

Pilzökologische Datenerfassung muss nicht aufwändig sein – Teil 2: Morphologische und physikalische Bodeneigenschaften

HANS HALBWACHS

HALBWACHS, H. (2010): Collecting ecological data in fungal research made simple. – Part 2: Morphological and physical properties of soils. *Z. Mykol.* 76/1: 83-99

Key Words: ecology, fungi, soil analytics, soil type, soil texture, profile, water, humus

Zusammenfassung: Es werden preisgünstige Methoden bzw. Geräte zur Bestimmung wichtiger morphologischer und physikalischer Bodenfaktoren für die pilzökologische Feldforschung vorgestellt. Die Methoden beziehen sich auf Bodentyp, Bodenart, Bodengefüge und den Wasserhaushalt. Die Zusammenstellung zeigt Möglichkeiten auch für Freizeitmykologen auf, mit wenig aufwändigen Methoden für die mykologisch-ökologische Feldforschung wissenschaftlich relevante Arbeit zu leisten.

Abstract: This article presents low-cost methods and devices for the determination of important soil parameters in the ecological field research in mycology, such as soil type, soil profile, soil texture and soil hydrology. Thus the compilation shows options, also for amateur researchers, how to use less costly methods that contribute to ecological field research in mycology in a scientifically acceptable fashion.

Die Artikelreihe wendet sich vor allem an die Mykologen, die Pilzkunde nicht als Beruf ausüben bzw. studiert haben. Aber auch für Berufsmykologen ist die Serie von Interesse, weil Methoden vorgestellt werden, die trotz ihrer Einfachheit für Forschungszwecke geeignet sind.

Dieser zweite Teil befasst sich mit der Erfassung von Bodeneigenschaften und den zugehörigen physikalischen und morphologischen Faktoren. Bodenfaktoren sind wesentlicher Bestandteil der Charakterisierung eines Standortes. WILD (1995) stellt insgesamt fest, dass Böden organische und anorganische Nährstoffe sowie Wasser bereitstellen und damit einer Vielzahl von Organismen einen Lebensraum bieten.

Böden sind Teil eines komplexen Regelnetzwerkes. Dies ergibt sich aus den Elementen eines Geoökosystems, also dem Zusammenwirken von Geologie, Relief, Böden, bodennaher Luft, Wasser und Vegetation. Die in Böden wirksamen Faktoren umfassen regelnde Funktionen (z.B. Verteilung und Kapazität von Poren), Speicherfunktionen (z.B. für Wasser, Nährstoffe) und Prozesse, wie z.B. Verdunstung oder der Eintrag von Nährstoffen und Wasser (HINTERMAIER-ERHARDT & ZECH 1997: 194ff).

Böden als Pilzsubstrat

Großpilze fruktifizieren überwiegend auf bzw. in Erde (terricole Pilze) (s. z.B. STENLID et al. 2008 oder BRESINSKY et al. 2007), wobei es erhebliche Standortunterschiede gibt. Wiesenböden unterscheiden sich z.B. von Waldböden u.a. durch die organische Auflage, die mechanische Struktur und den Wasserhaushalt.

Unterschiedliche Pilzarten durchdringen mit ihren Mycelien unterschiedliche Bodenschichten, bevorzugen grob- oder feinkörnige Erde, gedeihen auf silikat- oder kalkreichen Böden und haben vielfältige Ansprüche an den Säuregrad bzw. an das chemische Milieu insgesamt. Böden liefern ein Vielfalt an Nährstoffen, konservieren Feuchtigkeit, ermöglichen in der Regel den Austausch von Gasen (v.a. CO₂ und O₂) und bieten Lebensraum für wichtige biologische Partner der Großpilze, v.a. für Mikroorganismen sowie Bodentiere (s.a. CHAPIN et al. 2002: 153-156), und natürlich für Pflanzen. Da Pilze ausnahmslos auf organische Nährstoffe angewiesen sind, ist die Herkunft und der Zersetzungsgrad der im Boden enthaltenen organischen Reste (z.B. Streu, Ausscheidungen von Bodenorganismen usw.) ein wichtiges Kennzeichen von Pilzgesellschaften (s.a. COOK 1979).

Der herausragenden Bedeutung des Substrates „Boden“ wird in der Mykologie allerdings nach Beobachtung des Autors nicht immer die angemessene Aufmerksamkeit geschenkt. Auch die in der Datenbank PILZOEK (www.pilzoek.de) erfassten Angaben zu Bodeneigenschaften sind spärlich und teilweise widersprüchlich. Die im Folgenden beschriebenen Kennwerte und Methoden sollen dazu beitragen, hinreichend genaue Aussagen mit geringst möglichem Aufwand zu treffen.

Die pilzökologisch wichtigen Bodenfaktoren

Bei der Erfassung von Bodenfaktoren in der Mykologie geht es überwiegend darum, Böden über ihre typischen morphologischen, physikalischen und chemischen Eigenschaften zu charakterisieren. Bei speziellen Fragestellungen können detailliertere Analysen anorganischer und organischer Bestandteile sowie Untersuchungen zur Bodenfauna hinzutreten. Die wesentlichen physikalischen und morphologischen Kenngrößen sind in Tab. 1 beschrieben.

Methoden und Geräte

Die im Weiteren aufgeführten Methoden sind so ausgewählt, dass sie den Ansprüchen an nahezu alle ökologischen Fragestellungen in der Feldmykologie genügen. Wie bereits im Teil I dieser Artikelreihe (HALBWACHS 2009) ausgeführt wurde, steht weniger die Genauigkeit der Mess- und Prüfmethode im Vordergrund, sondern eher die Wiederholbarkeit der Ergebnisse. Die Methoden müssen also zuverlässig sein und eine Einschätzung der Größenordnung der Bodenparameter zulassen. Diese pragmatische Vorgehensweise ist auch deshalb angezeigt, weil die meisten Böden kleinräumige Heterogenitäten aufweisen, die sich auf physikalische, chemische und biologische Eigenschaften deutlich auswirken können (s.a. KLIRONOMOS & KENDRICK 1995). Gründe hierfür können Wurzeln, vergrabenes Holz, Steine oder Abfall, Nähe zu Baumstämmen (sauerer Stammabfluss!) usw. sein. Hinzu kommt, dass Pilze die Chemie und sogar die Mechanik ihrer Substrate verändern können, wie z.B. den pH-Wert (COOKE & WHIPPS 1993: 94) und Mykorrhizapilze das Bodengefüge (RILLIG & MUMMEY 2006).

Die hier vorgestellten Methoden sind auch für Pilzkundler geeignet, die weder über ein voll ausgerüstetes Labor verfügen, noch größere Summen investieren können.

