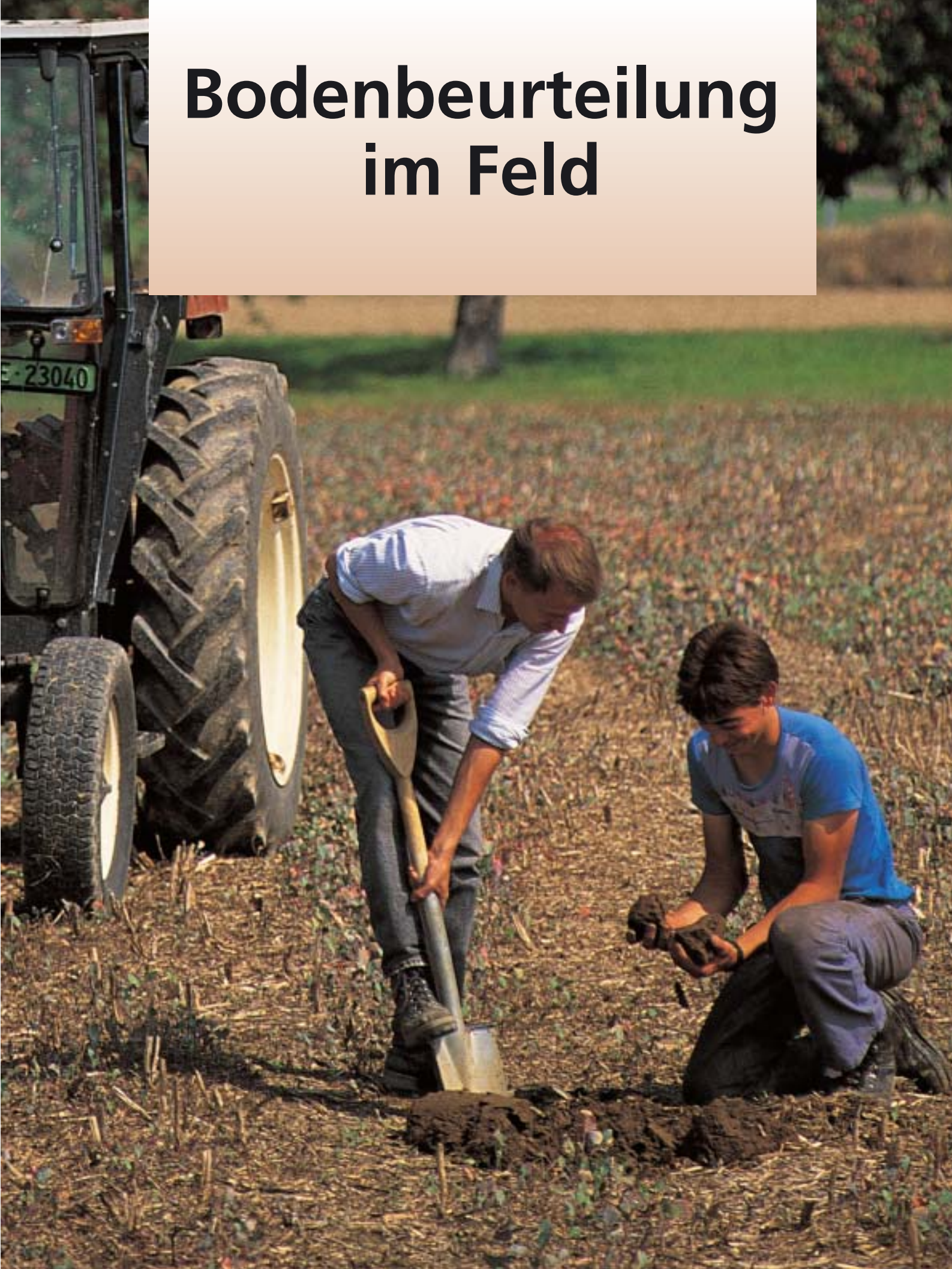


Bodenbeurteilung im Feld



Bodenbeurteilung im Feld

Vorwort

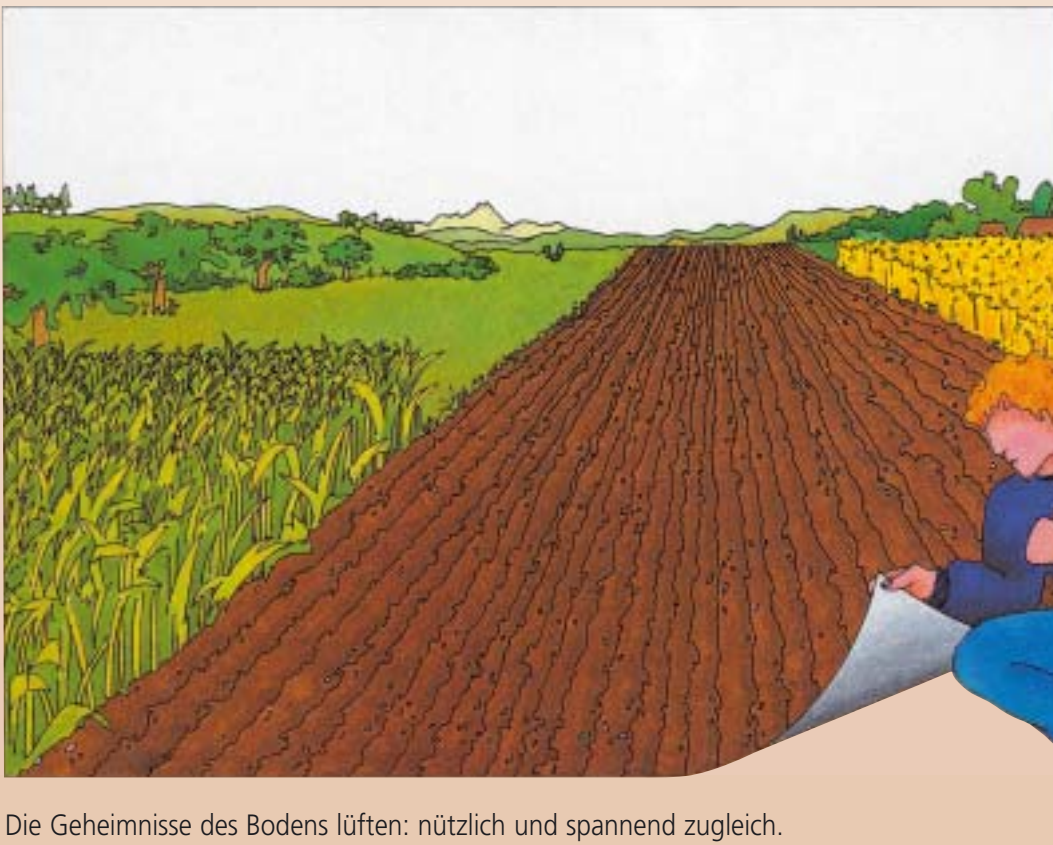
Bodenfruchtbarkeit wird häufig mit guter Nährstoffversorgung gleichgesetzt. Im weiteren Sinn ist Boden aber dann fruchtbar, wenn er eine artenreiche und biologisch aktive Tier- und Pflanzenwelt, eine für seinen Standort typische Struktur und eine ungestörte Abbaufähigkeit besitzt (Verordnung über Schadstoffe im Boden). Der Boden ist heute zahlreichen Belastungen durch das Bearbeiten und Befahren ausgesetzt. Man sollte bedenken, dass die nach jeder strukturschädigenden Massnahme notwendige Regeneration der Bodenstruktur mehrere Jahre dauern kann. Es muss also ein vorrangiges Ziel der Landwirtschaft sein, den Boden wieder in seinen optimalen

