



Kontaktperson WSL

Oliver Schramm **079 751 04 83**, Nouredine Hajjar **044 739 29 65**, Elisabeth Graf Pannatier **044 739 23 30**

e-mail: [lwf-logistik@wsl.ch](mailto:lwf-logistik@wsl.ch)

---

## Bodenlösung (Bestand)

### 1. Allgemeine Hinweise

1. Ziel dieser Untersuchung ist die Beschreibung der chemischen Zusammensetzung der Bodenlösung im Wurzelbereich (Nährstoffe und ausgewählte Schadstoffe) sowie deren zeitliche Veränderung. Ferner ist der Vergleich des Nährstoffein- und -austrags aus dem Hauptwurzelraum von Interesse.
2. Die Probenahme erfolgt mit vakuumierten Sammelflaschen aus Glas, welche über dünne Schläuche mit einer porösen Keramikmembran im Boden verbunden sind. Die Membranen befinden sich in 15 cm, 50 cm und 80 cm Tiefe. Das Wasser, das durch die organische Auflage sickert (Tiefe 0 cm) wird mit einer Plexiglasplatte aufgefangen. Hierfür ist ein Gefälle notwendig. Die zugehörige Sammelflasche besteht aus Plastik.
3. Die Beprobungsquadrate befinden sich in der Regel auf den Teilquadraten A1, A3, B2, B4, C1, C3, D2 und D4 oder auf A2, A4, B1, B3, C2, C4, D1 und D3
4. Aus logistischen Gründen ist es nicht möglich, die gesamte Probe einzusammeln und an die WSL zu schicken. Wenn die Flaschen viel Bodenlösung enthalten werden von jeder Sammelflasche bis zu 250 ml Probe in die entsprechend etikettierte Transportflasche umgefüllt. Das Volumen der restlichen Bodenlösung wird mit dem Messzylinder bestimmt, protokolliert und anschliessend verworfen.
5. Nach der Probenahme werden die Sammelflaschen vakuumiert (ausgenommen Flasche für 0 cm Tiefe), wobei ein Unterdruck von 0.5 bis 0.6 Bar (500-600 hPa) angelegt wird. Ist der Boden nicht allzu trocken (vgl. Tensiometrie), wird Bodenlösung aus der Umgebung der Keramikmembran in die Sammelflasche gesogen.
6. Weil viele Stoffe nur in geringen Konzentrationen in der Bodenlösung vorhanden sind, darf nichts verunreinigt werden, was mit der Bodenlösung in Kontakt kommt (Innenseite von Sammelflaschen, Stopfen, Innenseite der Transportflasche, Deckel, Schlauchmaterial). Durch Berührung dieser Teile mit der blossen Hand, aber auch durch Kontakt mit Erd- und Pflanzenmaterial, kann die Probe verunreinigt werden.
7. Mögliche Verfälschungen der Proben (Verunreinigung, Verluste beim Umgiessen) müssen unbedingt protokolliert werden.
8. Durch Temperatur- und Lichteinfluss können sich die Proben verändern. Deshalb erfolgt der Transport in lichtundurchlässigen Iso-Boxen. Dieselben Boxen schützen die Sammelflaschen im Feld (Feldkisten). Transportflaschen sollen nicht am Licht oder in der

Wärme stehen gelassen werden. Das Probematerial muss unmittelbar nach der Ablesung an die WSL geschickt werden.

9. Während des Winters werden die Apparaturen durch die Feldkiste vor Frostschäden geschützt, sofern diese richtig verschlossen wird.
10. Die Proben werden alle 14 Tage entnommen.

## 2. Benötigtes Material im Feld

- Iso-Box mit 32 Transportflaschen PE à 250 ml, beschriftet (Fläche, Beprobungsquadrat, Tiefe)
- Materialkoffer mit:
  - Messzylinder 1 L
  - Vakuumpumpe mit Bleiakku (12 V)
  - Reinbehälter
  - Reserve- und Wartungsmaterial (Schöpfgefäß, Schwamm, Schlauchklemmen)

## 3. Arbeitsschritte auf der Fläche

### 3.1 Vorbereitung

- Protokoll ausfüllen (siehe Beispielprotokoll)
- Pumpe an die Batterie anschliessen

