

## **Boden- und Substratanalyse in der Praxis:**

### **Qualität einfach testen und erkennen**

Corthum - Fortbildungsseminar Galabau  
Pfaffenrot 2008

**Bodeninstitut Johannes Prügl**  
Ingenieurbüro für Boden – und Vegetationstechnik

---

Moosburger Strasse 5      84072 Au in der Hallertau  
Tel. +49 (0)8752 / 9119      Fax +49 (0)8752 / 9118  
www.bodeninstitut.de      info @ bodeninstitut.de

Dipl.- Ing. agr. Gartenbau **Johannes Prügl**

- \* 15 Jahre Betriebsleiter in der Erdaufbereitungsbranche;
- \* seit 9 Jahren eigenes Ingenieurbüro für Boden- und Vegetationstechnik, mit kleinem Bodenlabor;
- \* Berater für Erdenwerke, Kommunen, Architekten, Galabau;
- \* leitendes Mitglied im Bodeninstitut Prügl;

Ausbilder / Referent bei:

Fachagrarwirt Greenkeeping; Fachagrarwirt Baumpflege;  
Meisterschule Schönbrunn; Akademie Landschaftsbau Weih.;  
Baureferat LH München; bayer. Landwirtschaftsministerium;  
oberbayer. Gartenfachberater u.v.m.

**info@bodeninstitut.de ; www.bodeninstitut.de**

## **Inhaltsübersicht:**

### **A. Qualitätstest an losen Böden und Substraten:**

1. bodenphysikalische / bodenmechanische Merkmale;
2. bodenchemische Merkmale;
3. bodenbiologische Merkmale;

### **B) Qualitätstest an eingebauten Böden und Substraten:**

## **Übersicht:**

### **Bodenphysikalische / bodenmechanische Kennwerte von losen Erden im Praxistest:**

- **Wassergehalt;**
- **Dichte** (Schüttgewicht, Volumengewicht);
- **Zusammensetzung:** Art und Menge der Inhaltsstoffe;
- **Kornform:** Bruchflächigkeit; Längen-Breiten-Verhältnis;
- **Kornfestigkeit;**
- **Größtkorn;**
- **Korngrößenverteilung:** Bodenart; Bodengruppe; Anteil Feinboden und Bodenskelett; Anteil der einzelnen Kornfraktionen;

**Übersicht:  
Bodenphysikalische / bodenmechanische Kennwerte  
von losen Erden im Praxistest:**

- **Bindigkeit;**
- **Formbarkeit;**
- **Konsistenz;**
- **Wasserdurchlässigkeit;**
- **Wasserspeicherfähigkeit;**
- **Quellneigung;**

**Wassergehalt:**

**Grund der Untersuchung:**

Abgleich mit  $W_{Pr}$  („optimaler Proctorwassergehalt“);  
Einbau nicht zu nass; Bestimmung der Konsistenz;  
Bestimmung des Schüttgewichtes;

**Methode:**

Erhitzen einer Probe (mind. 700 g) im Mikrowellenherd,  
1x oder 2x 10 min; ca. 400 Watt;

**Material:**

Mikrowellenherd; Mikrowellengeschirr (kein Plastik);  
genaue Waage;

## **Schüttgewicht:**

### **Grund der Untersuchung:**

Abrechnungsgrundlage;  
max. Gewichtsbelastung z.B. bei Dächern und TG;  
Qualitätskriterium von porösen Zuschlagstoffen;

### **Methoden:**

DIN 12580 (Mengenbestimmung Kultursubstrate);  
DIN-EN 1097-3 (Schüttdichte von Gesteinskörnungen);  
(DIN 52110 ist zurückgezogen)

### **Material:**

Ausgelitertes Gefäß; Sieb (Siebweite je nach Größtkorn im Substrat); Abstreichblech, aufgekantete Schaufel; genaue Waage;

## **Schüttgewicht:**

### **Methoden:**

**DIN 12580** (Mengenbestimmung von Kultursubstraten):

Ausgeliterten Messzylinder auf einen sauberen, glatten Untergrund stellen, den Aufsatz und die Siebvorrichtung draufsetzen, anschließend den Messzylinder mit der Schaufel durch die Siebvorrichtung bis zur Oberkante des Aufsatzes befüllen. Das Material sollte locker, nicht verklumpt oder verdichtet sein. Der Messzylinder darf auf keinen Fall auf den Boden aufgestoßen und das Füllmaterial **n i c h t** zusammengedrückt werden.