Strukturzustand zu bringen. Was unter einer optimalen Struktur zu verstehen ist, ist immer noch mehr eine Frage der Erfahrung und der ganzheitlichen Beobachtung als einzelner messbarer Grössen. Die Beurteilung der Struktur muss deshalb vor allem im Feld erfolgen. Dazu gibt es kaum bessere Methoden als die Spatenprobe und das Krümenprofil. Die Struktur lässt sich im Feld durch Aufgraben des Bodens und durch Beobachten von Merkmalen wie Geruch, Farbe, Wurzeln, Bodenteilchen oder Schichten sehr gut beurteilen. Die vorliegende Broschüre ist eine Anleitung, wie der Boden im Feld beurteilt werden kann.

Inhalt

1. Spatenprobe und Krümenprofil – Wie und Warum?
2. Einfach zu ermitteln: Feuchtigkeit, Geruch und Farbe
 - 2.1 Feuchtigkeit
 - 2.2 Geruch
 - 2.3 Farbe
3. Vertiefte Untersuchung des Bodens
 - 3.1 Bodenart
 - 3.2 Bodenteilchen
 - 3.3 Gefügeform
 - 3.4 Schichten
 - 3.5 Abbau des organischen Materials
 - 3.6 Wurzelentwicklung
 - 3.7 Bodenoberfläche
 - 3.8 Regenwurmaktivität

Hinweise



Die Geheimnisse des Bodens lüften: nützlich und spannend zugleich.

1. Spatenprobe und Krumenprofil – Wie und Warum?

Dieses Kapitel soll die wichtigsten vorbereitenden Arbeitsschritte für die Spatenprobe und das Krumenprofil aufzeigen, die notwendig sind, bevor mit der Beurteilung der Bodenstruktur begonnen werden kann.

Spatenprobe

Für die Spatenprobe benötigen wir einen Drainagespaten. Die besondere Länge (45 cm) des Spatens ermöglicht es, Proben bis in den ungestörten Unterboden zu entnehmen.

Mit Spatenstichen zeichnen wir die auszuhebende Grube vor; von oben gesehen hat sie die Form eines vergrößerten Spatenblattes.



Schliesslich wird ein Erdziegel von 45 cm Tiefe und 10 cm Dicke ausgestochen und herausgehoben. In steinigem Boden ist das Einstechen des Spatens bis zur vollen Tiefe erschwert.



Es genügt, die Grube keilförmig auszuheben. Nur auf einer Seite wird sie bis zur vollen Länge des Spatenblattes vertieft.

Bei der Grabtätigkeit sammeln wir bereits erste Eindrücke über den Bodenzustand:

- Welchen Widerstand spüren wir beim Einstechen?
- Wie zerfällt die ausgehobene Erde?
- Wieviele Regenwürmer können wir beobachten?

Krumenprofil

Mit Spaten und Grabschaufel heben wir quer zur Richtung der Grundbodenbearbeitung eine Grube aus. Sie ist im allgemeinen 60 cm tief und 80 cm breit. Die Länge der Grube entspricht der halben Arbeitsbreite der Bodenbearbeitungsgeräte (meistens 1,5 m).

Mit einem biegsamen Messer wird die von den Grabwerk-

zeugen verschmierte Oberfläche der Profilwand entfernt. Für die Beobachtung wählen wir die Grubenwand mit den besseren Lichtverhältnissen. Stufenweise wird die Schichtung im Profil herauspräpariert. So werden die Schichten, ihr horizontaler Verlauf sowie ihre Struktureigenschaften deutlich sichtbar.



Wir können uns das Krümenprofil auch als Ergebnis mehrerer unmittelbar nebeneinander ausgeführter Spatenproben vorstellen. Beim

Krümenprofil wird die Bodenstruktur an der freigelegten Profilwand, bei der Spatenprobe dagegen am ausgestochenen Erdziegel beurteilt.



Spatenprobe

Stärke:
Die Spatenprobe ist zeit- und platzsparend. Proben von guten und schlechten Stellen können nebeneinander gelegt und direkt verglichen werden. Für viele einfache Fragen (z.B. ist der Boden genügend abgetrocknet zum Pflügen?) ist die Spatenprobe ausreichend.

