

## Lagerungsdichte

Bei skeletthaltigem Boden wird die Dichte der Feinerde (Korndurchmesser < 2 mm) berechnet. Dazu muss der Skelettgehalt gemessen oder geschätzt werden. Feinerde und Skelett werden mittels Siebung voneinander getrennt. Die Lagerungsdichte der Feinerde berechnet sich wie folgt:  $(\text{Gewicht Total} - \text{Gewicht Skelett}) / (\text{Volumen Total} - \text{Volumen Skelett})$ .



### Methode 1 (Steckzylinder)

#### Prinzip:

Die Bodenprobe wird mit einem Steckzylinder entnommen, anschliessend bis zur Gewichtskonstanz bei 105 °C getrocknet und dann gewogen. Das Probenvolumen ist durch den Steckzylinder gegeben, das Volumen des Skelettes wird entweder gemessen oder aus dem Gewicht und der reellen Dichte (Literaturwerte) berechnet.

Pro Horizont sind bei Proben mit mehr als 300 ml Volumen mindestens drei Messungen, sonst mindestens fünf Messungen durchzuführen.

#### Probleme:

Grössere Proben entsprechen den wirklichen Werten besser als kleine. Üblich sind Burgerzylinder mit 1000 ml Inhalt, häufig werden auch 100-ml-Proben verwendet. Erwünscht sind mindestens 300-ml-Proben. Kleine Proben können bei der Probennahme leicht verdichtet werden. Da die Verdichtung des Bodens untersucht werden soll, kann diese mögliche zusätzliche Verdichtung während der Probennahme stören. Grössere Proben bedeuten grösseren Aufwand bei der Probennahme.

### Methode 2 (Tauchwägung)

#### Prinzip:

Die Probe wird ins Wasser getaucht und verdrängt so viel Wasser, wie die Probe Volumen aufweist. Gemäss dem Gesetz von Archimedes entspricht das Gewicht des verdrängten Wassers der Auftriebkraft, deren Gegenkraft mit der Waage bestimmt wird. Die Gegenkraft bzw. die Auftriebskraft in Kilogramm entspricht dem Volumen des verdrängten Wasser bzw. dem Volumen der Probe in Litern. Die Probenmasse wird wie bei Methode 1 durch Wiegen der nicht eingetauchten Probe bestimmt.

#### Material:

Bodenprobe mind. 100 ml. Waage (Genauigkeit mindestens  $\pm 0.5\%$  der Probenmasse), Wassergefäss (5 bis 10 mal so gross wie die Probe), Vakuumpumpe (950 mbar), Plastikbeutel (z.B. Tiefkühlbeutel 2 bis 3 mal das Probenvolumen), Schlauchklemme (z.B. Klauke, 2.5 × 200 mm), Aufhängevorrichtung.

### **Methode:**

1. Berechnen des Volumens des eingetauchten Plastikbeutels:
  - Das Volumen hängt ab von den Materialeigenschaften (Dicke, eingetauchte Länge und Breite.) Die Dicke kann beim selben Modell schwanken und muss daher jedes Mal überprüft werden.
2. Trieren des Wassergefässes:
  - Gefäss zu etwa  $\frac{3}{4}$  füllen, auf die Waage stellen und tarieren.
3. Probe vorbereiten:
  - Probe wiegen.
  - Probe sorgfältig in Plastikbeutel betten. Einige Zentimeter des Vakuumpumpenschlauches einführen und mittels der Schlauchklemme hermetisch abschliessen.
4. Messung:
  - Diese Schritte müssen so schnell als möglich durchgeführt werden, um zu verhindern, dass die Probe zusammensackt oder der Plastikbeutel zerreisst.
  - a. Das Wassergefäss steht auf der tarierten Waage.
  - b. Vakuumpumpe anstellen.
  - c. Den Plastikbeutel ungefähr 10 cm tief hängen, dabei darauf achten, dass weder Boden noch Wände berührt werden.
  - d. Gewicht ablesen.
  - e. Beutel aus dem Wasser nehmen. Verbindung zur Vakuumpumpe kappen, um die Probe zu entlasten.
  - f. Das Volumen der Probe in  $\text{cm}^3$  ist gleich der abgelesenen Masse in g minus das eingetauchte Beutelvolumen.

### **Kommentar:**

Die Genauigkeit der Volumenbestimmung hängt vom Restluftvolumen im Beutel ab und dieses wiederum von der Unebenheit der Probe. Also ist für die Volumenmessung ein möglichst dünner und weicher Plastikbeutel, dessen Grösse in einem angemessenen Verhältnis zur Probengrösse steht, zu wählen, um das Restluftvolumen minimieren zu können. Das Restluftvolumen ist visuell zu kontrollieren. Die Methode eignet sich auch für steinige Böden.

## **Methode 3 (bei grossem Skelettgehalt)**

### **Prinzip:**

Auf einer sauber präparierten, ebenen Probefläche wird Boden ausgehoben. In den dabei entstandenen Hohlraum wird ein Ballon gelegt und mit Wasser gefüllt (Membran-Densitometer oder Ballonmethode) oder der Hohlraum wird mit Sand gefüllt. Das Wasser- bzw. Sandvolumen wird bestimmt. Das entnommene Bodenmaterial wird im Labor bei 105 °C getrocknet und dann gewogen. Feinerde und Skelett werden voneinander getrennt. Die Lagerungsdichte berechnet sich aus den im Labor gemessenen Massen (Gewicht total und Gewicht Skelett), aus dem im Labor gemessenen oder aus dem mittels Gewicht und reeller Dichte berechneten Volumen des Skelettes und dem im Feld bestimmten totalen Volumen.

Pro Horizont sind mindestens drei Messungen durchzuführen.

### **Literatur:**

Boivin P., Brunet D. & Gascuel-Odoux C., 1990. Bulletin du groupe français d'humidité neutronique No 28. ISSN 0245-9493.

Gee G. R. & Hartge K. H., 1986. Bulk density. In: A. Klute (ed.). Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods. 2nd edition. ASA, Madison, USA. S. 363–382.

Schweizerische Referenzmethoden der Eidgenössischen landwirtschaftlichen Forschungsanstalten (FAL), 1996. Bestimmung der Lagerungsdichte von Bodenproben mit ungestörtem Gefüge. Methode PYZYL-D (Zylinderproben). Band 2. Zürich-Reckenholz.