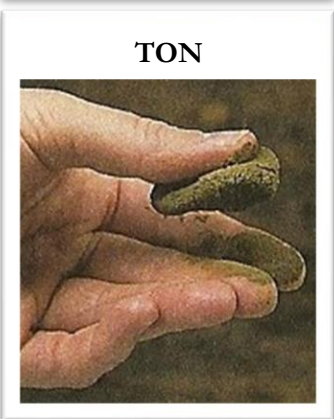
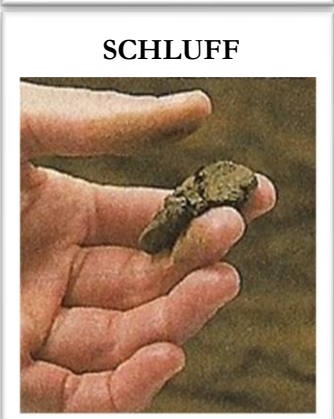
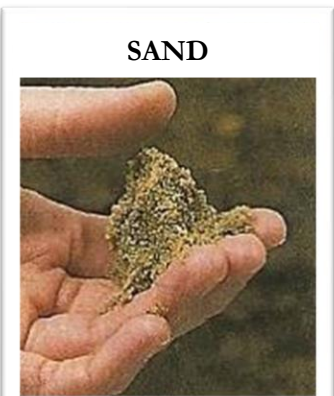
- 1) **Grobanteile** (> 2mm) wie z.B. Steine und Wurzeln aus der Probe **entfernen**
- 2) **Probe** bei Bedarf **anfeuchten**
- 3) In der Hand versuchen, einen „**Knödel**“ zu formen. Wenn dies nicht gelingt und der Boden strukturlos zerbröckelt, hat man es mit einer sehr sandigen Bodentextur zu tun.
- 4) Beim Rollen und Formen der Kugel genau darauf achten, was man zwischen den **Fingern spürt** und optisch an den **Handflächen** (und Fingerrillen) erkennen kann:

- Ist der Boden körnig, kann man Einzelkörner fühlen? **SAND**
- Fühlt sich der Boden „mehlig“ bzw. samtig an? **SCHLUFF**
- Klebt der Boden an den Fingern und glänzen die Reibflächen? **TON**

- 5) Konnte ein Knödel geformt werden, geht es nun an die genauere Bestimmung, ob eher schluffige oder tonige Bestandteile in der Probe dominieren. Dafür versucht man **zwischen den Handflächen** eine **Rolle** („Würstchen“) zu formen (bis ca. Bleistiftdicke) und achtet darauf, ab welchem Punkt die Rolle zerbröckelt/abbricht:

- Ist die Probe ausrollbar, zerbröckelt allerdings, wenn man sie ein zweites Mal ausrollt? **SCHLUFF**
- Lässt sich die Probe wiederholbar bis auf halbe Bleistiftdicke problemlos ausrollen? **LEHM/TON**
- Ist die Probe plastisch leicht verformbar und schmierig? **TON**

TIPP: Ein hoher Anteil an organischer Substanz (z.B. in humusreichen Oberböden) „bindet“ die einzelnen Bodenpartikel ähnlich wie Ton und kann zu einer leichten Überschätzung des Tonanteils führen. Für die landwirtschaftliche Praxis ist meist eine Einteilung in **leichte, mittelschwere** und **schwere** Böden ausreichend.



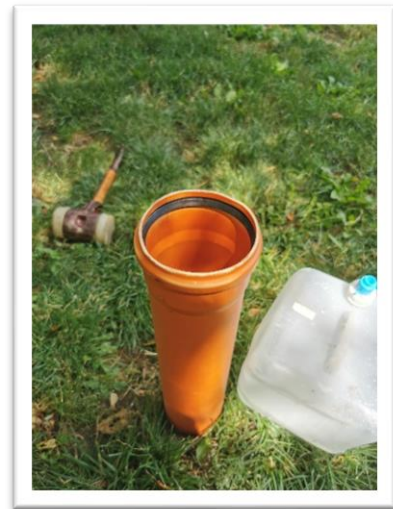
Fingerprobe zur Bestimmung des Sand-, Schluff- und Tongehalts

Messung der Infiltration

Über die Messung der Infiltrationsgeschwindigkeit können Rückschlüsse über das **Wasserleitungsvermögen** von Böden getroffen werden. *Infiltration* ist definiert als das Eindringen von Niederschlägen in den Boden und wird meist in **mm pro Stunde** oder **Minute** gemessen. Für die Messung verwendet man ein **Rohr** das in den Boden gerammt und bis zu einer **definierten Höhe** mit **Wasser gefüllt** wird.

