



## Bestimmungsschlüssel zur Erkennung und Bewertung von Bodenschadverdichtungen im Feld

Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen



Fachhochschule Südwestfalen  
Hochschule für Technik und Wirtschaft  
University of Applied Sciences

**Impressum**  
Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen  
Schwannstr. 3  
40476 Düsseldorf

Fachhochschule Südwestfalen  
Agrarwirtschaft Soest  
Lübecker Ring 2  
59494 Soest

**Autoren**  
Prof. Dr. Thomas Weyer, FH Südwestfalen  
Dipl.-Ing. (FH) Runa Boeddinghaus, „Fahrgasse“, „Vorgewende“ und „Kernfläche“ auf.

**Fotos und Grafiken**  
Fachhochschule Südwestfalen  
AG Boden 2005

**Gestaltung**  
Dipl.-Ing. (FH) Runa Boeddinghaus, FH Südwestfalen

**Stand**  
Oktober 2009

## Anwendung des Bestimmungsschlüssels

Suchen Sie zunächst eine repräsentative Stelle auf der Fläche aus, wo Sie die Felddiagnose durchführen möchten.

### Benötigte Materialien:

- Spaten
- Taschenmesser (Klingenlänge ca. 7 cm, Klingenbreite ca. 2 cm)
- Zollstock
- Handsonde

### Durchführung:

Befolgen Sie erst die Anleitung zur Durchführung einer Felddiagnose (siehe rechts). Die Ermittlung der einzelnen Merkmale ist in schwierigeren Fällen weiter unten dargestellt.

Führen Sie die Bestimmung zunächst bis in eine Bodentiefe von ca. 30 cm durch (1. Bodenmonolith bei der Felddiagnose). Da vor allem die Krumbasis häufig Verdichtungen aufweist, ist eine Zustandsanalyse des Bodens bis ca. 60 cm angezeigt (2. Bodenmonolith). Besonders die Kontinuität der Makroporen bis in den Unterboden ist von entscheidender Bedeutung für die Bodenfruchtbarkeit.

Die erkennbare Schichtung des Bodens, „Bodenhorizonte“ (Gefügeveränderungen, Farbe etc.), ist in der Abfolge ihrer Kompartimente einzeln zu bewerten, um eine klare Kennzeichnung der Problembereiche zu gewährleisten. Auf dieser Basis kann anschließend eine genaue, tiefenbezogene Analyse erfolgen, die die Ursachenforschung deutlich vereinfacht.

### Auswertung:

Für die Ermittlung der Gesamtpunktzahl multiplizieren Sie die Stufenzahl mit dem Faktor des jeweiligen Parameters. Die einzelnen Ergebnisse addieren Sie anschließend zur Gesamtpunktzahl.

### Beispiel:

Parameter	Faktor		Stufe	=	Summe
Bodenoberfläche	1	x	1	=	1
Eindringwiderstand	3	x	1	=	3
Wurzelwachstum	5	x	1	=	5
Bodenaufbau	3	x	3	=	9
Rottezustand	4	x	2	=	8
Bodenfarbe	3	x	2	=	6
Bodengeruch	2	x	1	=	2
Bodengefüge	5	x	1	=	5
Verfestigungsgrad	4	x	1	=	4
Lagerungsdichte	2	x	2	=	4
Makroporenanteil	5	x	1	=	5
<b>Gesamtsumme</b>					<b>52</b>

Wenn Sie ein Merkmal, z.B. Bodenoberfläche, nicht mit einbeziehen, müssen Sie die entsprechenden Punkte in der Ergebnisskala abziehen.

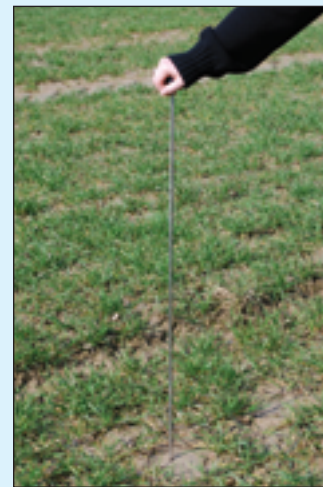
### Weiteres Vorgehen:

Sollte Ihre Fläche nach diesem Bestimmungsschlüssel Bodenschadverdichtungen aufweisen, suchen Sie die möglichen Ursachen. Maßnahmen zur Vermeidung und Beseitigung von Bodenschadverdichtungen werden in dem Ratgeber „Bodenschadverdichtung und Bodenfruchtbarkeit“ des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MUNLV) und der Fachhochschule Südwestfalen aufgezeigt.