### 3.2 Probenahme

1. Beprobungsquadrat mit eingegrabener Feldkiste aufsuchen
2. Verschlussbügel der Box öffnen; (Kondens-) Wasser abtropfen lassen; Deckel mit der Innenseite nach oben direkt neben die Kiste hinlegen (Ablagefläche)
3. Reinbehälter öffnen und auf den Deckel legen
4. Pro Sammelflasche (am Verbindungsschlauch beschriftet!) existiert eine Transportflasche. Beschriftung: <Fläche> / <Lage> / <Tiefe>, z. B. Vo/A1/15 (Fläche Vordemwald, Teilquadrat A1, Tiefe 15 cm).
5. Probenahme (siehe Abb. 1)
  - Schlauchklemme öffnen, damit sich der Druck in der

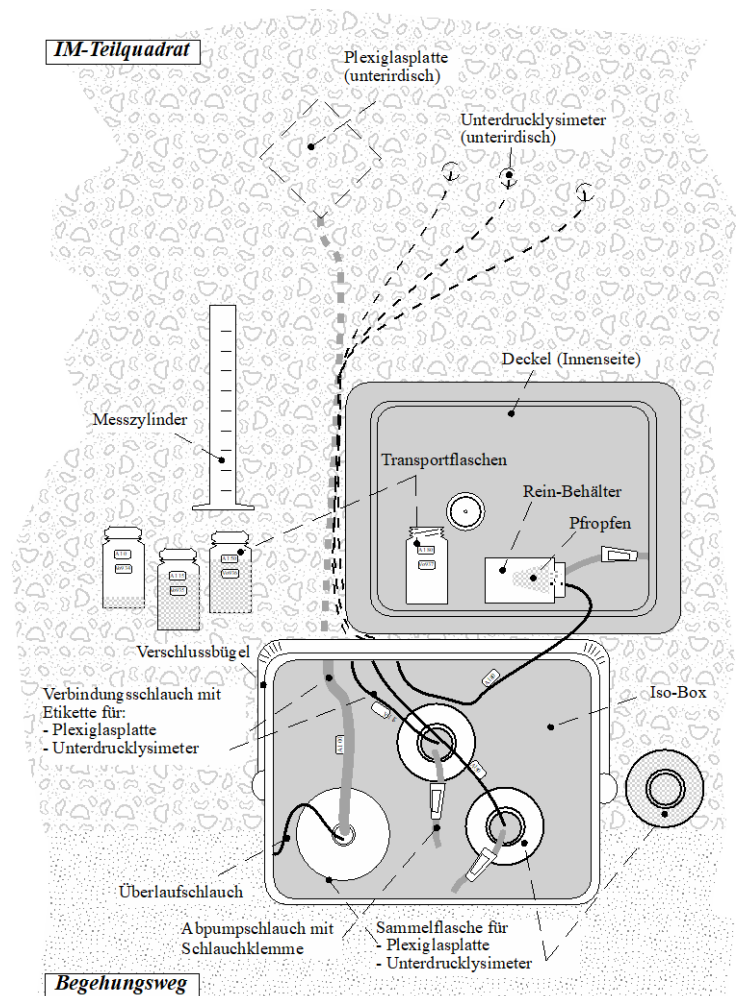


Abbildung 1 : Probenahme von Bodenlösung

Sammelflasche dem Umgebungsdruck angleicht.

- Transportflasche öffnen und auf den Deckel legen
  - Zugehörige Sammel flasche öffnen (bei den Glasflaschen, Pfropfen herausziehen, bei der 2 L PE-Flasche wird der Deckel durch **Drehen der Flasche** gelöst!)
  - Deckel bzw. Pfropfen in den Reinbehälter legen (Schutz vor Verschmutzung).
  - Umgiessen der Probe aus der Sammel flasche in die zugehörige Transportflasche. Transportflasche zu ca. 4/5 füllen.
  - Transportflasche gut verschliessen (Achtung: die Plastikdeckel verklemmen sehr leicht!)
  - Restmenge der Probe aus der Sammel flasche in den Messzylinder umfüllen.
  - Inhalt des Messzylinders auf 10 ml genau ablesen. Wert protokollieren („0“ = Sammel flasche leer; „√“ = keine Restmenge, Probe vollständig in die Transportflasche umgefüllt)
  - Messzylinderinhalt auf den Behebungsweg zwischen den IM-Quadraten ausgiessen (verteilen)
  - Sammel flasche mit dem Pfropfen verschliessen (Pfropfen locker aufsetzen; Achtung: wenn der Pfropfen zu stark in die Flasche gepresst wird, kann er nur noch mit Mühe entfernt werden).
6. Proben nacheinander abfüllen; auf keinen Fall mehrere Sammel flaschen oder Transportflasche gleichzeitig offen halten (Verschmutzungsrisiko und Verwechslungsgefahr!)
7. wenn alle Proben eines Beprobungsquadrates abgefüllt und die Sammel flaschen verschlossen sind, müssen diese wieder vakuumiert werden:
- Abpumpschläuche der drei gläsernen Sammel flaschen mit dem Pumpenschlauch verbinden
  - Pumpe starten; laufen lassen, bis sich der Unterdruck nicht mehr verändert (ca. 1-2 Minuten, Pumpgeräusch ändert sich); Manometeranzeige muss zwischen 0.5 und 0.6 liegen (siehe Abschnitt, falls dieser Wert nicht erreicht wird)
  - Sammel flaschen verschliessen durch Zusammenpressen der Schlauchklemmen an den Abpumpschläuchen
  - Pumpenschlauch entfernen, nachdem alle Abpumpschläuche abgeklemmt sind
8. Feldkiste verschliessen; Achtung: keine Schläuche einklemmen; gegebenenfalls den Rand der Kiste von Blattwerk und Erde säubern, so dass der Verschlussbügel ohne Kraftaufwand umgelegt werden kann
9. Fortfahren mit dem nächsten Beprobungsquadrat