Tab. 1: Definition, Erläuterungen und ökologische Bedeutung der wichtigsten morphologischen und physikalischen Bodenfaktoren für pilzökologische Untersuchungen.

Die Faktoren	Definition	Erläuterung/Beispiele/typische Werte*	Ökologische Bedeutung
Bodentyp	Profil der Bodenschichten: Abfolge der Horizonte (Beispiel s.u. Abb. 1)	Schichten wie humushaltiger Oberboden (Ah), humusfreier Mineralhorizont (Unterboden, z.B. Bv) usw., durch die Bodentypen wie Braunerde oder Bleicherde (Podsol) charakterisiert werden (s. z.B. KRIEGLSTEINER 1993: 66f...)	Grundlegende Informationen, um eine Untersuchungsfläche oder Fundort zu charakterisieren. Von besonderem Interesse sind die Humus führenden Schichten. Bei gestörten Böden ist die Schichtung undeutlich bis nicht vorhanden.
Bodenart	Korngrößenzusammensetzung, z.B. das Verhältnis von lehmigen Anteilen zu Sand	z.B. sandige Lehme, Schluffe	Die Bodenart liefert vor allem Hinweise auf den Wasserhaushalt.
Gefüge	Zusammenlagerung der Bodenpartikel: Poren- bzw. Krümelstruktur	Einzelkorngefüge (Sand), Krümelgefüge (z.B. gut entwickelter Boden von Mischwäldern)	Durchlässigkeit für Wasser, Gase, Mycel und Bodentiere. Bodenverdichtung z.B. durch Mensch oder Vieh
Feldkapazität	Wasserhaltevermögen, ausgedrückt als Gewichts- oder Volumen-% (Details siehe Abschnitt „Feldkapazität“)	schluffiger Sand ca. 40 % bzw. 24 vol% sandiger Lehm ca. 66 % bzw. 33 vol % (nach AG BODENKUNDE 1982: 146f)	Grundinformation zum Wasserhaushalt des Bodens und damit z.B. Hinweis auf Anfälligkeit für Austrocknung
Aktueller Wassergehalt (Jahresgang) (s.a. HALBWACHS 2009)	Gewichts- oder Volumen-% bzw. als Saugspannung (Tensiometer, siehe Abschnitt „Aktuelle Bodenfeuchte“)	Der Wassergehalt kann z.B. nach Niederschlägen vorübergehend die Feldkapazität übersteigen. Die Saugspannungen bewegen sich zwischen 10 und 10000 hPa (pF 1 bzw. 4), können aber bei Trockenheit mehrere Millionen hPa erreichen (nach HINTERMAIER-ERHARDT & ZECH 1997: 308)	<ul style="list-style-type: none"> • Wesentliche Angabe zum zeitlichen Verlauf der Wasserverfügbarkeit für Pilze und pflanzliche Symbiosepartner • Einer der wichtigsten direkten Einflussfaktoren für Pilzwachstum

*Die „typischen Werte“ sind SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002: 145,129 und 92 entnommen, sofern nicht anders angegeben.

Bodentyp

Schon ein Stich mit dem Spaten in den Boden zeigt, dass „Erde“ etwas Gewachsenes ist und sich in Schichten aufbaut. Für Waldböden gilt meist, dass nach einer Streuauflage einer mit organischen Stoffen – vornehmlich

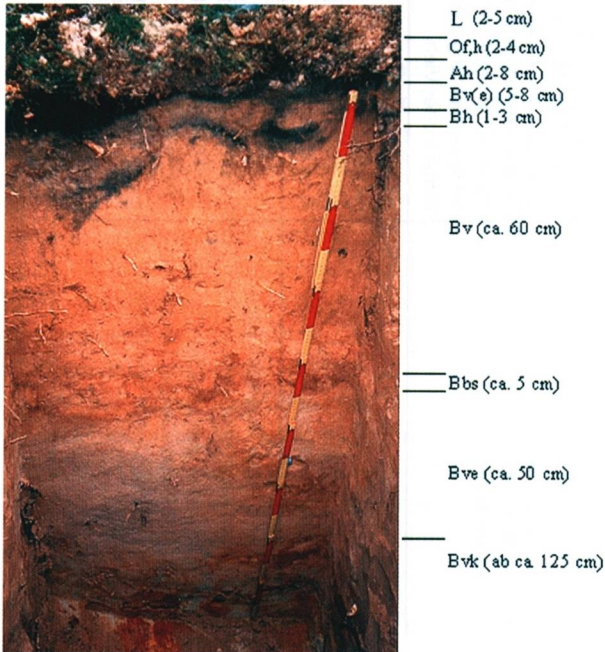


Abb. 1: Bodenprofil einer podsoligen Braunerde.

Humus – angereicherte mineralische Bodenschicht folgt. Der nächste Horizont besteht fast nur aus mineralischen Bestandteilen in unterschiedlichster Korngröße. Noch tiefere Horizonte sind für die Pilzökologie meist nur dann relevant, wenn es Pilze betrifft, die entweder an Wurzeln gebundene Zersetzer (Destruenten), Parasiten oder Symbionten (Mykorrhiza) sind. Für die Mycele anderer Pilze fehlen in tieferen Schichten die organischen Nährstoffe. Ein Beispiel eines Waldbodens zeigt die Abb. 1.

Die Systematik

Die Kürzel auf der rechten Seite des Bodenprofils markieren die einzelnen Horizonte. Die Großbuchstaben bezeichnen die

Haupthorizonte. Die meisten Böden, die den Mykologen interessieren, sind nach dem Schema L-A-B-C aufgebaut, allen voran Waldböden:

- L – organische Auflage (engl. „litter“), also Streu. Diese Schicht kann fehlen, z.B. bei Dünen
- O – organische Schicht aus Zersetzungsprodukten des L-Horizonts
- A – erste mineralische Schicht mit organischen Bestandteilen, v.a. Humus
- B – zweite mineralische Schicht ohne organische Bestandteile
- C – Gesteinsuntergrund, aus dem die oberen mineralischen Schichten ausgewittert sind.

Der B-Horizont ist von nachrangiger Bedeutung, eine Differenzierung ist nur bei sehr speziellen Fragestellungen erforderlich. Der Gesteinsuntergrund dieses Horizonts ist aus ökologischer Sicht kaum relevant, gibt aber Hinweise zur Entstehung der jeweiligen Erdschicht.