## **Schüttgewicht:**

### **Methoden:**

**DIN-EN 1097-3** (Schüttdichte von Gesteinskörnungen):

Bei der Bestimmung der Schüttdichte wird der Zuschlag lose bis zum Rand eines Gefäßes eingefüllt.

Nun den Zuschlag, ohne ihn im Messgefäß zu verdichten, bündig mit der Gefäßoberkante abstreichen. Bei groben Korngruppen (etwa ab 16 mm) überstehenden Zuschlag abnehmen.

Um die Schüttdichte zu berechnen, wird der Inhalt gewogen und durch das Volumen des Gefäßes geteilt.

## **Materialzusammensetzung:**

### **Grund der Untersuchung:**

Abgleich mit Eignungsprüfung und Leistungsverzeichnis;

### **Methoden:**

Aussiebung der Feinteile < 2mm; Abwaschen der Grobteile; Augenschein, bei Bedarf mit Auszählen;

### **Material:**

Sieb 4 mm; Sieb 2 mm; Wasserflasche; Ausstreifblech;

## **Kornform:**

### **Grund der Untersuchung:**

Abgleich mit Eignungsprüfung und Leistungsverzeichnis;  
Beobachtung von Bruchflächigkeit; Rauigkeit; Längen-  
Breiten-Verhältnis;

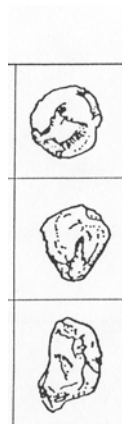
### **Methoden:**

Messen der max. Länge und Breite;  
Befühlen mit der Hand; Augenschein;

### **Material:**

Schublehre; Handtest; Lupe;

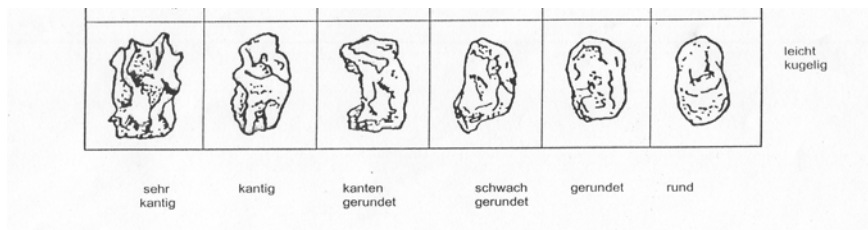
## **Kornform:**



schwach  
gerundet

**Kornform: kugelig - länglich / plattig**

## Kornoberfläche:



## Kornoberfläche: kantig - glatt

## Kornfestigkeit:

### Grund der Untersuchung:

Abgleich mit Eignungsprüfung und Leistungsverzeichnis;  
Beurteilung der Stabilität bei befahrbaren oder überbauten  
Substraten;  
Test der Froststabilität;

### Methoden:

Zerkleinern mit Hammer oder per Hand;

Augenschein;

### Material:

Gummihammer; Handtest;

### **Größtkorn:**

#### **Grund der Untersuchung:**

Abgleich mit Eignungsprüfung und Leistungsverzeichnis;  
Beurteilung von Tragfähigkeit und Scherfestigkeit;

#### **Methoden:**

Messung des Größtkorns;

#### **Material:**

Sieb oder Schieblehre oder Maßband;

### **Korngrößenverteilung:**

#### **Grund der Untersuchung:**

Abgleich mit Eignungsprüfung und Leistungsverzeichnis;  
Beurteilung des Verhaltens der Erde bei Wasseraufnahme  
und -abgabe (Verdichtbarkeit; Wasserspeicherung,  
Wasserdurchlässigkeit);  
Beurteilung von Tragfähigkeit und Scherfestigkeit;

#### **Methoden:**

Siebungen der Stein- und Sandfraktion (u. U. mit Wiegen  
der Einzelfractionen); Auswaschen des Schlammkorns;  
Augenschein; Handprobe;

#### **Material:**

verschiedene Siebe; genaue Waage; Wasserflasche;



## **Bindigkeit (Klebrigkeit):**

### **Grund der Untersuchung:**

Feststellung der Bodenart und Bodengruppe;  
gibt Auskunft über den Tongehalt der Erden;  
Beurteilung des Verhaltens der Erde bei Wasseraufnahme  
(Konsistenz, Bearbeitbarkeit; Verdichtbarkeit;  
Wasserspeicherung, Wasserdurchlässigkeit);

### **Methoden:**

DIN 18915: Fingerprobe; Reibprobe; Schneideprobe;  
Einteilung in: zerbröseln sofort / sehr leicht / leicht / nicht;

### **Material:**

Sieb, Wasserflasche; Lupe; Brett; Messer;