Schwäche:
Die Spatenprobe ist eine punktuelle Untersuchung. Die Bodenstruktur ändert sich aber von Ort zu Ort. Um Aussagen über die ganze Parzelle und ihre Bewirtschaftung zu machen, muss die Spatenprobe an verschiedenen Stellen wiederholt werden.

Krümenprofil

Stärke:
Der Beobachter sieht das ganze, durch die Bearbeitungsgeräte dem Boden aufgeprägte Strukturmuster und seinen horizontalen Verlauf. Das Krümenprofil eignet sich deshalb sehr gut, um die Einstellung von Bodenbearbeitungsgeräten zu beurteilen.

Schwäche:
Das Krümenprofil braucht viel Zeit und Platz. Bei kleinen oder ungleichmässigen Parzellen ist der Aufwand gross.






2. Einfach zu ermitteln: Feuchtigkeit, Geruch und Farbe

Bei der Entnahme eines Erdziegels können wir Feuchtigkeit, Geruch und Farbe des Bodens direkt mit unseren Sinnen erfahren. Diese drei Merkmale lassen sich mit wenig Aufwand zuverlässig beurteilen.

2.1 Feuchtigkeit

Aufgrund der Beurteilung der Bodenfeuchtigkeit kann entschieden werden, ob es momentan zweckmässig ist, den Boden zu befahren oder zu bearbeiten. Bei zu hoher Bodenfeuchtigkeit besteht sonst Verdichtungsgefahr. Der Bearbeitungsaufwand steigt und die Arbeitsqualität nimmt ab.

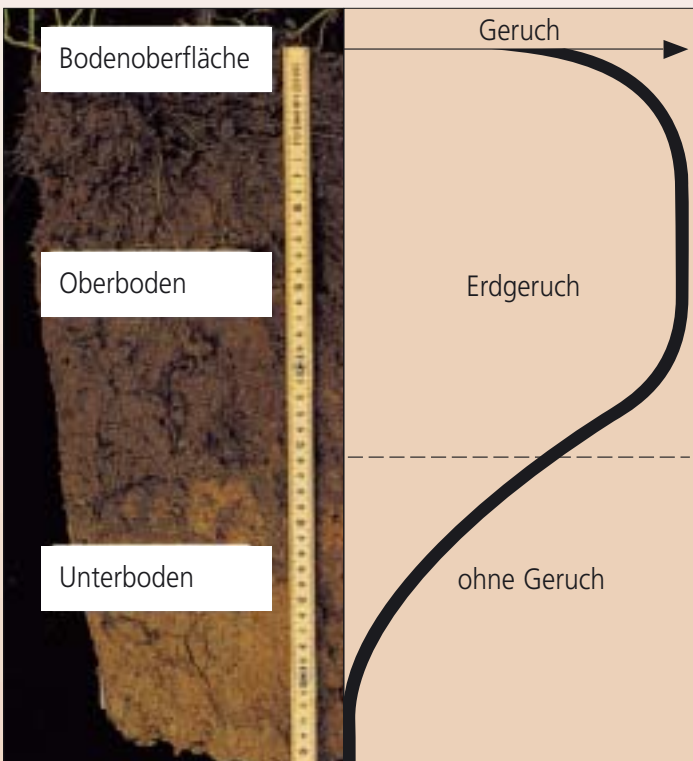
Entnehmen Sie einige Erdbrocken aus verschiedenen Bodentiefen und zerdrücken Sie diese mit den Fingern. Vergleichen Sie Ihre Beobachtung mit dem Schema und ziehen Sie die Konsequenzen für eine schonende Bodenbewirtschaftung.

Bodenfeuchtigkeit		
Bezeichnung	Beobachtung	Konsequenz
 <p>hart</p>	<p>Erdbrocken können nur mit Mühe auseinandergelöst werden</p>	<p>Bearbeitung unterlassen; Der Boden wird durch das Bearbeitungsgerät mechanisch zertrümmert und dadurch stark geschädigt (hoher Energieaufwand)</p> <p>Befahren ideal: Der Boden ist tragfähig</p>
 <p>brüchig</p>	<p>Erdbrocken «zerbröseln» zwischen den Fingern beim Drücken</p>	<p>Bearbeitung ideal: Der Boden zerbricht entlang der ihm eigenen Trennflächen.</p> <p>Befahren möglich: Der Boden ist aber verdichtungsgefährdet, wenn schwere Maschinen oder ungünstige Reifen verwendet werden.</p>
 <p>plastisch</p>	<p>die Erde ist knetbar bis breiig</p>	<p>Bearbeitung unterlassen: Der Boden wird verformt und verknetet</p> <p>Befahren unterlassen: Der Boden wird verdichtet</p>

2.2 Geruch

Riechen Sie an einer frisch aufgebrochenen Erdprobe. Vom Geruch können Sie Rückschlüsse auf den Lufthaushalt und den Abbau des organischen Materials ziehen. Ein angenehmer, erdiger Geruch ist ein Zeichen guter Durchlüftung: Abgestorbenes organisches Material verrottet, die Bodenstruktur ist günstig.

Ein übler, fauliger Geruch weist dagegen auf ungenügende Durchlüftung hin: Abgestorbenes organisches Material verfault, dies ist ein Indiz für Bodenverdichtung. Im Oberboden ist der Geruch wesentlich ausgeprägter als im Unterboden. Besonders intensiv ist er im warmen, feuchten Boden und in Gegenwart von leicht abbaubarem organischem Material.



2.3 Farbe

Die Farbe lässt Rückschlüsse auf den Luft- und Wasserhaushalt und den Humusgehalt zu.

Bei zu tiefem Pflügen sind der humushaltige Oberboden und der humusarme Unterboden scharf getrennt.



Gelbe, braune und rote Farbtöne werden durch Eisenverbindungen in gut durchlüfteten Böden hervorgerufen.

In Naturwiesen und in Ackerflächen, bei denen die Pflugtiefe dem natürlichen Bodenaufbau angepasst ist (d.h. die nicht zu tief gepflügt werden), beobachtet man einen fließenden Übergang zwischen Ober- und Unterboden.