Kleinbuchstaben, wie in Abbildung 1, bezeichnen zusätzliche Merkmale eines Haupthorizonts (Differenzierung), z.B. Bv: durch Verwitterung braun gewordener (Eisen!), auch verlehmt B-Horizont (nach AG BODENKUNDE 1982: 64-68). Eine vereinfachte Systematik mit Identifizierungshinweisen findet sich in Anhang 1.

Rohböden und Böden, die noch sehr jung sind, weisen nur ein bis zwei Horizonte auf, nämlich C als Grundgestein ohne oder mit einer A-Schicht („Ranker“ aus Silikatgesteinen,

„Rendzina“ aus Kalkgesteinen), evtl. mit einer organischen Auflage. Solche Böden sind vor allem in Hochgebirgen zu finden. Die Gesteine sind hier von Interesse, weil die myceltragenden Schichten (O, Ah) direkt auf dem Gestein oder Schotter aufliegen.

Häufig werden auch Staunässeböden angetroffen, also Gley und Pseudogley. Bei Gleyböden steht das Grundwasser dicht unter der Oberfläche (grundwassernahe Mulden, moorige Böden). Pseudogley ist durch den ständigen Wechsel zwischen Vernässung und Austrocknung gekennzeichnet (z.B. Aueböden). In beiden Fällen ist unter der organischen Auflage (O) ein A-Horizont zu erwarten. Bei Gleyböden folgen G-Horizonte, die durch unterschiedliche Sauerstoffeinwirkung rostfleckig bis graublau-schwarz gefärbt sind. Pseudogley ist mit marmorierten S-Schichten (Stauwasserhorizont) unterlegt, die stark verdichtet sind. Das Schema in Abb. 2 zeigt die vier Bodentypen im Vergleich.

Weitere in der Mykologie relevante Bodentypen sind Parabraunerde (Ah, Al, B, C) und Podsole (Ah, Ae, B, C). Siehe auch KRIEGLSTEINER (1993: 66-73).

Die humosen Oberbodenhorizonte

In der Ökologie terrestrischer Großpilze muss besondere Aufmerksamkeit der Beschreibung bzw. Einordnung der Horizonte L bis A gewidmet werden. Vornehmlich der O-Horizont verdient eine gründliche Differenzierung (AGERER, pers. Mitteilung 2006), weil er als Produkt der Streuschicht die wichtigste Kohlenstoffquelle für saprotrophe Großpilze darstellt. Aber auch die meisten Mykorrhizapilze profitieren von ausgeprägten organischen Schichten (LINDAHL & BOBERG 2008: 192f). In der organischen Auflage werden unterschieden:

- L (> „litter“): lockere bis verklebte mehrere cm dicke Schicht aus kaum zersetzter Streu, die sich scharf gegen die Folgeschicht absetzt.
- Of (f > fermentierend): bräunlich-schwarze, meist bröckelige, einige cm dicke Schicht aus organischem, von Pilzhypen durchzogenes Feinmaterial, in dem Pflanzenreste noch erkennbar sind.
- Oh (h > humifizierend): schwarzer, meist feinkrümeliger Übergang (Oh) in den Mineralboden (Ah). Pflanzenreste sind kaum mehr erkennbar.

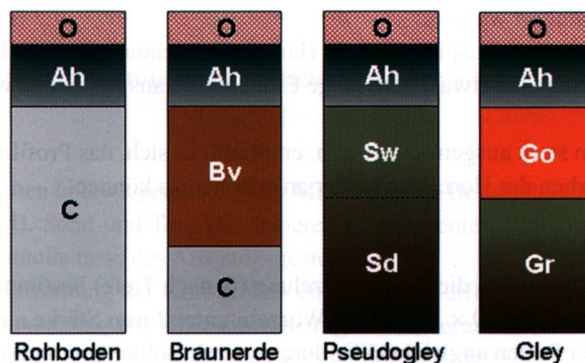


Abb. 2: Bodenhorizonte wichtiger Böden (verändert nach HINTERMAIER-ERHARDT & ZECH 1997, Bedeutung der Kleinbuchstaben s. Anhang 1)

Eine detaillierte Darstellung dieser Horizonte findet sich in AK STANDORTKARTIERUNG (1996: 85-99).

Die Größenordnung des im Ah-Horizont enthaltenen Humus kann für spezielle Fragestellungen anhand der Verfärbung abgeschätzt werden (s. Tab. 5 im Anhang).

Aus der Abfolge der Schichten, die organisches Material enthalten, lassen sich die sog. Humusformen (AG BODENKUNDE 1982: 99f) ableiten:

Rohhumus: L – Of – (Oh) – Ah, Oh fehlt bei ungünstigen biologischen Bedingungen. Die Bodenreaktion ist stark sauer und nährstoffarm, Bodenwühler (Gliedertiere, Würmer, Kleinsäuger usw.) fehlen.

Moder: L – Of – Oh – Ah, Übergangsform zwischen Rohhumus und Mull. Die Bodenreaktion ist sauer, Bodenwühler sind spärlich vorhanden.

Mull: L – (Of) – Ah, Of kann fehlen, Bodenreaktion schwach sauer bis neutral, gute Nährstoffversorgung, reichlich Bodenwühler, v.a. Regenwürmer.

Durchführung

Gerätschaften

- Spaten oder Handschaufel
- Zollstock (Gliedermaßstab)
- Handprobenehmer
- evtl. Sprühflasche mit Wasser
- Handbesen oder Borstenpinsel
- Digitalkamera
- Klemmbrett, kariertes Papier oder Aufnahmeformular (siehe Anhang 5), Bleistift.

Vorgehensweise

In aller Regel reicht es aus, mit einem Spaten oder Handschaufel den Boden auf der Untersuchungsfläche (!) 30–50 cm tief abzustechen und die Horizonte zu beschreiben (Schemazeichnung). Zusätzlich sollte das Profil zusammen mit einem Vergleichsmaßstab („Zollstock“) fotografisch dokumentiert werden.

Um Heterogenitäten aufzuspüren ist ein Handprobenehmer (ähnlich Pürckhauer-Bohrstock) nützlich, mit dem bis etwa 30 cm lange Erdkerne heraus gestochen werden können (s. Abb. 3).

Sollte der Boden stark ausgetrocknet sein, empfiehlt es sich, das Profil mit Wasser einzusprühen, um die Farben der Horizonte besser ansprechen zu können.

Durchwurzelung

An der Profilwand kann auch die Durchwurzelung (je nach Tiefe) bestimmt werden, in dem man in einem Quadrat von 10 × 10 cm alle Wurzeln unter 2 mm Stärke auszählt (siehe Tab. 6 im Anhang). Ist der Boden ungleichmäßig durchwurzelt, sollten pro untersuchter Tiefe 5 bis 10 Quadrate oder einfach größere Flächen ausgezählt und gemittelt bzw. auf 1 dm² herunter gerechnet werden. Zum Auszählen wird die Profilwand mit einem Handbesen oder Borstenpinsel leicht aufgeraut.