### 3.3 Jahreszeitliche Änderungen

#### a) Sommer

Im Sommer kann die Trockenheit des Bodens dazu führen, dass die Sammelflaschen leer bleiben. Dies hat aber keine Auswirkungen auf die Arbeit. Auch in diesem Fall muss das Feldprotokoll ausgefüllt und die Flaschen neu vakuumiert werden.

#### b) Winter

##### Allgemeines:

Die Probenahme erfolgt auch im Winter. Falls es so kalt ist, dass die Vakuumpumpe nicht funktioniert, muss das Vakuum mit Hilfe der Spritze angelegt werden. Frost kann dazu führen, dass einzelne oder mehrere Lysimeterstationen einfrieren. In diesem Fall muss wie folgt vorgegangen werden:

- Proben, die gefroren oder teilweise gefroren (Mischung aus Wasser und Eis) sind, werden nicht gesammelt.
- Falls (auf der ganzen Fläche) nur einzelne Proben (2-3) gefroren sind, werden diese nicht beprobt (protokollieren), alle anderen Proben werden aber wie gewohnt beprobt.
- Falls der größte Teil der Proben (mehr als 3) gefroren sind, wird auf eine Beprobung verzichtet (protokollieren).

Wenn die Fläche eingeschneit ist, müssen die Feldkisten erst freigelegt werden (Schaufel mitnehmen). Der Standort der Kisten ist mit einer grauen PVC-Stange markiert, welche ca. 20 cm neben der Kiste steckt. Mit der Markierung soll verhindert werden, dass man auf einen Kistendeckel tritt und ihn dabei beschädigt. Nach beendeter Arbeit sollten die Kisten zur Wärmeisolation wieder mit einer Lage Schnee zugedeckt werden. Es muss darauf geachtet werden, dass die Feldkisten gut verschlossen sind, da sonst die Sammelflaschen durch Eisbildung zerspringen könnten.

### 4. Wartung/ laufender Unterhalt

Kleinere Schäden, wie Austausch defekter Flaschen, Ersatz von Schlauchklemmen, Etiketten, usw., werden vom Feldmitarbeiter behoben. Defekte Lysimeter sollen möglichst rasch an die WSL gemeldet werden.

### 5. Nachbearbeitung

Beim Versand wird nebst den Transportflaschen und dem Protokoll folgendes Material an die WSL zurückgeschickt:

- Reinbehälter (bei jeder Probenahme)
- Bleibatterie der Pumpe (jede 2. Probenahme)
- Millipore-Flasche zum Nachfüllen (bei Bedarf)

## 6. Bekannte Probleme

### 6.1 Sammelflaschen für Unterdrucklysimeter

#### a) Sammelflaschen kann nicht vakuumiert werden

Symptom: Sammelflasche kann nicht vakuumiert werden oder Vakuum sinkt nach dem Abstellen der Pumpe rasch ab (Sammelflasche leer und kein Unterdruck trotz feuchten Bodenverhältnissen)

- Schlauchklemme am Abpumpschlauch überprüfen
- Pfropfen auf der Flasche überprüfen
- Abpumpen wiederholen
- Falls keine Besserung eintritt: Verbindungsschlauch oder Sammelflasche nach erkennbaren Schäden absuchen oder Vakuum anlegen und auf Einströmgeräusche achten
- Protokollvermerk „defekt“, wenn der Schaden nicht behoben werden kann

#### b) Sammelflasche leer

Symptom: trotz starker bis mittlerer Bodenfeuchte ist die Sammelflasche leer und steht immer noch unter Vakuum; Sammelflaschen anderer Teilquadrate derselben Tiefe sind nicht leer

- Verbindungsschlauch nach geknickten Stellen absuchen
- Protokollvermerk (konnte das Problem behoben werden?)