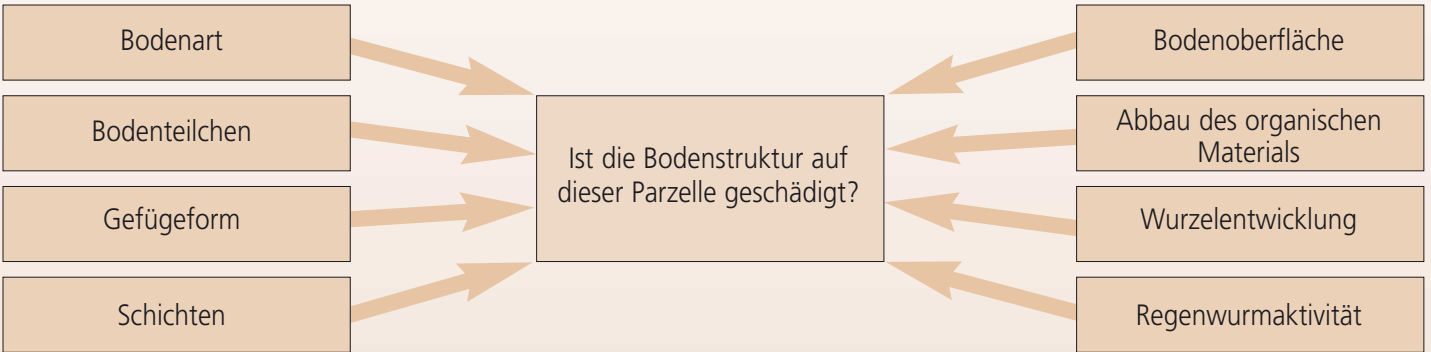
Blaugraue (↙) Farbtöne werden durch Eisenverbindungen in dauernd vernässten Böden hervorgerufen. Die so gefärbten Bodenzonen hemmen das Wurzelwachstum. Humus bringt graue bis schwarze Farbtöne in die Grundfarben des mineralischen Bodenmaterials.

Rostflecken und schwarzbraune Manganausscheidungen (↙) findet man in wechsellässigen Böden. Aufgrund der Beurteilung der Farbe und des Geruches können erste Schlussfolgerungen gezogen werden, ob pflanzenschädigende Struktur Schäden vorliegen.

3. Vertiefte Untersuchung des Bodens

Bis jetzt wurden die Eigenschaften Feuchtigkeit, Geruch und Farbe am Erdziegel beurteilt. In diesem Kapitel werden weitere Merkmale zur Beurteilung der Bodenstruktur vorgestellt. Ihre Bewertung verlangt eine gewisse Erfahrung. Es ist deshalb von Vorteil, dazu anfänglich eine Fachperson beizuziehen.

Welche Beobachtungen sind nötig, um die Qualität der Bodenstruktur zu beurteilen?



Die Bodenstruktur weist mehrere Organisationsstufen auf, die in der folgenden Tabelle dargestellt werden.

Organisationsstufen der Bodenstruktur			
	Bezeichnung	Bestandteile	Dimension
	Bodenart	Mischung aus Sand, Schluff, Ton, Humus	Durchmesser < 2 mm
	Bodenteilchen	Krümel, Polyeder, Bröckel, Fragmente	Durchmesser einige mm bis einige cm
	Gefügeformen	Ansammlung von gleichen oder verschiedenartigen Bodenteilchen: Krümelgefüge, Mischgefüge	Ausdehnung einige cm bis einige dm
	Schichten	Horizontale Schichten als Folge von Bodenbearbeitung und natürlichen Bodenbildungsprozessen	Mächtigkeit einige cm bis einige dm

3.1 Bodenart

Die Bodenart wird anhand von Körnung und Humusgehalt beurteilt. Die Körnung kann entweder mit Hilfe der Fühlprobe oder durch Analyse im Labor bestimmt werden. Für die Fühlprobe nehme man etwas feldfeuchten

Boden in die Hand. Durch Zerreiben, Zusammenballen und Ausrollen lässt sich die Körnung mit Hilfe der Tabelle beurteilen.

Der Humusgehalt wird anhand der Bodenfärbung geschätzt.

Die Bestimmung der Bodenart erlaubt eine Einstufung des Bodens hinsichtlich Bearbeitbarkeit («leichte», «mittelschwere», «schwere» Böden) sowie eine Beurteilung des Luft- und Wasserhaushaltes (Durchlässigkeit, Durch-

lüftung, Speichervermögen) und der Strukturstabilität (Verchlammungs- und Verdichtungsgefahr). Die Körnung des Bodens ergibt sich aus den Gewichtsanteilen der drei mineralischen Bodenbestandteile: Sand, Schluff, Ton.

Fühlprobe für mineralische Böden mit weniger als 5% Humus (vereinfacht nach A. Kaufmann)								
Vorgehen			Formbarkeit	Ausrollbarkeit	Körnungsklasse		Tongehalt %	
Beobachtung	Zerreiben zwischen den Fingern Haftung an den Fingern	deutlich körnig nicht klebrig	schlecht bis mässig zusammenballbar	Durchmesser des Röllchens grösser als 7 mm	leichte Böden	S uS	Sand schluffiger Sand	0-5 0-5
	körnig bis mehlig wenig klebrig	mässig bis gut zusammenballbar	Durchmesser des Röllchens 7 mm bis 2 mm	mittelsch. Böden		IS sIS	lehmiger Sand stark lehmiger Sand	5-10 10-15
	nicht körnig deutlich klebrig	gut bis sehr gut zusammenballbar	Durchmesser des Röllchens kleiner als 2 mm			schwere Böden	sL L IU	sandiger Lehm Lehm lehmgiger Schluff
					tL IT T tU		toniger Lehm lehmgiger Ton Ton toniger Schluff	30-40 40-50 > 50 30-50
<p>Schluffböden - ein Spezialfall: Schluffböden enthalten immer mehr als 50% Schluff. Reine Schluffböden (U) mit einem Tonanteil von weniger als 10% passen nicht in das obige Schema. Sie fühlen sich im nassen Zustand seifig und im trockenen Zustand mehlig an. Sie kommen verhältnismässig selten vor.</p>								

3.2 Bodenteilchen

Entstehung und Beurteilung: Durch Bodenbildungsprozesse werden aus den mineralischen Körnungsbestandteilen und dem Humus verschiedene Typen von Bodenteilchen gebildet. Die Bewirtschaftung verändert diese.