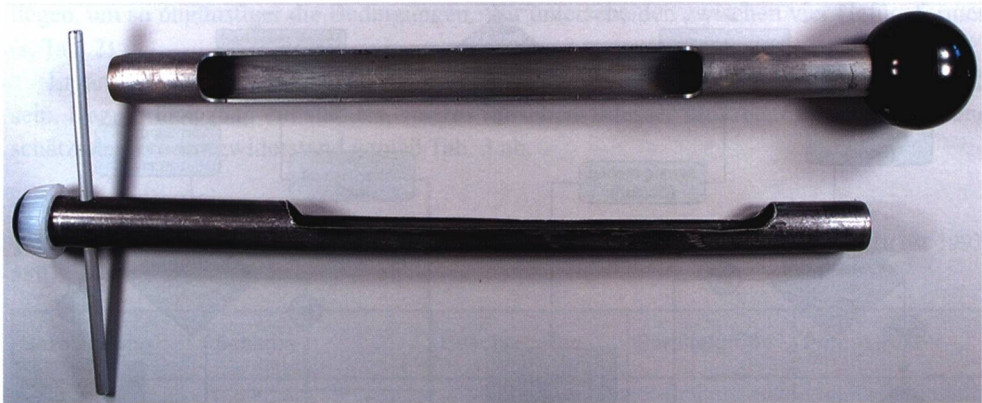


Abb. 3: Handprobennehmer, oben aus dem Handel, unten aus Stahlrohr selbst gebaut (Länge ca. 40 cm).

Anmerkungen

Wie ein Blick auf Abb. 1 bereits zeigt, sind die Horizonte nicht so einfach identifizierbar. Die Aufnahme, die Bewertung von Bodenprofilen und die Ableitung des zugehörigen Bodentyps erfordern Übung. Der Amateur, der sich einarbeitet, tut deshalb gut daran, sich professionell beraten zu lassen. Örtliche Forstämter und Naturschutzbehörden können dabei meist helfen bzw. hilfsbereite Fachkräfte vermitteln.

Die Mächtigkeiten der humushaltigen Horizonte (O, Ah) sollten festgehalten werden. Sie können im Zusammenhang mit Untersuchungen über humicole Pilze von Bedeutung sein (AGERER, pers. Mitteilung 2009).

Die Durchwurzelung kann z. B. dann von Interesse sein, wenn mykorrhizabildende Pilze untersucht werden sollen.

Fehlerquellen

- Bei zu trockenem Boden verblassen die Verfärbungen, so dass die Schichten nicht vollständig oder korrekt differenziert werden können.
- Zu wenig Übung
- Untersuchungsfläche bzw. Profil nicht auf Heterogenitäten geprüft.

Bodenart

Mineralböden bestehen überwiegend aus einer Mischung von Bestandteilen unterschiedlicher Korngröße, also z. B. Sand und Ton. Die feineren Komponenten sind meist Verwitterungsprodukte des Grobanteils bzw. des Ausgangsgesteins.

Eine genaue Bestimmung der Korngrößen eines Bodens erfolgt durch Siebung bzw. Sedimentation, die Auswertung mit Hilfe eines Korngrößendiagramms (s. ENSSLIN et al. 2000: 26f und HALBWACHS 2007: 151). Diese Analysenmethode ist zwar nicht allzu aufwändig, aber in der Pilzökologie normalerweise nicht erforderlich.

Es genügt eine halbquantitative Ermittlung mittels der Fingerprobe, also durch Rollen, Kneten und Verreiben einer leicht feuchten Bodenprobe. Die Diagnostik ist in Abb. 4 dargestellt.

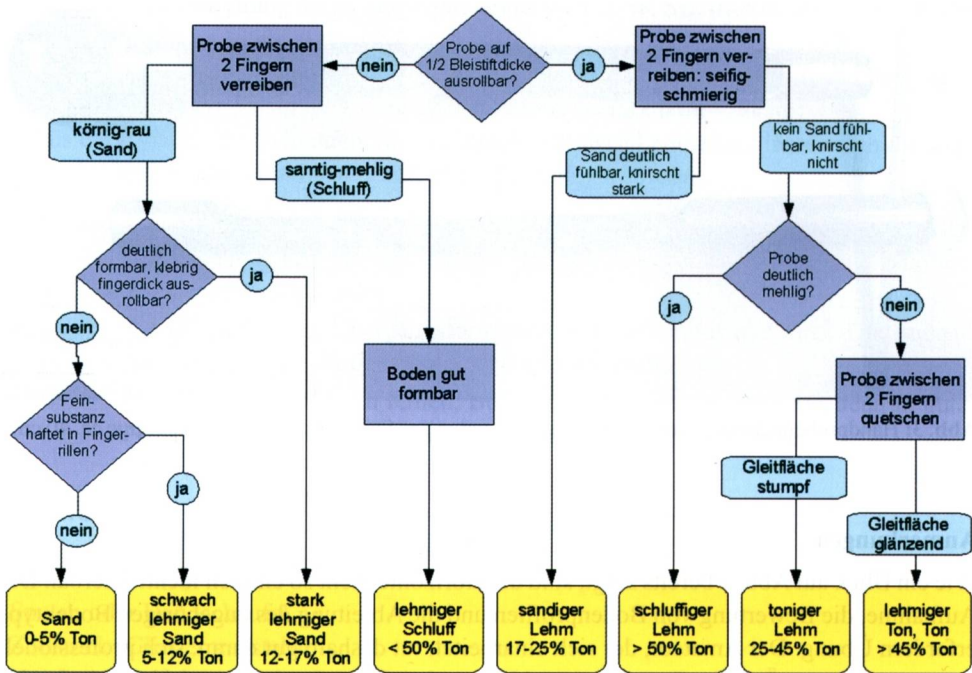


Abb. 4: Fingerprobe zur Ermittlung der Bodenart (verändert nach ENSSLIN et al 2000: 24f).

Durchführung

Gerätschaften

- Holzbrettchen o.ä.
- Handschaufel oder Messer
- Wasser
- Saugfähiges Papier („Küchenrolle“).

Vorgehensweise

Handgereehte Probe nehmen, evtl. anfeuchten oder, wenn zu feucht, mit dem Papier trocknen. Rollbarkeit auf dem Brettchen prüfen, ansonsten wie im Schaubild verfahren.

