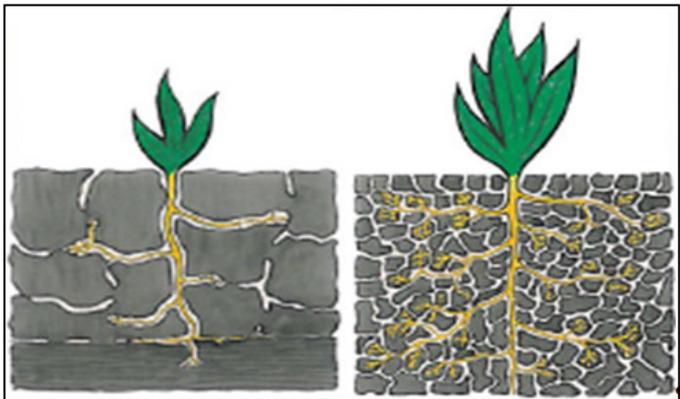


Fachinformation: Bodenschadverdichtung – erkennen und vermeiden

Böden sind ein knappes Gut. Sie sind die Produktionsgrundlage für Nahrungsmittel und für nachwachsende Rohstoffe. Böden sind ein Lebensraum für Pflanzen, Tiere und Bodenorganismen. Böden speichern Wasser, Nährstoffe und Kohlenstoff und sind deshalb wichtig für den Klimaschutz. Schädliche Bodenverdichtungen müssen deshalb soweit wie möglich vermieden werden, um die natürliche Bodenfruchtbarkeit zu erhalten. In ihrer gesamten Tiefe unverdichtete Böden mit entsprechender Mächtigkeit der Ackerkrume sind die Grundlage für die wirtschaftliche Existenz eines landwirtschaftlichen Betriebes. Je nach Ausprägung einer Bodenschadverdichtung ist mit Ertragsausfällen von 5 bis 40 % zu rechnen. Deshalb ist es wichtig, die Leistungsfähigkeit des Bodens als Standort für die landwirtschaftliche Nutzung zu erhalten.

Bedeutung des Bodengefüges

Die Struktur eines Bodens – das **Bodengefüge** – bestimmt sich nach der räumlichen Anordnung der Bodenteilchen zueinander und hat großen Einfluss auf die im Boden ablaufenden Prozesse. Sie ist ein Spiegel des Bodenzustands. Das Bodengefüge beeinflusst maßgeblich den **Wasser- und Lufthaushalt** sowie die **Wachstumsbedingungen** für die Pflanzen. Es bestimmt auch die **Tragfähigkeit** eines Bodens. Je stabiler das Bodengefüge, desto mehr Auflast kann der trockene Boden tragen, ohne Schaden zu nehmen.



Die Gefügesteuerung des Bodens bestimmt die Wasser- und Nährstoffaufnahmekapazität eines Standortes und ist damit ein wichtiger Faktor für die Ertragsfähigkeit. Bei schlechter Struktur ist die Nährstoffaufnahme auf wenige Bereiche beschränkt, so dass ein insgesamt höheres Nährstoffpotenzial vorhanden sein muss. Eine gute Bodenstruktur ermöglicht eine optimale Durchwurzelung und damit eine gute Ausnutzung der gesamten Nährstoffe.

Abb. 1: Durchwurzelung bei schlechter und guter Bodenstruktur (Bundesarbeitskreis Düngung, 2003)

Was ist eine Bodenschadverdichtung?

Alle Böden haben eine natürliche Lagerungsdichte bzw. Bodenverdichtung, die u.a. von ihrer Entstehung (Bodenart, Eisdruck der Gletscher) bzw. anderen natürlichen Bedingungen (Frost, Durchwurzelung, Überschwemmung, biologische Aktivität) beeinflusst ist.