Sprechen Sie auf jeden Fall mit Ihrer PflanzenbauberaterIn über das Problem und holen Sie fachkundigen Rat von Bodenkundler/-innen, speziell vor der Durchführung von Meliorationsmaßnahmen, ein.

### Eindringwiderstand des Bodens

Greifen Sie die Handsonde am Kopfstück und drücken Sie sie senkrecht, gleichmäßig und langsam in den Boden. Hierbei können die unterschiedlichen Widerstände in der Tiefe erspürt werden. Je höher der benötigte Kraftaufwand ist, desto dichter ist der Boden in der entsprechenden Tiefe gelagert. Wenn ein Boden sehr feucht ist, ist der Widerstand geringer. Ist der Boden sehr trocken, ist der Widerstand deutlich höher. Daher sollten Eindringwiderstandsmessungen mit Sonden bei krümeliger Bodenkonsistenz (80–100 % FK) durchgeführt werden, was meist nach längeren Regenperioden der Fall ist. Bei Trockenheit oder stark abgetrocknetem Boden liefert die Bodensonde keine sicheren Ergebnisse, weil trockener Boden Verdichtungen vortäuschen kann. Da es sich um eine punktuelle Messung handelt, müssen mehrere Einstiche zur Gewährleistung einer repräsentativen Aussage in einem Areal gemacht werden. Flächenspezifisch treten zudem Unterschiede zwischen den Bereichen „Fahrgasse“, „Vorgewende“ und „Kernfläche“ auf.



### Wurzelwachstum

Pflanzenwurzeln wachsen vorwiegend in leicht zu durchdringendem Substrat. Daher bevorzugen sie lockeren Boden, Regenwurmgänge, alte Wurzelgänge oder Risse und Spalten im Boden. Je dichter ein Boden ist, desto weniger wachsen die Pflanzenwurzeln durch die Aggregate und desto mehr bevorzugen sie bereits vorhandene Gänge oder Risse im Boden. Die Verteilung der Wurzeln gibt daher Aufschluss über den Bodenzustand.

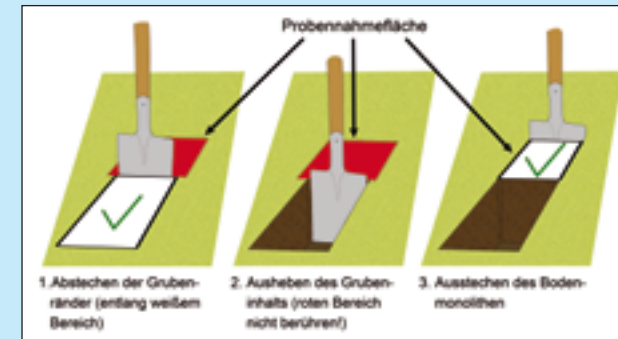
Durchdringen die Wurzeln den Boden gleichmäßig seitlich und in die Tiefe und bilden ein enges Netzgeflecht mit vorwiegend feinen Wurzeln, ist der Boden nicht verdichtet. Wachsen die Wurzeln deutlich horizontal und nicht in die Tiefe (typischer 90°-Winkel zwischen Spross und Wurzeln) wie in der Abbildung, liegt eine Bodenverdichtung vor.



### Bodenaufbau

In einem gesunden Boden sind die Übergänge zwischen Ober- und Unterboden fließend. Dies gilt sowohl für die Gefügestruktur im Ober- und Unterboden als

## Anleitung zur Durchführung einer Felddiagnose



### Schritt 1:

Festlegen der Untersuchungsseite und Abstecken des Grubenumfanges mit dem Spaten.

### Achtung:

Die zu untersuchende Seite darf nicht betreten oder mit dem Spaten beim Abstecken eingedrückt werden.



### Schritt 2:

Ausheben des Grubeninhaltes zunächst bis ca. 30 cm Tiefe (eine Spatenblattlänge). Nach der Entnahme und Untersuchung des ersten Bodenmonolithen graben

Sie die Grube für die Entnahme weiterer Proben tiefer (immer max. 1. Spatenblattlänge pro Analysegang).

### Achtung:

Die zu untersuchende Seite darf beim Ausheben des Grubeninhaltes nicht beschädigt/berührt werden.



### Schritt 3:

An der zu untersuchenden Seite werden die Längsseiten des ausgestochenen Rechtecks verlängert und ca. 10–15 cm (eine Handbreit) hinter der Front verbunden.