Fehlerquellen

- Probe zu trocken oder zu feucht
- Probe aus Horizonten, die nicht oder nur wenig mineralisch sind. Solche Horizonte sind überwiegend aus organischem Material zusammengesetzt. Die Bodenart bezieht sich aber nur auf die mineralischen Schichten.

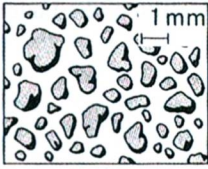
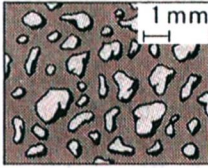
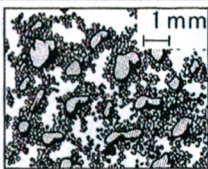
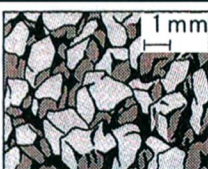
Bodengefüge

Hierbei kommt es fast nur darauf an festzuhalten, ob ein Boden eine für das Pilzwachstum geeignete Verteilung von Grob- bis Feinporen aufweist. Je dichter die Bodenteilchen aneinander

liegen, um so ungünstiger die Bedingungen. Wir unterscheiden zwischen vier Gefügeformen (s. Tab. 2).

Ergänzend kann eine Einschätzung des Verdichtungsgrades („Lagerungsdichte“) sinnvoll sein. Dazu drückt man ein stabiles, spitzes (Taschen-)Messer senkrecht in den Boden und schätzt den Eindringwiderstand gemäß Tab. 3 ab.

Tab. 2: In der Pilzökologie wesentliche Gefügeformen (vereinfacht nach SCHROEDER & BLUM 1992: 58ff).

Bezeichnung	Schema	Beschreibung	Partikelgröße	Porenstruktur
Einzelkorngefüge		Feste Partikel, die nicht miteinander verbunden sind, wie z.B. Sand	0,1–2 mm	Ungleichgewogen, kaum Mittel- und Feinporen, schnelle Austrocknung
Kohärentgefüge		Partikel dicht gepackt bzw. miteinander verkittet, wie z.B. wasser-gesättigte Tonböden	0,1–2 mm	Schlecht, nur Feinporen, Bodenluft so gut wie nicht vorhanden
Aggregatgefüge		Partikel locker zu Aggregaten aneinander gelagert, wie z.B. viele Waldböden	Krümel 1–10 mm Bröckel > 10 mm	Sehr günstig, ausgewogen
Polyedergefüge		Partikel zu kantigen Aggregaten aneinander gelagert, wie z.B. Lehm Böden	Feinpolyeder 1–10 mm, Grobpolyeder > 10 mm	Feinpolyeder noch günstig, weniger porös als Aggregatgefüge, Grobpolyeder eher ungünstig

Tab. 3: Lagerungsdichte von Böden (nach BRUCKER & KALUSCHE 1990: 27)

Eindringwiderstand	Lagerung
Klinge nur mit Gewalt in den Boden zu treiben	sehr dicht
Klinge nur schwer 1–2 cm in den Boden zu drücken	dicht
Klinge mit wenig Kraft in den Boden zu drücken	mäßig dicht
Boden zerfällt bereits bei leichtem Drücken	locker

Achtung: Der Eindringwiderstand hängt erheblich vom Wassergehalt ab (SCHUCH et al. 2002). Deshalb macht diese Prüfung nur Sinn, wenn sie in regelmäßigen Abständen (z.B. wöchentlich) als Jahresgang oder während der Fruktifizierungsphase auf einer Probefläche erfolgt.

Durchführung

Gerätschaften

- Handschaufel
- evtl. Lupe
- spitzes, stabiles Messer.

Vorgehensweise

Die Gefügeform wird durch Augenschein und Tasten ermittelt, die Lagerungsdichte wie bereits beschrieben mittels einer Messerklinge.

Fehlerquellen

- Bei Gefüge: zu nass oder zu trocken
- Bei Lagerungsdichte: keine Berücksichtigung des Wassergehalts, vergrabene Steine oder Holz.

Feldkapazität

Wasser wird von den Grob- und Feinporen im Boden aufgenommen. Die Feldkapazität beschreibt das Wasserhaltevermögen von Böden. Es ist das Wasser, das an den Bodenpartikeln z. B. nach längerer Beregnung haften bleibt (Sättigung) (STEBING & FANGMEIER 1992: 21). Ein geringer, in der Ökologie der Großpilze kaum relevanter Anteil des Wassers wird in Feinporen so fest gebunden, dass es zumindest für Pflanzen nicht nutzbar ist (Totwasser).

Die Feldkapazität wird gravimetrisch bestimmt, also durch Auswiegen und Vergleich von wassergesättigten und getrockneten Erdproben. Sie wird in Gewichts- oder Volumenprozent (% oder Vol%) angegeben.

Durchführung

Gerätschaften

- Metall- oder PVC-Ringe (Abwasserrohre!), 50–70 mm Durchmesser, 30–50 mm hoch
- ggf. Holzhammer und Brettchen zum Eintreiben der Ringe
- Japanspachtel zum Abstechen der Bodensäule
- Rundfilter mit mittlerer Filtergeschwindigkeit (z.B. 595er von Schleicher & Schüll), Durchmesser 11 cm
- Gummiringe extra stark für Büro Zwecke
- Kunststoffbehälter („Tupperware“) mit einem Gittereinsatz aus steifem Material, z. B. Abstreifgitter für Farbrollen
- Alufolie

oder

- Handschaufel
- Plastikbeutel, am besten mit Druckverschluss oder Schraubgefäße (Glas, Plastik)

- Alufolie zum Auswiegen bzw. Trocknen der Proben (Tara berücksichtigen!) und
- Trocken- oder Backofen, auch die preisgünstig angebotenen Tisch-Backöfen eignen sich hierfür
- elektronische Brief- oder Feinwaage mit einer Mindestgenauigkeit von $\pm 0,1$ g, z.B. eine Voltcraft Taschen-Feinwaage (s. HALBWACHS 2009: 90).

Vorgehensweise

Es werden 5–10 ungestörte, zufallsverteilte Bodenproben in der Regel aus dem A-Horizont gezogen (O-Horizont einfach mit der Hand zur Seite schieben). Die Proben werden mit Hilfe von Metall- oder PVC-Ringen aus Abwasserrohren mit 50–70 mm Innendurchmesser ausgestochen (Ring eintreiben, seitlich abgraben und mit Japanspachtel abstechen). Die Unterseite wird mit Rundfiltern abgedeckt und mit Gummiringen fixiert. Die so präparierten Proben werden 24 Stunden in einem Wasserbad durchfeuchtet, wobei der Wasserspiegel anfangs etwa bei 0,5 cm unterhalb der Oberkante der Stechzylinder eingestellt wird. Danach werden die Proben zur Vermeidung von Verdunstungsverlusten mit Alu-Folie abgedeckt, zwei Stunden lang auf einem Rost abgetropft und dann gewogen. Die Vorgehensweise ist in Abb. 5 nochmals schematisch dargestellt.