Um die Bodenteilchen zu beschreiben, müssen diese zuerst aus dem Gefüge herausgelöst werden. Dazu übt man auf ein Stück Boden mit den Fingern einen leichten Druck aus. Dabei zerbricht der Boden entlang seiner Trennflächen und gibt die Bodenteilchen frei. Am besten gelingt dies bei einem brüchigen Boden (siehe S.5).

Beobachtung von Humushüllen: Humushüllen sind Trennflächen, die mit Humus angereichert sind. Sie lassen sich gut an Krümel beobachten. Sie können sich an deren Oberfläche oder im Inneren befinden.

Humushüllen können durch Farbunterschiede nachgewiesen werden: Wenn wir einen Krümel zwischen den Fingern

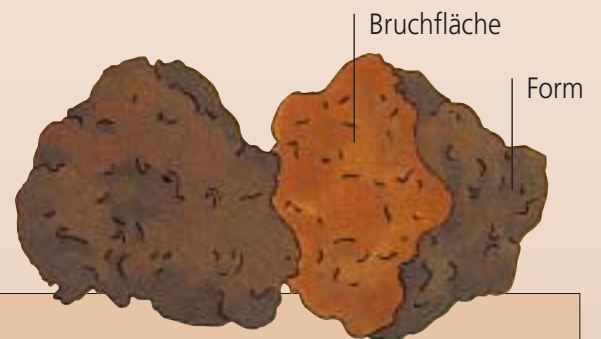
zerreiben, wird die Färbung des mineralischen Ausgangsmaterials sichtbar. Diese hebt sich deutlich vom gräulich-schwarzen Farbton der Humushüllen des ungestörten Krümel ab.

Ein Erdbrocken wurde aufgebrochen. Die Humushüllen der linken Hälfte wurden an zwei Stellen (↙) abgeschabt. Auf der rechten Seite wurden sie belassen.



Ein bestimmtes Bodenteilchen erkennt man an seiner Form, seinen Bruchflächen und seinen Humushüllen.

Bodenteilchen



Einteilungskriterien für Bodenteilchen					
Form	Bruchfläche	Humushülle	Bodenart	Bezeichnung der Bodenteilchen	Bewertung der Bodenstruktur
rund	porös	sichtbar	mittelschwere bis leichte Böden	Krümel	gut, stabil
rundlich	rauh	kaum sichtbar	mittelschwere bis leichte Böden	Bröckel	befriedigend
kantig	glatt	sichtbar	schwere Böden	Polyeder	gut bis schlecht*
		keine	alle Bodenarten	Fragmente	schlecht, verdichtet

* Bewertung abhängig von der Grösse der Polyeder: je kleiner, desto besser

Übersicht Bodenteilchen

Krümel (K) haben eine runde Form und einen Durchmesser von einigen Millimetern. Bricht man einen Krümel auf, so ist er innen porös. Krümel haben eine deutliche Humushülle. Man findet sie in leichten bis mittelschweren Böden mit guter Bodenstruktur.



Bröckel (B) haben abgerundete Kanten. Der Durchmesser von Bröckeln kann einige Millimeter bis einige Zentimeter betragen. Bricht man einen Bröckel auseinander, so sind die Bruchflächen rau. Humushüllen sind nicht immer deutlich sichtbar. Bröckel findet man in leichten bis mittelschweren Ackerböden, sie weisen auf eine nur leicht geschädigte Bodenstruktur hin.

Polyeder (P) entstehen durch Quellen und Schrumpfen in tonreichen Böden. Kleine Polyeder in tonreichen Böden sind ein Zeichen guter Struktur. Polyeder und Fragmente haben kantige Formen und glatte Bruchflächen. Sie unterscheiden sich jedoch durch zwei Merkmale: Körnung und Humushülle (siehe Tabelle Seite 9).



Fragmente (F) sind kantig Gebilde mit vielfältigen Formen und mit Durchmessern von einigen Millimetern bis zu einigen Dezimetern. Bricht man ein Fragment auf, so ist die Bruchfläche glatt. Humushüllen sind nicht mehr feststellbar. Sand-, Schluff- und Tonteilchen verkleben miteinander zu Gebilden beliebiger Größe, die in der Folge durch die Bodenbearbeitungsgeräte mechanisch zerteilt werden.

3.3 Gefügeformen

Im allgemeinen liegen die Bodenteilchen nicht voneinander getrennt und lose im Boden, sondern sie bilden Gefügeformen. Durch vorsichtiges Zerteilen der Erdprobe können diese beurteilt werden.

Natürliche Gefüge:

In unbearbeiteten Böden werden die Eigenschaften dieser Gefügeform ausschliesslich durch die Eigenschaften der Bodenteilchen und der natürlichen Bodenbildungsprozesse bestimmt. In leichten bis mittelschweren Böden entsteht das Krümel- und in schweren Böden das Polyedergefüge.

Mischgefüge:

Bodenbearbeitung und intensive Bewirtschaftung strukturieren den Boden in anderer Weise. Häufig findet man in bearbeiteten Böden ein Gemisch aus Krümeln, Bröckeln und Fragmenten, das sich von Jahr zu Jahr und von Parzelle zu Parzelle ändert. Deshalb sprechen wir auch von Mischgefügen.