### Schritt 4:

Knien Sie sich neben die Grube und greifen Sie mit der einen Hand den unteren Teil des Spatenstiels. Mit der anderen Hand wird der Bodenmonolith beim Herausheben gesichert.



### Schritt 5:

Ablegen des Spatens mit dem Bodenmonolithen neben der Grube.



### Schritt 6:

Beginn der Bodenuntersuchung.

fluss führen zusätzlich zu einer mehr oder weniger starken und kontrastreichen Scheckung des Bodens, z.B. Rostflecken auf hellerer Bodengrundfarbe. Bodenschadverdichtungen wirken sich erheblich auf den Wasserhaushalt des Bodens aus und können so die Ausprägung der Bodenfarbe beeinflussen. Die Bewertung der Flächenanteile Ihres Bodens können Sie anhand der Abbildung links unten (Bodenkundliche Kartieranleitung, AG Boden, Hannover 2005) vornehmen.

### Bodengefüge

Stechen Sie mit dem Spaten einen rechtwinkligen Bodenmonolithen aus der zu untersuchenden Bodentiefe. Lassen Sie den Monolithen aus ca. 1 m Höhe auf eine harte, ebene Oberfläche fallen (z. B. Brett, Bodenoberfläche). Die entstandenen Bruchstücke können Sie nun anhand der Beschreibungen auf der Rückseite den entsprechenden Gefügeformen zuordnen.

### Verfestigungsgrad der Aggregate

Der Verfestigungsgrad wird ähnlich wie das Bodengefüge durch eine Fallprobe aus ca. 1 m Höhe bestimmt. Hierbei wird die Zerfallsintensität beurteilt – je weniger ein Boden zerfällt und je größer die einzelnen Stücke sind, desto höher ist der Zusammenhalt des Bodens. Stark tonhaltiger Boden wird von Natur aus immer fester zusammenhalten als Sand oder Schluffboden. Die Bestimmung des Verfestigungsgrades können Sie anhand der umseitigen Beispiele vornehmen.

### Lagerungsdichte

Nehmen Sie das Taschenmesser zur Hand und stechen Sie es mit gleichmäßigem Kraftaufwand in die unberührte Seitenwand Ihrer Felddiagnosegrube. Je leichter das Messer in die Wand dringt, desto geringer ist die Lagerungsdichte. Ist es nicht mehr möglich, das Messer ohne größeren Kraftaufwand bis zum Heft in den Boden zu drücken, ist der Boden als verdichtet anzusprechen. Die Einstufungen finden Sie umseitig.

### Makroporenanteil

Legen Sie mit dem Spaten oder einem Spachtel eine waagerechte, ca. 10 x 10 cm große Fläche in der zu untersuchenden Tiefe frei. Auf dieser Fläche schätzen Sie nun die Anzahl und Größe der mit bloßem Auge sichtbaren Poren des Bodens anhand des folgenden Schätzrahmens aus der Bodenkundlichen Kartieranleitung (5. Auflage, Hannover 2005). Beachten Sie dabei, dass die Kontinuität der Poren in die Tiefe von entscheidender Bedeutung für den Bodenzustand und den Wasser- und Lufthaushalt des Bodens ist. Poren mit einem Durchmesser von 0,2 bis 0,05 mm sind mit bloßem Auge nicht sichtbar. Sie sind im Unterboden jedoch von besonderer Bedeutung. Bei Verdacht auf eine Bodenschadverdichtung sollte daher zusätzlich eine Laboranalyse durchgeführt werden.

Einstufung der Porengröße	Bezeichnung	Kurzzeichen	Makroporenanteil: sichtbare Poren im Boden		
			Vol.-%	1 - < 2	2 - < 5
Bezeichnung	Bezeichnung	Bezeichnung	gering	mittel	hoch
0,5 - < 1	fein	gr2	f2	f3	f4
1 - < 2	mittel	gr3			
2 - < 5	grob	gr4			

Flächenanteil in %	Bezeichnung	Stufe	Vergleichsmuster zur Abschätzung der Flächenanteile in der Profilwand
< 1	sehr gering	f1	1 %
1 bis < 2	gering	f2	2 %
2 bis < 5	mittel	f3	3 % 5 %
5 bis < 10	hoch	f4	7 % 10 %
10 bis < 30	sehr hoch	f5	15 % 20 % 25 %
30 bis < 50	äußerst hoch	f6	30 % 40 % 50 %