### 6.2 Sammelflaschen für die Plexiglasplatten

#### a) Sammelflasche überfüllt

Symptom: die Sammelflasche ist bis zum Ansatz des Überlaufschlauches gefüllt

- Flasche vorsichtig öffnen
- Probe vorschriftsgemäss entnehmen
- Protokollvermerk „>“ beim Volumen (Beispiel: bei einer 2 L Flasche „ > 2000 ml“)

#### b) Sammelflasche leer

Symptom: die Sammelflasche ist trotz starken Niederschlägen in der letzten Sammelperiode leer; Sammelflaschen anderer Plexiglasplatten sind nicht leer

- Verbindungsschlauch nach Knicken absuchen
- nach vorheriger Absprache mit der WSL: Schlauch ausblasen
- Protokollvermerk (Konnte das Problem behoben werden?)

### 6.3 Feldkiste

#### a) Wasser in der Feldkiste

Symptom: Wasser in der Kiste

Anmerkung: Leider kann nicht verhindert werden, dass Wasser in die Kisten eindringt. Dies ist im Allgemeinen nicht problematisch. Probleme die entstehen können:

- Wasser reicht bis zu den Pfropfen: Gefahr, dass die Proben verunreinigt werden
- Flaschen schwimmen auf: Gefahr, dass die Verbindungsschläuche abknicken

- Kiste mit Schöpfbecher und / oder Schwamm leerschöpfen
- Protokollvermerk, wenn die Probenahme beeinträchtigt wurde

#### **b) Kiste deformiert sich**

Symptom: Innenwand der Kiste deformiert sich; wenn an die Wand gedrückt wird, schwappt Wasser in die Kiste

Anmerkung: Leider kann nicht verhindert werden, dass Wasser zwischen die Aussen- und Innenhülle der Kiste gelangt. Dies ist im Allgemeinen nicht problematisch, solange in der Kiste genügend Platz vorhanden ist.

- Protokollvermerk
- nach vorheriger Absprache mit der WSL: Kiste mit einer Querleiste verstreben oder durch Loch entwässern

#### **c) Kiste schwimmt auf**

Symptom: Kiste hebt sich teilweise oder vollständig aus dem Boden; Kiste lässt sich nach unten drücken, wobei Wasser nach oben quillt

Anmerkung: Bei stau- oder grundnassem Boden kann es vorkommen, dass durch Bodenwasser die Feldkiste angehoben wird. Problematisch ist dies, weil dadurch die Verbindungsschläuche geknickt werden können oder das Gefälle zwischen Plexiglasplatte und Sammelflasche eventuell verloren geht.

- Protokollvermerk mit Angaben über das Ausmass der Anhebung

### **6.4 Verunreinigungen**

#### **a) Probenverunreinigung (Kontamination)**

Symptom: Verunreinigung der Bodenlösung durch Berührung mit der Hand, Insekten, Erd- und Pflanzenmaterial, etc.

- Protokollvermerk „Probe verunreinigt“

#### **b) Verschmutzung des Sammlersystems oder der Transportflaschen**

Symptom: Verunreinigung von Material, das mit der Probe in Berührung kommen kann (Kontakt mit Erde, Pflanzenteilen, Insekten oder mit der Hand)

- betrifft: Innenseite von Transport- oder Sammelflaschen, Unterseite von Pfropfen, Flaschenverschlüsse, in die Probe hineinreichender Teil des Verbindungsschlauchs, Schlauchinnenseite
- verunreinigte Stelle mit Millipore-Wasser gut spülen
- starke Verunreinigungen allenfalls mit der Hand reinigen und mit Millipore-Wasser sehr gut nachspülen
- gespülte Teile gut abtropfen lassen (z. B. Deckel gut ausschütteln)

#### **c) Insekt im Absaugschlauch**

Symptom: Insekt ist in den Absaugschlauch hineingekrochen

- Absaugschlauch entfernen (nur der weiche Silikonschlauch!) und mit Millipore-Wasser das Tier ausspülen

- Schlauch gut abtropfen lassen und wieder befestigen