Die Bodenverdichtung auf landwirtschaftlichen Flächen ist aufgrund ihrer jahrzehntelangen Bewirtschaftung nicht mehr mit der natürlichen Lagerungsdichte vergleichbar. Vor allem durch Entwässerung, Bodenbearbeitung und Düngung haben sich die Bodenstruktur und damit die Lagerungsdichte wesentlich verändert. Um einen erfolgreichen Pflanzenbau zu gewährleisten, darf auch die Bodenverdichtung nicht in einen Bereich ansteigen, der sich negativ auf das Pflanzenwachstum auswirkt und als Bodenschadverdichtung zu bezeichnen ist.

Eine Bodenverdichtung wird dann zu einer **Bodenschadverdichtung**, wenn das Porensystem im Boden soweit verformt ist, dass die Versorgungsleistungen (Luft, Wasser) für den Pflanzenbestand und damit die Ertragsfähigkeit und Ertragssicherheit dauerhaft beeinträchtigt sind. Diese Gefügeänderung hat negative Auswirkungen auf die Produktionsfunktion (Ertrag, Kosten), die Regulationsfunktion (Puffer, Speicher und Leiter für Wasser, Sauerstoff, Nähr- und Schadstoffe) und auf die Lebensraumfunktion für Bodenorganismen. Des Weiteren werden die Wärmeleitfähigkeit beeinträchtigt und die Erosionsanfälligkeit erhöht.

Wie erkennt man eine Bodenschadverdichtung?

- Oberirdische Pflanzenteile:** gelbe Färbung und kümmerlicher Wuchs
- Bodensondenwiderstand:** 2,0 MPa und höher
- Bodenoberfläche:** verschlämmt, Wasser versickert sehr langsam, Pfützenbildung, Fäulnisgeruch, grüne Farbe durch Algenbildung



- Bodenaufbau:** beim Auseinanderziehen mit dem Messer bricht der Boden entlang klarer Trennlinien
- Wurzelwachstum:** teilweise Seiten- statt Tiefenwachstum, „Beinigkei“ (Raps, Rüben), ungleichmäßige Durchwurzelung bevorzugt in Rissen, Klüften und auf Schichtgrenzen)



Abb. 2: Polyedergefüge des Bodens zeigen eine Bodenschadverdichtung an



Abb.3: Kümmervuchs von Rapspflanzen aufgrund von Bodenverdichtungen

- Rottezustand:** vertorfte organische Reste, Krusten, „Matratzen“ bilden Sperrschichten, organisches Material verfault, statt zu verrotten, Umsetzung erfolgt sehr langsam
- Bodenfarbe:** Reduktionsfarben (grüngrau, blaugrau), starke Bleichung, starke Eisen- und Manganflecken, teilweise Konkretionen < 1 cm Durchmesser
- Bodengeruch:** faulig nach Schwefelwasserstoff (ähnlich faulen Eiern)
- Bodengefüge:** horizontal ausgerichtete, sehr feste Bodenaggregate, Klumpengefüge, Gefüge kompakt, porenarm, bricht scharfkantig, Verschlämmung und Einzelkorngefüge an der Oberfläche, Trümmergefüge aus verdichteten Brocken, anaerobe Zone im inneren des Brockens, Polyedergefüge, Plattengefüge als Resultat der Bodenverdichtung
- Verfestigungsgrad der Aggregate:** sehr stark/sehr fest; Boden zerfällt kaum, die groben Blöcke können kaum von Hand zerteilt werden
- Lagerungsdichte:** sehr hoch; Messer nur mit der Spitze oder gar nicht in den Boden zu drücken
- Makroporenanteil:** gering; 1 bis 2 Vol. % der Fläche, nur vereinzelt alte Wurzelgänge, Regenwurmzüge selten, zerstörtes Leitbahnsystem (Wurm- und Pflanzenröhren, Spalten), wenige blasenförmige Hohlräume ohne Zusammenhang,
- Pflanzenertrag:** schlecht bei regelmäßiger und guter Nährstoffversorgung



Abb.4: Verschlammte Bodenoberfläche infolge von sich stauendem Regenwasser als ein möglicher Hinweis auf eine Bodenschadverdichtung