	Merkmale	Faktor	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4	Stufe 5
Feldbegehung	Bodenoberfläche	1	krümelige Struktur erkennbar, hoher Anteil an Regenwurmlosung auf der Bodenoberfläche	krümelige Struktur abnehmend bis kaum erkennbar, geringerer Anteil an Regenwurmlosung	keine ausgeprägte Oberflächenstruktur erkennbar, Regenwurmlosung abnehmend	Verschlämmung und Spuren von Erosion erkennbar, nur vereinzelt Regenwurmlosung	Verschlämmung, Wasser versickert nur sehr langsam, dadurch oft hellgraue bis hellbraune Verfärbung der Oberfläche, Fäulnisgeruch, grüne Farbe durch Algenbildung
	Eindringwiderstand des Bodens	3	gering	gering – mittel	mittel	mittel – hoch	hoch
Felddiagnose 1 – Untersuchungen mit dem Spaten	Wurzelwachstum *	5	gleichmäßiges „Wurzelnetz“ mit vielen feinen Wurzeln, die den Boden durchziehen, und senkrecht in die Tiefe verlaufenden Pfahlwurzeln	Wurzelwachstum gleichmäßig in größerer Netzstruktur, Wurzeln sind im Durchschnitt dicker	Wurzelwachstum vorwiegend entlang der Aggregatoberflächen, grobes Netz, Wurzeln teilweise abgeplattet	Wurzelwachstum in Rissen zwischen Aggregaten, Tiefenwachstum verstärkt in Regenwurm- u. alten Wurzelgängen	Wurzelwachstum fast ausschließlich in Gängen und Rissen, Wurzeln sind größer, teilweise Seiten- statt Tiefenwachstum
	Bodenaufbau *	3	fließend beim Auseinanderziehen mit dem Messer ist keine klare Bruch-/Trennlinie sichtbar		deutlich sichtbare Trennlinien im Bodenaufbau, z. B. Übergang zwischen Bodenbearbeitungsschicht und unterer Krume		scharfe Teilung beim Auseinanderziehen mit dem Messer bricht der Boden entlang klarer Trennlinien
	Rottezustand (Erntereste, Mist etc., Zeitspanne zwischen Ausbringung und Untersuchung berücksichtigen)	4	vollständige Umsetzung des gleichmäßig verteilten organischen Materials im Oberboden	nur schwer zersetzbares Material ist noch vorhanden, fein strukturiertes ist vollständig zersetzt	ungleichmäßige Verteilung des organischen Materials, grobes und mittleres Material ist nicht zersetzt	Rotte verläuft sehr langsam, „Matratzenbildung“ durch schlechte Verteilung von organischem Material, teilweise Fäulnis	„Matratzen“ bilden Sperrschichten, organisches Material verfault, statt zu verrotten, Umsetzung erfolgt sehr langsam
	Bodenfarbe *	3	gleichmäßige, bräunliche Färbung der Bodenschicht, teilweise sehr dunkel durch hohen Humusgehalt	kleine Sprenkel von schwarzen Mangan- und rötlichen Eisenanteilen, weniger als 2 % der Fläche betroffen	deutliche Eisen- (rot) und Manganflecken (schwarz) erkennbar (ca. 3 mm Durchmesser, 2–5 % der Fläche), aufgehellte Flächen sichtbar	deutliche Eisen- und Manganflecken (> 3 mm Durchmesser) auf 5–10 % der Fläche, gräulich ausgebleichte Stellen	starke Eisen- und Manganflecken, teilweise Konkretionen, > 1 cm Durchmesser, > 10 % der Fläche betroffen, starke Bleichungen und Grautöne, Fäulnisgeruch
	Bodengeruch	2	erdig				
Felddiagnose 2 – Untersuchungen mit der Fallprobe	Bodengefüge *	5	Krümelgefüge Resultat von hoher biol. Aktivität; rundliche, kleine Aggregate mit rauer Oberfläche, viele Poren	Bröckelgefüge Resultat von Bodenbearbeitung; kleine, feste Aggregate mit unregelmäßigen Bruchflächen	Klumpengefüge Resultat von Bodenbearbeitung; große, feste Aggregate, Oberflächen gerundet und geknetet	Klumpengefüge mit Übergang zum Plattengefüge	Plattengefüge Resultat von Bodenverdichtung; horizontal ausgerichtete, sehr feste Bodenaggregate
	Verfestigungsgrad der Aggregate*	4	schwach/lose Boden zerfällt schon bei der Entnahme in viele kleine Bruchstücke		mittel Boden zerbricht beim Aufprall in wenige Bruchstücke, die von Hand zerkleinert werden können		sehr stark/sehr fest Boden zerfällt kaum, die groben Blöcke können kaum von Hand zerteilt werden
Untersuchungen an der Grubenwand	Lagerungsdichte *	2	sehr gering Ld 1 (< 1,4 g/cm³) Messer leicht in den Boden zu drücken, Boden zerfällt	gering Ld 2 (1,4 bis 1,6 g/cm³) Messer mit wenig Kraft ganz in den Boden zu drücken	mittel Ld 3 (1,6 bis < 1,8 g/cm³) Messer bis etwa zur Hälfte der Klinge in den Boden zu drücken	hoch Ld 4 (1,8–< 2,0 g/cm³) Messer kaum in den Boden zu drücken	sehr hoch Ld 5 (> 2,0 g/cm³) Messer nur mit der Spitze oder gar nicht in den Boden zu drücken
	Makroporenanteil *	5	hoch 5–10 Vol.-% der Fläche auffallend viele Regenwurmgänge und alte Wurzelgänge		mittel 2–5 Vol.-% der Fläche Anzahl Regenwurmgänge und andere Makroporen verringert		gering 1–2 Vol.-% der Fläche nur vereinzelt alte Wurzelgänge, Regenwurmgänge selten