## **Bindigkeit (Klebrigkeit):**



### **Fingerprobe**

## **Formbarkeit (Ausrollbarkeit):**

### **Grund der Untersuchung:**

Feststellung der Bodenart und Bodengruppe;  
gibt Auskunft über den Ton- und Schluffgehalt der Erden;  
Beurteilung des Verhaltens der Erde bei Wasseraufnahme  
(Konsistenz, Bearbeitbarkeit; Verdichtbarkeit;  
Wasserspeicherung, Wasserdurchlässigkeit);

### **Methoden:**

Ausrollprobe (KA 4): Ausrollen auf "halbe Bleistiftstärke";

### **Material:**

Sieb; Brett; Lineal; Wasserflasche;

## **Formbarkeit:**



### **Ausrollprobe**

## **Formbarkeit:**



### **Ausrollprobe**

Bodeninstitut Prügl 2009

32

## **Konsistenz:**

### **Grund der Untersuchung:**

Feststellung der Bearbeitbarkeit der Erden (nur bei bindigen Böden);

### **Methoden:**

Handtest: Ausroll- und Knetprobe (KA 4);  
Einteilung in fest-halbfest-steifplastisch-weichplastisch-flüssig

### **Material:**

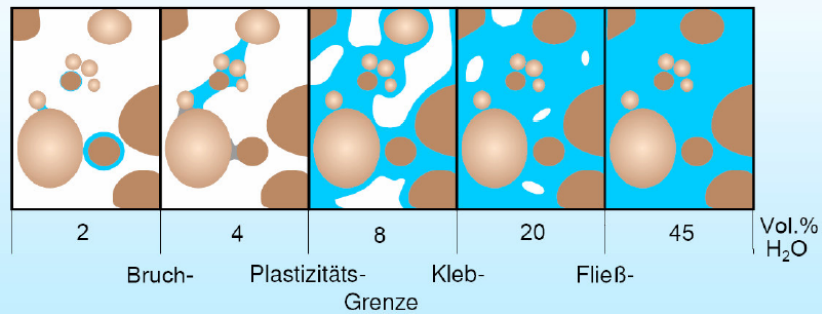
Sieb; Brett; Hand

Bodeninstitut Prügl 2009

33

## Konsistenz

### Sand bei verschiedener Wassersättigung (Gesamtporenvolumen = 45%)



Bodeninstitut Prügl 2009

34

## Quellneigung:

### Grund der Untersuchung:

Beurteilung des Quellverhaltens bei Wasserzugabe;  
gibt Auskunft über mögliche Wasserundurchlässigkeit;

### Methoden:

Probe stark Anfeuchten, Handtest; Absiebversuch mit Sieb  
0,063 mm

### Material:

Feinsieb; Wasserflasche;

Bodeninstitut Prügl 2009

35

## **Wasserdurchlässigkeit:**

### **Grund der Untersuchung:**

Ableich mit Eignungsprüfung und Leistungsverzeichnis;  
Beurteilung der Vernässungsstabilität und der Belastbarkeit  
bei Niederschlag; Beurteilung der Versickerungsleistung;

### **Methoden:**

Einbau in Prüfzylinder; Verdichten mit Gewicht (Eigengewicht,  
Proctorhammer u.ä.); Überstauen mit Wasser; Messen der  
Geschwindigkeit des Wasserablaufs;

### **Material:**

Prüfzylinder; Verdichterplatte; feines Sieb (zum Abstellen des  
Zylinders; Schüssel; Messspitze; Wasserflasche; Stoppuhr;

## **Wasserspeicherfähigkeit:**

### **Grund der Untersuchung:**

Ableich mit Eignungsprüfung und Leistungsverzeichnis;

### **Methoden:**

loser oder teilverdichteter Einbau in Prüfgefäß; Anstauen;  
Abtropfen lassen; Messen der Gewichtszunahme;

### **Material:**

Prüfgefäß; evtl. Verdichterplatte; feines Sieb;  
Wasserflasche; genaue Waage;

**Übersicht:  
Bodenchemische Kennwerte von losen Erden  
im Praxistest:**

- **Säuregehalt, pH-Wert;**
- **Kalkgehalt;**
- **Nitratgehalt;**

**pH-Wert:**

**Grund der Untersuchung:**

Ableich mit Eignungsprüfung und Leistungsverzeichnis;  
Beurteilung des Säurezustandes; Abschätzung über  
mögliche pflanzenschädliche Inhaltsstoffe;

**Methoden:**

pH-Messung mit „Hellige“ – pH-Meter;  
Messung über pH-Messsonden für Flüssigkeiten bzw.  
direkt im Boden;  
pH-Teststreifen