Die Infiltration in den Boden ist u.a. zentral für den **Hochwasserschutz** und wird von mehreren **Einflussfaktoren** bestimmt:

- Porengrößen und Porenverteilung (z.B. Regenwurmröhren, Hohlräume von abgestorbenen Wurzeln)
- Stabilität der Aggregate
- Wassersättigung (Vorfeuchte)
- Bedeckungsgrad (Vegetation)
- Niederschlagsintensität



Benötigte Materialien:

- Abgeschnittenes PVC-Rohr oder (Doppel) Ring-Infiltrometer
- Eventuell: Schwimmer
- Ausreichend Wasser (siehe *Tab. unten*)
- Stoppuhr (Uhr, Handy)



Messung der Infiltration mit PVC-Rohr (oben) oder Doppelring-Infiltrometer (unten)

Vorgehensweise:

- 1) Zuerst wird das Rohr bzw. der Ring **in den Boden gerammt** (bei Grünland unter die Grasnarbe), sodass das Behältnis sicher dasteht und eingefülltes Wasser nicht unmittelbar seitlich auslaufen kann.
- 2) Bei Verwendung eines **Schwimmers** wird dieser nun **eingesetzt** (siehe *Abbildung unten*), wobei darauf geachtet wird, dass dieser von Vegetation etc. im untersuchten Durchmesser nicht in seiner Bewegung „gestört“ wird.

- 3) Als nächstes wird **Wasser eingefüllt** (Hinweis zur Menge siehe Tabelle unten) und unmittelbar mit der **Zeitmessung** begonnen: Das Volumen bzw. der **Anfangsstand der Wassersäule / des Schwimmers** wird notiert.
- 4) Nach definierten **Zeitintervallen** (z.B. 2 Minuten) wird jeweils der **Stand der Wassersäule / des Schwimmers** notiert.
 Man kann auf diese Zwischenmessungen auch verzichten und abwarten bis das Wasser vollständig versickert ist und die **Endzeit** notieren.

Tab.: Ausgewählte Durchmesser von Rohren, Füllhöhen und Wassermengen

Ø (cm)	Füllhöhe (cm)	eingefülltes Volumen (l)	≙ (mm) ≙ (l/m ²)
10	20	1,6	200
16	20	4,0	200
16	30	6,0	300
20	20	6,3	200
25	20	9,8	200
25	30	14,7	300



PVC-Rohr mit markierter Einschlagtiefe und Füllhöhe (10cm)

Beurteilung:

Da über die Einfüllhöhe und den Durchmesser das **eingefüllte Wasservolumen bekannt** ist (siehe Beispiele in *Tabelle oben*), kann die **Infiltration über die Zeit** bestimmt werden. Versickert z.B. bei einem PVC-Rohr mit 16 cm Durchmesser und 20 cm Füllhöhe in einer Stunde das gesamte eingefüllte Wasser (4,0 l), entspricht diese einer Menge von rund 200 l/m² (200 mm).

1 mm versickerte Wassersäule entspricht 1 Liter/m² oder 10 m³/ha – unabhängig vom Durchmesser des Rohres bzw. Ringes! Das **Ziel** wäre, dass Ackerböden **> 100 Liter/m² und Stunde** aufnehmen können, das entspricht einer Veränderung der Wassersäule von **> 10 cm / Stunde**.

Beachte: Gemessen wird bei diesem Bodentest die **ungesättigte hydraulische Leitfähigkeit**. Meist ist bei Böden mit geringer Vorfeuchte die Anfangsinfiltration besonders hoch und nimmt mit dem Sättigungsgrad bis zur gesättigten Leitfähigkeit ab.