## Auswertung

Parameter	Faktor	Stufe	Summe
Bodenoberfläche	1	x	=
Eindringwiderstand	3	x	=
Wurzelwachstum	5	x	=
Bodenaufbau	3	x	=
Rottezustand	4	x	=
Bodenfarbe	3	x	=
Bodengeruch	2	x	=
Bodengefüge	5	x	=
Verfestigungsgrad	4	x	=
Lagerungsdichte	2	x	=
Makroporenanteil	5	x	=
<b>Gesamtsumme</b>			

### Gesamtpunktzahl 37–74 Punkte

Die nachhaltige Fruchtbarkeit Ihres Bodens ist gewährleistet. Er kann seine Funktionen wie z. B. Lebensraum für Pflanzen und Tiere, Regelung von Stoffkreisläufen, Filterung von Niederschlagswasser und Produktion hoher Pflanzenerträge voll erfüllen. Ihr Boden weist keine Verdichtungen in der untersuchten Tiefe auf. Wenden Sie weiterhin die gute fachliche Praxis zur Vermeidung von Bodenschadverdichtungen an (siehe Maßnahmen in der Broschüre „Bodenschadverdichtung und Bodenfruchtbarkeit“).

### Gesamtpunktzahl 75–111 Punkte

Ihr Boden zeigt Anzeichen einer beginnenden bewirtschaftungsbedingten Verdichtung. Überprüfen Sie Ihr Bewirtschaftungskonzept und suchen Sie nach den möglichen Ursachen. Ihr Boden ist in einem Zustand, in dem er sich bei richtiger Behandlung relativ schnell erholen kann und in dem noch keine umfassenden bodenverbessernden Maßnahmen notwendig sind. Treffen Sie vorsorgende Maßnahmen zur Verringerung der Verdichtungsgefährdung. Informieren Sie sich über pflanzenbauliche und landtechnische Möglichkeiten zur Vermeidung von Bodenschadverdichtungen (siehe Broschüre) und integrieren Sie sie in Ihr Bewirtschaftungskonzept.

### Gesamtpunktzahl 112–185 Punkte

Ihr Boden zeigt deutliche Anzeichen einer fortgeschrittenen Bodenschadverdichtung. Der derzeitige Zustand Ihres Bodens lässt einen optimalen Ablauf der Bodenfunktionen (Lebensraum-, Regelungs- und Ertragsfunktion) nicht mehr zu. Bleiben die Bedingungen bestehen, werden Sie langfristig erheblich höhere Betriebsmittelaufwendungen haben (Pflanzenschutz, Mineraldünger, Energie), um den gleichen Ertrag zu erwirtschaften. Auf extreme Witterungsereignisse kann Ihr Boden nicht reagieren, wodurch das Ausfallrisiko der Ernte und die Bodenerosion steigen. Finden Sie die Ursachen für die Bodenschadverdichtungen und beseitigen Sie diese. Stellen Sie Ihre Bewirtschaftung auf bodenschonende Verfahren um. Lassen Sie sich hinsichtlich der bestehenden Möglichkeiten zur Bodenschonung beraten. Der Zustand Ihres Bodens lässt eine Meliorationsmaßnahme ratsam erscheinen, für die endgültige Entscheidung und zur Erörterung des passenden Verfahrens wenden Sie sich an bodenkundige Fachleute (siehe auch Broschüre „Bodenschadverdichtung und Bodenfruchtbarkeit“).

\* Bestimmung der Merkmale wird auf der Rückseite erläutert