**Material:**

„Hellige“-pH-Meter; Messsonde; Teststreifen;

## pH-Wert - Messung:



„Hellige“-pH-Meter;

Bodeninstitut Prügl 2009

40

## pH-Wert - Messung:



pH- Teststreifen

Bodeninstitut Prügl 2009

41

## **Kalkgehalt:**

### **Grund der Untersuchung:**

Abgleich mit Eignungsprüfung und Leistungsverzeichnis;  
Beurteilung des Säurezustandes; Abschätzung über  
mögliche pflanzenschädliche Inhaltsstoffe;

### **Methoden:**

Aufbrausversuch mit Salzsäure; Einstufen in Kalkgehalte  
nach KA 4;

### **Material:**

10%-ige Salzsäure; Pipette;

## **Nitratgehalt:**

### **Grund der Untersuchung:**

Beurteilung des Nährstoffzustandes; Abschätzung über  
mögliche Unter- oder Überversorgungen;

### **Methoden:**

Schnelltest mit Nitrat-Teststreifen: Probe mit dest. Wasser  
auflösen, abfiltrieren und Farbwechsel eines Teststreifens  
beobachten;

### **Material:**

dest. Wasser; Rührstab; Teststreifen („Merckoquant“ o.ä.;  
Filter; Glasbehälter;



**Übersicht:  
Bodenbiologische Kennwerte von losen Erden  
im Praxistest:**

- **Anteil organischer Substanz, Humusgehalt;**
- **Art und Menge von Bodenleben: Bodentiere;  
Pflanzenteile;**
- **Unkrautbesatz;**

**Humusgehalt:**

**Grund der Untersuchung:**

Ableich mit Eignungsprüfung und Leistungsverzeichnis;  
Beurteilung des Nährstoffzustandes; Abschätzung über  
mögliche Unter- oder Überversorgungen;

**Methoden:**

„Farbansprache“ nach KA 4; Augenschein und Geruch;  
Einteilung von h 0 (= 0 Massen-% Humus; „humusfrei“)  
bis h 7 (> 30 Massen-% Humus, „organisch“)

**Material:**

Sieb; Sprühflasche; Augen; Nase; u.U. Farbkarte nach  
„Munsell“;

## **Bodenleben und Unkrautbesatz:**

### **Grund der Untersuchung:**

Abgleich mit Eignungsprüfung und Leistungsverzeichnis;  
Beurteilung der Qualität nach DIN 18915; Abschätzung  
über mögliche Schädling, Nützlinge;

### **Methoden:**

Augenschein nach Auswaschung der Feinanteile;

### **Material:**

Sieb; Wasserflasche; evtl. Lupe;

## **Bodengeruch und Bodenfarbe**

### **Grund der Untersuchung:**

Abgleich mit Eignungsprüfung und Leistungsverzeichnis;  
Beurteilung von Humusgehalt; Beurteilung von möglichen  
anaeroben Vorgängen im Boden;

### **Methoden:**

Boden „erdfeucht“ anfeuchten; Augenschein; Riechen;

### **Material:**

Sieb; Wasserflasche; Augen; Nase; .U. Farbkarte nach  
„Munsell“;

## **Bodenfarbe:**

### **Methoden:**

„Farbansprache“ nach KA 4; Farbkarte nach „Munsell“;



Bodeninstitut Prügl 2009

50

## **Keimpflanzentest**

### **Grund der Untersuchung:**

Beurteilung von möglichen pflanzenschädigenden Stoffen im Boden;

### **Methoden:**

Aussaat von Testpflanzen auf die Probe; Vergleich mit einer „0-Variante“ (handelsübliche Blumenerde); Auszählen der auflaufenden Samenkörner; Bonitierung der Jungpflanzen;

### **Material:**

Pflanzgefäß; Referenzerde (0-Variante); Saatgut (Kresse, Gras);

Bodeninstitut Prügl 2009

51

## **Keimpflanzentest**



## **Übersicht: Bodenphysikalische / bodenmechanische Kennwerte von eingebauten Erden im Praxistest:**

- **Tragfähigkeit;**
- **Verdichtungsgrad;**
- **Scherfestigkeit;**
- **Schichtdicke;**
- **Wasserdurchlässigkeit;**

## **Tragfähigkeit**

### **Grund der Untersuchung:**

Abgleich mit Leistungsverzeichnis;  
Beurteilung der Tragfähigkeit bei belastbaren Substraten;