Abb. 5: Zerstörtes Bodengefüge durch Befahren von nassem Boden



Besonders betroffene Flächen

- Vorgewende, Fahrgassen
- Festmistlagerflächen, Rübenmieten
- Weiden mit zu hohem Viehbesatz bei hoher Bodenfeuchte
- vernässte Stellen
- Krumbasis (oft ganzflächig)

Ursachen der Bodenschadverdichtungen

- Bodenbearbeitung bei feuchtem Boden (Boden schmiert)
- falsch eingestellte Bodenbearbeitungsgeräte und abgenutzte oder fehlkonstruierte Schare
- Fahren in der Furche beim Pflügen
- Staunässe durch verstopfte oder beschädigte Drainagen bzw. verzögerte natürliche Abflüsse
- Viehtritt durch zu hohe Viehbesatzdichten bei feuchter Witterung
- Fahren auf frischgepflügtem, feuchtem Acker ohne vorherige Rückverdichtung (Packerwalze)
- Radlasten > 6 t bei feuchtem und > 10 t bei trockenem Boden (bezogen auf 600er Reifenbreite, 1 bar Reifeninnendruck bei feuchtem Boden, 2 bar Reifeninnendruck bei trockenem Boden)
- Transportfahrzeuge mit normaler Straßenbereifung auf dem Feld
- geringer Humusgehalt des Bodens und wenig organische Substanz als Nährstoffquelle für Bodenlebewesen, wenig Bodenleben und Kalkmangel
- Steigerung der Druckfortpflanzung in die Tiefe bis in den Unterboden durch eine größere Reifenkontaktfläche

Leichtere Schlepper und Maschinen sind geeignet, Bodenverdichtungen zu minimieren und die Verdichtung tieferer Bodenschichten zu reduzieren. Verdichtungen in tieferen Bodenschichten können durch Technik schwer beseitigt werden und die Lockerung durch natürliche Prozesse dauert viele Jahre.

Auswirkungen der Bodenschadverdichtung

- stark reduzierter Austausch von Luft und Wasser zwischen Ober- und Unterboden
- langsamere Abtrocknung des Bodens durch die verringerten Versickerungsraten
- verspätete Bodenbearbeitung und Probleme beim termingerechten Bewirtschaften
- vernässte Bestände, Wurzelfäulnis, Sauerstoffmangel, Absterben der Pflanzen und anderer Lebewesen
- geringere Auffüllung des im Boden gespeicherten Wassers und des Grundwassers infolge von geringeren Wasserversickerungsraten in den Unterboden
- abnehmende Wasserversorgung der Pflanzen in niederschlagsarmen Gebieten und in trockenen Jahreszeiten

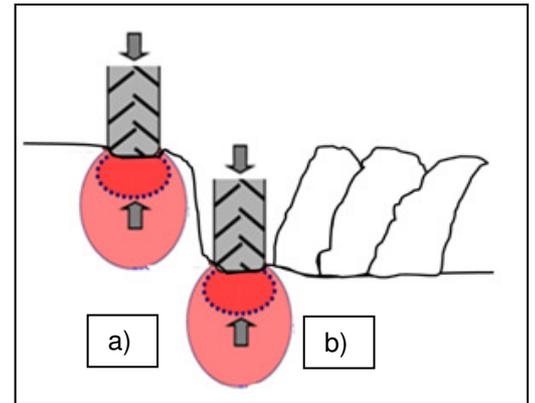


Abb. 6: Schema der Reifendruckzwiesel beim Onland-Pflügen (a) und beim Pflügen in der Furche (b) (bei identischer Radlast)

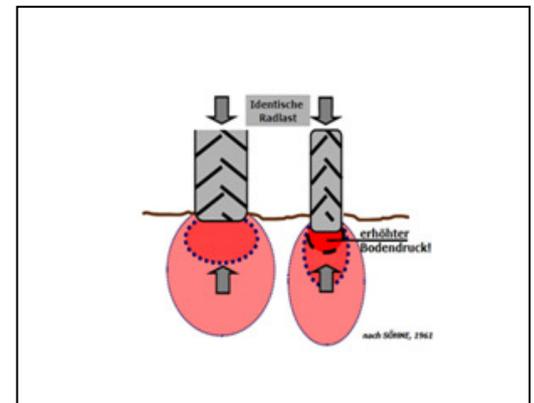


Abb. 7: Schema der Reifendruckzwiesel bei unterschiedlich breiter Bereifung (bei identischer Radlast)