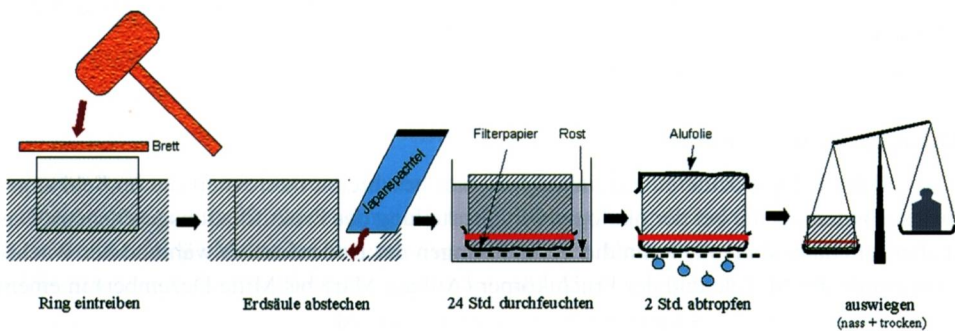


Abb. 5: Ermittlung der Feldkapazität.

Es ist natürlich auch möglich 1–2 Tage nach ausgiebigen Niederschlägen Proben mit einer Handschaufel zu nehmen (s.a. HINTERMAIER-ERHARDT & ZECH 1997: 94). Die Proben werden in dicht schließenden Plastikbeuteln oder Schraubgefäßen transportiert bzw. gelagert, möglichst nicht länger als 3 Tage. Allerdings können dann keine ausreichend genaue Volumenprozent errechnet werden, weil die Lagerungsdichte (s.a. oben Abschnitt „Bodengefüge“) des ungestörten Bodens nicht vorliegt (s.u. Abschnitt „Auswertung“).

Das Trockengewicht wird nach dreistündigem Trocknen in einem Backofen bei 100–110 °C und anschließendem Abkühlen auf Raumtemperatur ermittelt (nach HALBWACHS 2007: 151).

Auswertung

Die Größenordnungen der Feldkapazitäten der verschiedenen Bodenarten sind in Tab. 4 zusammengefasst.

Tab. 4: Typische Werte für Feldkapazitäten nach Bodenarten-Kategorien (nach AK BODENKUNDE 1982: 146f).

Bodenart	Feldkapazität
überwiegend sandig	10–25 vol%
überwiegend schluffig	33–37 vol%
überwiegend lehmig	33–42 vol%
überwiegend tonig	41–54 vol%
anmoorig	56–67 vol%

Berechnet wird der prozentuale Gewichtsanteil des Wassers: $(\text{Nassgewicht} - \text{Trockengewicht}) / \text{Nassgewicht} \times 100 = \text{Feldkapazität [\%]}$ (Taragewichte der Ringe mit Filterpapier und Gummiringen berücksichtigen!)

Die Berechnung der Volumenprozent erfolgt über das Volumen des Stechzylinders: $(\text{Nassgewicht} - \text{Trockengewicht}) / ((\text{Durchmesser Stechzylinder} / 2)^2 \times 3,14 \times \text{Höhe Stechzylinder}) \times 100 = \text{Feldkapazität [Vol\%]}$

Gestörte Proben können nur in Gewichtsprozent angegeben werden.

Aktuelle Bodenfeuchte

Während die Feldkapazität eine Bodeneigenschaft beschreibt, interessiert die im Feld ange-troffene Bodenfeuchte bei der ökologischen Beurteilung des Fruktifikationsgeschehens. Das ist aber nun dann sinnvoll, wenn die Veränderungen der Bodenfeuchte während der Wachstumsperiode der Mycele und der Fruchtkörper (Anfang März bis Mitte Dezember) in einem wöchentlichen, notfalls 14-tägigen Rhythmus ermittelt wird.

Dies kann gravimetrisch mit einer Mischprobe aus 5–10 separaten Bodenproben bewerkstelligt werden. Auch ein Tensiometer, das die Wasserspannung misst, ist dazu grundsätzlich geeignet (siehe HALBWACHS 2009: 90, 97).

Die Wasserspannung („Matrixpotential“) ist Ausdruck der Adsorptions- und Kapillarkräfte im Boden. Er wird als Unterdruck in hPa gemessen. Trockene Böden können einige Millionen hPa erreichen, mit Wasser übersättigte Böden ergeben Werte nahe 0. Der Zusammenhang zwischen Wasserspannung und Wassergehalt (in % oder Vol%) ist logarithmisch. Deshalb wird auch häufig der pF-Wert angegeben, also der Exponent des Unterdrucks. Z. B. bedeutet ein pF 4 eine Wasserspannung von 10^4 hPa. Bei Verwendung eines Tensiometers sollten die Bodenfeuchtwerte in pF angegeben werden, damit der Verlauf der Werte mit prozentualen Angaben einfacher vergleichbar ist. Aus diesem Blickwinkel kann es sinnvoll sein, das Tensiometer gravimetrisch mit ungestörten Bodenproben zu kalibrieren.

Durchführung

siehe Abschnitt „Feldkapazität“

Anmerkungen

Die Veränderungen der Bodenfeuchte sind im Vergleich zu anderen Parametern eher träge. Trotzdem kann es von pilzökologischem Interesse sei, auch kurzfristigere Verläufe festzuhalten, beispielsweise bei der phänologischen Erfassung von Pilzen mit schnell vergänglichen Fruchtkörpern auf Grasland, wie bei Tintlingen.

Aber auch bei längeren Messungen in unwegsamem Gelände ist die elegantere und weit weniger arbeitsintensive, wenn auch kostenträchtigere Methode, die Verwendung einer automatischen, elektronischen Feuchtesonde mit Datenlogger (siehe HALBWACHS 2009: 97f).

Ausblick

Alle beschriebenen Methoden sind zwar vom Autor im Zuge seiner Forschungstätigkeit in der Praxis erfolgreich erprobt worden. Bei dieser Arbeit ist aber klar geworden, dass besonders die Bestimmung des Bodentyps viel Übung erfordert.