### **Methoden:**

Lastplattendruckversuch mit dynamischer Fallplatte;  
Befahrversuch mit Fahrzeug, Messen der Spurtiefe der  
Reinenspuren;

### **Material:**

dynamisches Fallgewichtsgerät;  
Fahrzeug; Meterstab;

## **Tragfähigkeit - Messung**



dynamisches Fallgewichtsgerät;

## Tragfähigkeit – Messung



Befahrversuch mit Fahrzeug;

Bodeninstitut Prügl 2009

56

## Verdichtungsgrad

### Grund der Untersuchung:

Abgleich mit Leistungsverzeichnis;  
Beurteilung der Verdichtungsleistung;

### Methoden:

Rammsondierung (Eindringwiderstandsmessung) mit  
leichter Rammsonde (Künzelstab);  
Verdichtungsmessungen durch Penetrometersonden

### Material:

Künzelstab;  
Hand-Penetrometer (Sonde zur Feststellung des  
Eindringwiderstands);

Bodeninstitut Prügl 2009

57

## Verdichtungsgrad



Künzelstab

Bodeninstitut Prügl 2009

58

## Verdichtungsgrad

Penetrometer

### Bodendichte

#### Penetrometer zur genauen Feststellung der Bodendichte

In verdichteten Böden ist die Aufnahme von Wasser und Nährstoffen durch die Pflanze nur eingeschränkt möglich. Eine weitere Folge ist der verringerte Luftaustausch im Boden und eine Reduzierung der N-Mineralisierung. Mit diesem einfachen, robusten Handpenetrometer wird der Eindringwiderstand von Böden gemessen. Es wird senkrecht mit gleichmäßigem Druck auf beide Griffe in den Boden gedrückt. Die Anzeige des Eindringwiderstandes erfolgt analog in PSI (pounds per square inch) auf einem gut ablesbaren Factsdisplay.

#### Anwendungsbereich:

- Aufgärten verdichteter Bodenschichten in Landwirtschaft und Gartenbau, Sport- und Golfplatzpflege, etc.
- Untersuchung von (erwarteten) Wachstumsbedingungen von Pflanzen und Bäumen
- Allgemeine bodenkundliche Untersuchungen
- Einfache Fundierungsgütekriten (Tragkraftbestimmung)

#### Eigenschaften und technische Daten:

- Erdstahlsonde mit Markierungen der Bodentiefe (Einteilung: 3, 6, 9, 12, 15 und 18 Inch (x 2,54 cm))
- Robustes Folienhäuse des Anzeegerätes
- Gut ablesbare Factskala
- Messbereich: 0 – 500 PSI (0 – 3.500 kPa oder  $\text{N/m}^2$ )



Bodeninstitut Prügl 2009

59

## Verdichtungsgrad



ca. 70-80 % Proctordichte

ca. 100 % Proctordichte

Bodeninstitut Prügl 2009

60

## Scherfestigkeit

### Grund der Untersuchung:

Abgleich mit Leistungsverzeichnis;  
Beurteilung der Stabilität im Boden;

### Methoden:

Flügelscherversuch DIN 4094 mit Flügelsonde;

### Material:

Flügelsonde;

Bodeninstitut Prügl 2009

61



## **Scherfestigkeit, Gefügestabilität:**



### **Flügelsonde:**

Bodeninstitut Prügl 2009

62

## **Schichtdicke:**

### **Grund der Untersuchung:**

Abgleich mit Leistungsverzeichnis;

### **Methoden:**

Handschurf mit Spaten;  
Hohlmeißel - Bohrstock;  
Rammkernbohrungen;

### **Material:**

Spaten; Pürckhauer - Bohrstock; Kernbohrgerät; Meterstab;

Bodeninstitut Prügl 2009

64

## **Schichtdickenmessung:**



### **Material:**

Spaten; Pürckhauer - Bohrstock;

## **Wasserdurchlässigkeit**

### **Grund der Untersuchung:**

Abgleich mit Eignungsprüfung und Leistungsverzeichnis;  
Beurteilung der Vernässungsstabilität und der Belastbarkeit bei Niederschlag;  
Beurteilung der Versickerungsleistung;

### **Methoden:**

Infiltrationsmessgeräte (z.B. Metallringe) halb in den Boden klopfen, mit Wasser befüllen; Ablauf messen.  
Versickerungsgruben ( ca. 50cm x 50cm x Schichtdicke) erstellen, mit Wasser befüllen; Ablauf messen.

### **Material:**

Spaten; Doppelringinfiltrometer; Stoppuhr; Maßstab (Messspitzen);

## Wasserdurchlässigkeit



Ringinfiltrometer;