Spezialgefüge:

Als Spezialfälle gelten die ungliederten Gefügeformen des Einzelkorn- bzw. Kohärengefüges. Sie setzen sich nicht aus Bodenteilchen, sondern direkt aus den mineralischen Körnungsbestandteilen zusammen. Sie sind kennzeichnend für humusarme, stark sandige, tonige oder schluffige Böden. Oft geben sie aber Hinweise auf Bewirtschaftungsfehler wie ungenügende Versorgung mit organischem Material, zu intensiver oder zum falschen Zeitpunkt erfolgte Bodenbearbeitung, Verdichtung durch Befahren.

Gefügeformen:

Den Begriff Gefügeformen verwenden wir als Sammelbegriff für natürliche Gefüge, Mischgefüge und Spe-

zialfälle.

Die Gefügeformen werden durch folgende Eigenschaften charakterisiert:

- Art und Anteil der Bodenteilchen
- Stärke der Bindung zwischen den Bodenteilchen
- Art, Grösse und Verteilung der sichtbaren Hohlräume zwischen den Bodenteilchen.

Anteil:

In einem gegebenen Bodenvolumen bestimmen wir die prozentualen Anteile von Krümeln bzw. Polyedern, Bröckeln oder Fragmenten. Zum Beispiel: Für ein Gemisch aus 20% Krümel, 30% Bröckel und 50% Fragmenten in einem Mischgefüge schreiben wir kurz: K/B/F = 20/30/50.

Hohlräume:

Die sichtbaren Hohlräume, auch als Gröbstporen bezeichnet, können sowohl natürlichen Ursprunges sein (Schrumpfungs- bzw. Trockenheitsrisse, Regenwurmröhren, Wurzelgänge) als auch durch Bodenbearbeitungsmassnahmen verursacht werden. Besonders wertvoll sind Regenwurmröhren und Wurzelgänge, auch Bioporen genannt, weil sie eine erhöhte Stabilität aufweisen und den Boden vorwiegend senkrecht durchziehen. Dadurch begünstigen sie das Versickern von Überschusswasser, die Durchlüftung und die Durchwurzelung.

Die Ausprägung dieser Eigenschaften ist im Jahresverlauf als Folge verschiedener Einflüsse (Witterung, Bodenbearbeitung, Bodenbedeckung und -durchwurzelung) deutlichen Schwankungen unterworfen; ihre Beurteilung hängt deshalb auch stark vom Beobachtungszeitpunkt ab.

Übersicht Gefügeformen

Natürliche Gefüge



Krümelgefüge
Gefüge im Oberboden von leichten bis mittelschweren Böden. Hohlräume gleichmässig verteilt, viele Bioporen: gute Gefügeform.



Polyedergefüge
Gefüge im Oberboden tonreicher Böden. Hohlräume regelmässig verteilt. Wenn die Polyeder klein sind: gute Gefügeform.



Prismengefüge
Gefüge im tonreichen Unterboden. Hohlräume unregelmässig, in Form vertikaler Klüfte. Bei hohem Tongehalt bestmögliche Gefügeform.

Mischgefüge



Mischgefüge mit vorwiegend Krümeln
Hohlräume regelmässig verteilt, mit vielen Bioporen: gute Gefügeform.



Mischgefüge mit vorwiegend Bröckeln
Ansammlung von Bröckeln unterschiedlicher Grösse. Hohlräume weniger regelmässig verteilt, weniger Bioporen: befriedigende Gefügeform.



Mischgefüge mit vorwiegend Fragmenten
Ansammlung von Fragmenten unterschiedlicher Grösse und Form. Hohlräume unregelmässig in Grösse und Verteilung, kaum Bioporen: schlechte Gefügeform.

Spezialgefüge



Kohärentgefüge
Grosse Blöcke ohne Gröbstporen, zwischen den Blöcken grosse Hohlräume: schlechte Gefügeform.



Einzelkorngefüge
Lose Ansammlung von Sand- bzw. Schluffteilchen, ohne Gröbst- und Bioporen. Bei hohem Sandgehalt und geringem Humusgehalt bestmögliche Gefügeform.

3.4 Schichten

Ob Schichten im Boden vorhanden sind, lässt sich mit dem Abwerfen des Erdziegels auf eine feste Unterlage feststellen. Zerfällt der Ziegel beim Aufprall nur in wenige grosse Klumpen, ist dies ein Hinweis auf verdichtete Schichten.

Bei der Abwurfprobe lässt man den Bodenziegel aus Hüfthöhe auf eine harte Unterlage fallen.



Das Bild zeigt zwei Abwurfproben: links ein verdichteter Bodenziegel, rechts ein lockerer Bodenziegel.



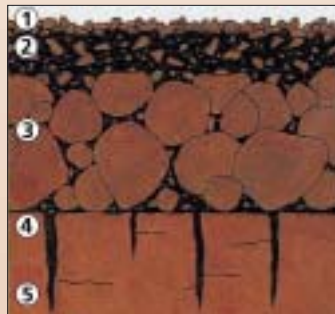
Bei der Spatenprobe sind die Oberflächen des Erdziegels oft verschmiert. Mit dem Taschenmesser legt man Schichten und Schichtübergänge vorsichtig frei.



① Oberflächenkruste
In strukturschwachen Böden bilden sich an der Oberfläche Krusten.

Besonders häufig findet man in ackerbaulich genutzten Böden folgende Schichten:

- ① Oberflächenkruste
- ② Obere Bearbeitungsschicht
- ③ Untere Bearbeitungsschicht
- ④ Übergangsschicht
- ⑤ Unbeeinflusster Unterboden



② Obere Bearbeitungsschicht
Diese Schicht dient als Saatbett und hebt sich deutlich vom restlichen Bodenkörper ab. Durch Abtragen der oberen Bearbeitungsschicht ist die Spur der Kreiselegge deutlich sichtbar geworden.

③ Untere Bearbeitungsschicht
Diese Schicht besteht aus nicht weiterbearbeiteten Pflugsohlen.



④ Übergangsschicht
Diese Schicht besteht aus der Pflugsohle.



⑤ Unbeeinflusster Unterboden
Diese Schicht liegt ausserhalb des Einflussbereiches von Bearbeitungsgeräten und Druckbelastungen.