Deshalb ist es dringend zu empfehlen, sich von Fachleuten in der Einübungsphase beraten zu lassen. Wie schon angeführt, sind Naturschutzbehörden bzw. -organisationen, aber auch Forstbehörden häufig in der Lage und bereit, solche Hilfestellung zu vermitteln. Zusätzlich sollte Hintergrundwissen erworben werden. Dazu findet man im Internet eine Reihe von Angeboten, z. B.:

<http://www.mindpicnic.de/course/bodenkunde-1/all/>

<http://www.bodenkunde.info/>

<http://www.bodenkunde-online.de/bodenkunde/>

<http://de.wikipedia.org/wiki/B%C3%B6den>

Hinweise zu vertiefender Literatur finden sich im Abschnitt „Literaturempfehlungen“.

Die weitere praktische Anwendung der beschriebenen Vorgehensweisen wird zeigen, ob und in welcher Weise Methoden angepasst werden müssen. Deshalb bittet der Autor um Rückmeldungen zu auftretenden Problemen und möglichen Alternativen bzw. Modifikationen über seine Webseite (www.pilze-amorbach.de).

Zitierte Literatur

ARBEITSGRUPPE (AG) BODENKUNDE (1982): Bodenkundliche Kartieranleitung. – E. Schweizerbart'sche, Stuttgart.

ARBEITSGRUPPE (AG) BODENSYSTEMATIK (2009): Bodensystematik. – Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft. www.bodensystematik.de

ARBEITSKREIS (AK) STANDORTKARTIERUNG (2003): Forstliche Standortaufnahme. – IHW, Eching.

BRESINSKY, A., C. DÜRING & W. AHLMER (2007): Datenbank PILZOEK im Internet. 2. Update – www.pilzoek.de/faktoren.php

BLUM, W. E. H. (2007): Bodenkunde in Stichworten. – Gebr. Borntraeger, Berlin/Stuttgart.

BRUCKER, G. & D. KALUSCHE (1990): Boden und Umwelt. Bodenökologisches Praktikum. – Quelle & Meyer, Heidelberg/Wiesbaden.

CHAPIN, F. S., P. A. MATSON & H. A. MOONEY (2002): Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology. – Springer, New York.

COOK, W. B. (1979): The Ecology of Fungi, 93f. – CRC Press, Boca Raton.

- DEACON, J. W. (1997): *Modern Mycology*. – Blackwell Science.
- ENSSLIN, W., R. KRAHN & S. SKUPIN (2000): *Böden untersuchen*. – Quelle & Meyer, Wiebelsheim.
- HALBWACHS, H. (2007): Fruchtkörperbildung bei saprotrophen und Mykorrhizapilzen: Ein Beitrag zur Ökologie von Großpilzen in einem Kiefernforst der Rhein-Main-Ebene. – *Zeitschrift für Mykologie* **73**(2): 145-202.
- HINTERMAIER-ERHARDT, G. & W. ZECH (1997): *Wörterbuch der Bodenkunde*. – F. Enke, Stuttgart.
- KLIRONOMOS, J. & B. KENDRICK (1995): Relationship among microarthropods, fungi, and their environment. – *Plant and Soil* **170**: 183-197.
- KRIEGLSTEINER, G. J. (1993): Einführung in die ökologische Erfassung der Großpilze Mitteleuropas. – Beiheft zur *Zeitschrift für Mykologie* **8**:1-240.
- LINDAHL, B. & J. BOBERG (2008): Distribution and Function of Litter Basidiomycetes in Coniferous Forests. In BODDY, L., J. C. FRANKLAND & P. VAN WEST: *Ecology of Saprotrophic Basidiomycetes*. – Elsevier: 183-196.
- RILLIG, M. C. & D. L. MUMMEY (2006): Mycorrhizas and soil structure. – *New Phytologist* **171**: 41-53.
- SCHEFFER, F. & P. SCHACHTSCHABEL (2002): *Lehrbuch der Bodenkunde* (15. Auflage). – Spektrum, Heidelberg/Berlin.
- SCHUCH, D., A. KRENN & E. KLAGHOFER (2002): Der mechanische Eindringwiderstand als Eingangsparameter in Pflanzenwachstumsmodellen: Feld- und Laborversuche. – *Mitteilungen der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft* **65**: 119-120.
- STENLID, J., R. PENTTILÄ & A. DAHLBERG (2008): Wood-Decay Basidiomycetes in Boreal Forests: Distribution and Community Development. In BODDY, L., J. C. FRANKLAND & P. VAN WEST: *Ecology of Saprotrophic Basidiomycetes*. – Elsevier: 239-262.
- STEUBING, L. & A. FANGMEIER (1992): *Pflanzenökologisches Praktikum*. – Ulmer, Stuttgart.
- WILD, A. (1995): *Umweltorientierte Bodenkunde*; 22 ff. – Spektrum, Heidelberg.

Literaturempfehlungen

- ARBEITSGRUPPE (AG) BODENKUNDE (1982): *Bodenkundliche Kartieranleitung*. – E. Schweizerbart'sche, Stuttgart.
- BLUM, W. E. H. (2007): *Bodenkunde in Stichworten*. – Gebr. Borntraeger, Berlin, Stuttgart.
- ENSSLIN, W., R. KRAHN & S. SKUPIN (2000): *Böden untersuchen*. – Quelle & Meyer, Wiebelsheim.
- HINTERMAIER-ERHARDT, G. & W. ZECH (1997): *Wörterbuch der Bodenkunde*. F. Enke, Stuttgart.
- SCHEFFER, F. & P. SCHACHTSCHABEL (2002): *Lehrbuch der Bodenkunde* (15. Auflage). – Spektrum, Heidelberg, Berlin.

Anhang

1. Bodenhorizonte: Definitionen und Symbole

(verändert nach AG BODENKUNDE 1982: 146f und AG BODENSYSTEMATIK 2009)

Organische Horizonte

- L** Streuauflage aus 90 % kaum zersetzter Pflanzensubstanz (Blätter, Nadeln, Fruchthüllen, Ästchen usw.)
- H** > 30 % organische Substanz → Torf!
- O** Humus, 10–30% organische Feinsubstanz
 - Of: Pflanzenreste noch erkennbar
 - Oh: kaum Pflanzenreste erkennbar