Das Krumenprofil eignet sich besonders gut, um bearbeitungsbedingte Veränderungen der Dicke, Lage und Beschaffenheit von Schichten zu beobachten.

3.5 Abbau von organischem Material

Beim Öffnen des Bodens mit dem Spaten findet man in Pflugtiefe häufig ganze Schichten von unverrottetem Stroh oder Mist. Aus solchen Beobachtungen lassen sich Rückschlüsse auf die biologische Aktivität des Bodens ziehen.

Abbaugrad: Ist der Boden während längerer Zeit wassergesättigt und deshalb schlecht durchlüftet, verfault das organische Material wegen Sauerstoffmangel, statt zu verrotten (vgl. 2.2). Zusätzlich wird das Wurzelwachstum durch giftige



Der Abbau von organischem Material wird anhand der Menge, der Verteilung und des Abbaugrades der Ernterückstände beurteilt.

Abbauprodukte gehemmt. Ungleichmässige Verteilung, ungenügende Zerkleinerung und zu tiefes Einarbeiten können zu Verzögerungen des Abbaues führen (Vertorfung).

Menge: Im allgemeinen sollten Ernterückstände vom Vorjahr bis zum Sommer des nachfolgenden Jahres abgebaut sein. Dabei werden Gründüngung und Wiesenumbbruch schneller abgebaut als Mist, Getreidestroh oder gar Maisstoppeln.

Verteilung: Probleme entstehen bei ungenügender oder ungleichmässiger Einarbeitung (Stroh- und Mistmatratze).



3.6 Wurzelentwicklung

Unter einem wachsenden Pflanzenbestand geben die Wurzeln einen direkten Hinweis auf den Zustand der Bodenstruktur. Die Wurzel dient in erster Linie zur Wasser- und Nährstoffversorgung der Pflanze; gleichzeitig trägt sie aber zur Entwicklung und Stabilisierung der Bodenstruktur bei. Ein schlecht entwickeltes Wurzelwerk schränkt demnach nicht nur die Ertragsleistung der Pflanze ein, sondern leistet gleichzeitig auch nur einen bescheidenen Beitrag an die Strukturbildung des Bodens.

gewisse Bodenbereiche kaum oder nur entlang vorgegebener Hohlräume (Schrumpfungsrisse, Regenwurmröhren) durchwurzelt werden, deutet auf Strukturschäden hin.

Die Wurzelentwicklung lässt sich anhand der Wurzelmasse, der Verteilung der Wurzeln im Boden und der Missbildungen einzelner Wurzeln beurteilen:



Wurzelmasse: Hierzu sollten Kenntnisse über die «normale» Entwicklung des Wurzelwerkes einer Kultur bei bestimmten Standortbedingungen vorhanden sein. Die Beurteilung ist zudem abhängig vom Witterungsverlauf und vom Stadium der Kultur und damit vom Beobachtungszeitpunkt.

In vielen Fällen kann das Wurzelbild spontan richtig gedeutet werden. So zeigt die horizontal abbiegende Wurzel der Futterrübe eine verdichtete Bodenschicht an. Der auffällig kleine Rübenkörper verrät insbesondere Probleme mit der Wasser- und Nährstoffversorgung.

Verteilung der Wurzeln im Boden: Eine unregelmässige Durchwurzlung, bei der

Missbildung einzelner Wurzeln: Die grafische Darstellung zeigt verschiedene Arten von Wurzelmissbildungen.



- ① Wurzelverdickung
- ② stark behaarte Wurzel
- ③ Wurzel mit Fischgrätenmuster
- ④ abgewinkelte Wurzel
- ⑤ eingeschnürte Wurzel
- ⑥ glatte, drahtförmige Wurzel

3.7 Bodenoberfläche

An der Bodenoberfläche beurteilen wir Verschlämmung, Erosion und Anzahl der Regenwurmkothaufen sowie Fahrspuren. Die Bodenoberfläche gibt Hinweise auf die Strukturstabilität.

An der Bodenoberfläche sind die Bodenteilchen besonders grossen Belastungen ausgesetzt durch:

- Witterungseinflüsse wie aufprallende Regentropfen
- Bodenbearbeitungsgeräte
- Druck und Schlupf der Räder.



Nur sehr stabile Bodenteilchen wie Regenwurmkot und Krümel können solchen intensiven Belastungen einiger Massen widerstehen.

Bei geringer Strukturstabilität zerfällt das Bodenteilchen während starken Niederschlägen in seine mineralischen Bestandteile (Sand, Schluff, Ton).



Die Feinerde wird verfrachtet und die Steinchen freigespült. Es bildet sich eine Oberflächenkruste.

Darüber hinaus werden die mineralischen Bestandteile auch in die Hohlräume des Bodens eingewaschen; sie verschliessen die Grobporen. Diesen Vorgang bezeichnen wir als innere Erosion.



Verschlämmung:

Das Ausmass der Verschlämmung hängt von der Strukturstabilität und weiteren Bedingungen wie Zeitdauer zwischen Beobachtung und Saatbeetbereitung, Witterungsverlauf und Bodenbedeckung durch die Kultur ab.

Erosion:

Werden Feinerde oder Bodenteilchen oberflächlich abgeschwemmt, sprechen wir von Erosion. Ausmass und Art der Erosion hängen nicht nur von der Strukturstabilität, sondern auch vom Witterungsverlauf, von der Hangneigung, der Parzellenlänge, der Bearbeitungsrichtung, der Kultur, etc, ab.

Wir unterscheiden: Flächen-, Rillen- und Grabenerosion.



Flächenerosion



Rillenerosion



Grabenerosion

3.8 Regenwurm-Aktivität

Die Regenwurm-Aktivität lässt sich an der Menge Kothaufen auf der Bodenoberfläche beurteilen. Auch bei der Entnahme eines Erdziegels oder beim Freilegen eines Krümenprofils können wir sie anhand der Anzahl Regenwurmröhren indirekt feststellen.



Dank den Kothaufen mit ihrer erhöhten Stabilität, wird die Bodenoberfläche besser gegen Verschlammungen geschützt. Die von der Oberfläche bis in tiefere Bodenschichten verlaufenden Regenwurmröhren sind wichtig für die rasche Versickerung grosser Niederschlagsmengen und die Durchlüftung des Bodens in niederschlagsreichen Perioden. Den Wurzeln dienen sie als Leitbahnen. Sie erschliessen ihnen dadurch den Unterboden oder erleichtern das Durchwachsen verdichteter Bereiche. Durch den verbesserten Schutz der Bodenoberfläche und die rasche Ableitung von Überschusswasser liefern die Regenwürmer einen Beitrag zur Verminderung des Erosionsrisikos. Schliesslich sind sie auch wesentlich am Abbau des organischen Materials beteiligt. Umge-



kehrt muss organisches Material (Mist, Ernterückstände) in den Aktivitätsperioden Frühjahr und Herbst als Regenwurmnahrung vorhanden sein.



Die Aktivität der Regenwürmer lässt sich auch an der Häufigkeit der Röhren am Grubengrund bzw. auf der Unterseite eines Erdziegels (✓) beurteilen.

Im Herbst und im Frühling kann man die Regenwurmakktivität gut anhand von Kothaufen an der Bodenoberfläche beobachten. Die Anzahl der Kothaufen ist abhängig vom Standort und von der Bewirtschaftung. Nicht auf allen Äckern findet man

so viele und so grosse Kothaufen (✓) wie auf diesem Acker.



Hinweise

In dieser Broschüre werden zahlreiche Merkmale zur Bodenbeurteilung im Feld dargestellt. Die einzelnen Beobachtungen sollten jedoch zweckmässig geordnet, aufgezeichnet und ausgewertet werden. Dazu wurden als Ergänzung zu dieser Broschüre Formulare geschaffen, die bei den auf der letzten Seite unter der Rubrik «Vertrieb und Auskunft» genannten Adressen bezogen werden können.

Teile dieser Broschüre erscheinen auch im Lehrbuch «Bodenkunde» der Landwirtschaftlichen Lehrmittellzentrale (LMZ) in 3052 Zollikofen.

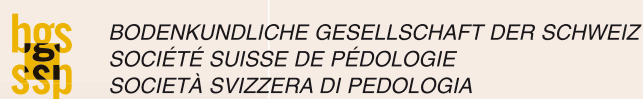
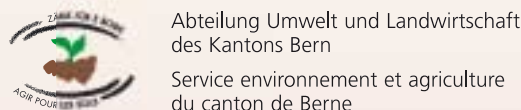
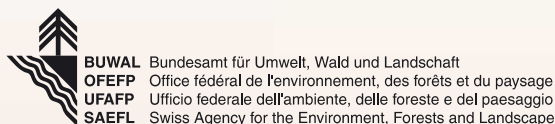
Die Behebung von Bodenschäden wird in dieser Broschüre nicht behandelt. Bei solchen Problemen wende man sich an die landwirtschaftlichen Beratungsdienste.

Literaturverzeichnis

- Becher H. H., 2000. Gefüge/ Morphologie. In: Blume et al., Handbuch der Bodenkunde Kap 2.6.2.1. Ecomed Landsberg /Lech.
- Gautronneau Y., Manichon H., 1987. Guide méthodique du profil cultural. Édition CEREF-ISARA, Lyon
- Gisi U. et al., 1990. Bodenökologie. Georg Thieme Verlag Stuttgart, New York.
- Görbing J., 1948. Die Grundlagen der Gare im praktischen Ackerbau. Landbuch Verlag GmbH Hannover.
- Polomski J., Kuhn N., 1998. Wurzelsysteme. Hrsg. Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft. Verlag Paul Haupt Bern, Stuttgart, Wien.
- Scheffer/Schachtschabel, 1998. Lehrbuch der Bodenkunde. Ferdinand Enke Verlag Stuttgart.

Mitwirkende Organisationen

Folgende Organisationen haben an der Herausgabe der Broschüre mitgewirkt:



Vertrieb und Auskunft:

Landwirtschaftliche Beratungszentrale (LBL)
8315 CH-Lindau
Tel. +41 (0)52 354 97 00, Fax +41 (0)52 354 97 97
E-Mail: lbl@lbl.ch
Homepage: www.lbl.ch

Service romand de vulgarisation agricole (SRVA)
Jordils 1, CH-1000 Lausanne 6
Tel. +41 (0)21 619 44 00, Fax +41 (0)21 617 02 61
E-Mail: a.maillard@srva.ch
Homepage: www.srva.ch

Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL)
Ackerstrasse, CH-5070 Frick
Tel. +41 (0)62 865 72 72, Fax +41 (0)61 865 72 73
E-Mail: admin@fibl.ch
Homepage: www.fibl.ch

Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL) Berlin e.V.
Rungestrasse 19, D-10179 Berlin
Tel. +49 (0)30 27 58 17 50, Fax +49 (0)30 27 58 17 59
E-Mail: berlin@fibl.de
Homepage: www.fibl.de

Impressum:

Herausgeber: Service romand de vulgarisation agricole (SRVA), Jordils 1, CH-1000 Lausanne 6
Hauptautor: Gerhard Hasinger, SRVA
Mitautoren: Lukas Keller, LBL; Evelyne Marendaz, SRVA; Jean-Auguste Neyroud, RAC; Urs Vökt, Soil.com; Peter Weisskopf, FAL
Französische Ausgabe: Evelyne Marendaz, SRVA; Jean-Auguste Neyroud, RAC
Italienische Ausgabe: Mauro Bassignana, Institut Agricole Régional, Aosta, Italien
Renato Cocci Grifoni, AMAB, Senigallia (AN), Italien
Erstausgabe: Februar 1993
Nachdruck: November 2001
Grafik: Werbeatelier HP. & E. Meier, Bern
Druck: Imprimeries Réunies Lausanne S.A.

Der Nachdruck der Broschüre in deutscher, französischer und italienischer Sprache wurde durch das Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) gefördert.