Mineralische Horizonte

- A** Mineralischer Oberboden mit Humusanteilen (s.a. Bestimmung des Humusgehaltes in Tab. 5 im Anhang)
 - Ah: mit bis zu 15 % Humus
 - Aa: 15 – 30 % Humus (anmoorig)
 - Ae: (sauer-) gebleicht (Podsol)
 - Al: hellgelb–fahlgelb (lesseviert), Tonbestandteile in tiefere Horizonte ausgewaschen
- B** Mineralischer Unterboden, meist ohne Huminstoffe
 - Bv: durch Verwitterung verbraunt (Eisenoxid!) und verlehmt
- C** Mineralischer Untergrund, Gestein (Silikat → Ranker, Kalk → Rendzina)
- G** Mineralboden mit Grundwassereinfluss
 - Go: Rostflecken bis intensive Rot- oder Braunfärbung durch oxidiertes Eisen (o = Oxidation)
 - Gr: Schicht meist schwärzlich, grau, graugrün oder blaugrau, häufig seifig und stinkend (z.B. nach „faulen Eiern“, also Schwefelwasserstoff durch Sauerstoffarmut → r = Reduktion)
- S** Mineralboden mit zeitweiligem Stauwasser
 - Sw: noch wasserdurchlässig, bleich- und rostfleckig
 - Sd: wasserstauend (z.B. Tonlinsen), marmoriert





Abbildungen typischer Bodenprofile finden sich z.B. unter <http://hypersoil.uni-muenster.de/0/04/07.htm>. Zur Bodensystematik s.a. <http://www.bodensystematik.de>

Im Gegensatz zur Bodensystematik in Großbritannien unterscheidet sich das US-amerikanische System etwas von dem deutschen. Eine gut lesbare Übersicht bietet CHAPIN et al. (2002: 58-61) an. Weitere Systeme werden in BLUM (2007: 99-104) gegenüber gestellt.

2. Humusgehalt von Böden

Achtung: Die Verfärbung ist auch von der Bodenart abhängig. Deshalb kann die Tabelle nur zu einer groben Abschätzung herangezogen werden. Die Grautöne dienen lediglich zur Orientierung, um den logarithmischen Zusammenhang zwischen Konzentration und Verfärbung zu deutlich zu machen.

Tab. 5: Humusgehalt (vereinfacht nach STEUBING & FANGMEIER 1992: 33).

Färbung		Huminstoffe (%)	Humusgehalt
grau		1–2	schwach humos
dunkelgrau		2–5	humos
schwarzgrau		5–10	stark humos
schwarz		10–30	sehr stark humos bis humusreich

3. Durchwurzelung

Tab. 6: Durchwurzelungsintensität (nach AK BODENKUNDE 1982).

Feinwurzeln* pro dm ²	Einstufung
1–2	sehr schwach
3–5	schwach
6–10	mittel
11–20	stark
21–50	sehr stark
> 50	extrem stark bzw. Wurzelfilz

* Feinwurzeln sind Wurzeln mit einem Durchmesser < 2 mm.

4. Bezugsquellen und Preise

Als Bezugsquellen (s. Tab. 7) werden vorzugsweise solche genannt, die nicht im Fachhandel angesiedelt sind und somit auch von Freizeitmykologen einfach zu nutzen sind. Es werden nur Gerätschaften aufgeführt, die nicht haushaltsüblich sind bzw. nicht zur Standardausrüstung von Mykologen gehören.

Tab. 7: Bezugsquellen und Preise.





Gerätschaft	Bezugsquelle	Preis (€)
Handprobenehmer	Windaus Labortechnik http://www.catalogus.de oder Selbstbau	40–50
Sprühflasche	Gartenhandel, Baumärkte	ca. 5
Stechringe • aus PVC-Abwasserrohr • aus Stahl („Speisen- oder Servierringe“)	Baumärkte Haushaltswaren, Kochutensilien, Google Shopping	< 1 ca. 4
Japanspachtel (Set)	Baumärkte	ca. 5
Rundfilter 11 cm, 100 St.	Ebay, Apotheke, Online-Laborhandel	ca. 15

5. Erfassungsblatt Bodenmorphologie und -physik

Bodentyp

Skizze	Dicke	Horiz.	Foto

Humusgehalt im Ah

			
1–2 %	2–5%	5–10%	10–30 %

Durchwurzelung (Feinwurzeln/dm²)

1–2	3–5	6–10	11–20	21–50	> 50

Bodenart

Sand, 0–5% Ton	
schwach lehmiger Sand, 5–12% Ton	
stark lehmiger Sand, 12–17% Ton	
lehmiger Schluff, < 50% Ton	
sandiger Lehm, 17–25% Ton	
schluffiger Lehm, > 50% Ton	
toniger Lehm, 25–40% Ton	
lehmiger Ton, > 45% Ton	

Gefüge

Einzelkorn	
Kohärent	
Aggregat	
Polyeder	

Eindringwiderstand

sehr dicht	dicht	mäßig dicht	locker
Feldkapazität			
%		vol%	

Anmerkungen



Deutsche Gesellschaft für Mykologie e.V.
German Mycological Society

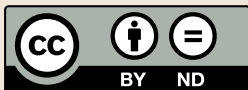
Dieses Werk stammt aus einer Publikation der DGfM.

www.dgfm-ev.de

Über [Zobodat](#) werden Artikel aus den Heften der pilzkundlichen Fachgesellschaft kostenfrei als PDF-Dateien zugänglich gemacht:

- **Zeitschrift für Mykologie**
Mykologische Fachartikel (2× jährlich)
- **Zeitschrift für Pilzkunde**
(Name der Hefreihe bis 1977)
- **DGfM-Mitteilungen**
Neues aus dem Vereinsleben (2× jährlich)
- **Beihefte der Zeitschrift für Mykologie**
Artikel zu Themenschwerpunkten (unregelmäßig)

Dieses Werk steht unter der [Creative Commons Namensnennung - Keine Bearbeitungen 4.0 International Lizenz](#) (CC BY-ND 4.0).



- **Teilen:** Sie dürfen das Werk bzw. den Inhalt vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen, sogar kommerziell.
- **Namensnennung:** Sie müssen die Namen der Autor/innen bzw. Rechteinhaber/innen in der von ihnen festgelegten Weise nennen.
- **Keine Bearbeitungen:** Das Werk bzw. dieser Inhalt darf nicht bearbeitet, abgewandelt oder in anderer Weise verändert werden.

Es gelten die [vollständigen Lizenzbedingungen](#), wovon eine [offizielle deutsche Übersetzung](#) existiert. Freigibiger lizenzierte Teile eines Werks (z.B. CC BY-SA) bleiben hiervon unberührt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift für Mykologie - Journal of the German Mycological Society](#)

Jahr/Year: 2010

Band/Volume: [76_2010](#)

Autor(en)/Author(s): Halbwachs Hans

Artikel/Article: [Pilzökologische Datenerfassung muss nicht aufwändig sein - Teil 2: Morphologische und physikalische Bodeneigenschaften 83-99](#)