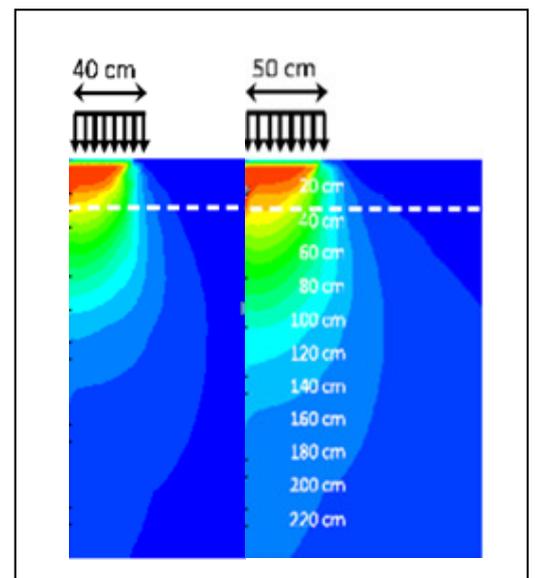


Abb. 8: Reifendruckzwiesel bei gleicher Auflast = 100 kPa und verschiedenen (Breite: 40 cm und 50 cm) Kontaktflächen (Prof. Horn, Universität Kiel, Auszug)



- steigende Hochwassergefahr bei Starkniederschlägen, durch verstärkten oberirdischen Abfluss
- verstärktes Auftreten von Notreife und Absterben der Pflanzen In Trockenperioden
- verkleinerter Wurzelraum, da die Pflanzenwurzeln bevorzugt in den Grobporen wachsen und verdichtete Horizonte aus eigener Kraft äußerst selten durchdringen
- keine Erschließung des Unterbodens durch die Pflanzenwurzeln als Quelle für Nährstoffe und Wasser
- sinkende Nährstoffaufnahme der Pflanze, weil sie die in den festen Bodenaggregaten gelagerten Nährstoffe nicht mehr erreichen können
- selteneres Auftreten von Regenwürmern, die maßgeblich die Bildung von Ton-Humus-Komplexen sowie die Schaffung von dränenden Grobporen und die Lebendverbauung beeinflussen
- zunehmende Verschlämmung der Poren von lehmigen und schluffreichen Böden
- begünstigte Wassererosion und Nährstoffabspülung durch die verringerte Wasserinfiltration
- Sauerstoffmangel und reduzierende Bodenbedingungen verstärken die Denitrifikation und erhöhen die gasförmigen Stickstoffverluste und die Austragung von Treibhausgasen (besonders Methan und Lachgas) sowie die schlechtere Ausnutzung der Stickstoffdünger
- Ertragsausfälle von 5 bis 40 % je nach Ausprägung der Bodenschadverdichtung (Dürr et al., 1995)
- zunehmende Stresssituationen für die Pflanzen durch Trockenheit und Staunässe und damit höheres Krankheitsrisiko und höhere Mehrkosten für Pflanzenschutzmaßnahmen

Maßnahmen zur Vorsorge gegen Bodenschadverdichtungen

Nutzung von technischen Möglichkeiten:

- Kontaktflächendruck durch Vergrößerung der Reifenaufstandsfläche verringern (Breit- und Terrareifen, Reifendruckregelanlagen, Raupenfahrwerke)
- Verringerung der Radlast (gezogene anstatt angehängte Geräte, gleichmäßige Lastenverteilung auf alle Achsen)
- Radschlupf verringern (Breitreifen oder Raupenlaufwerke mit hoher Traktion; geringerer Reifeninnen- druck, Verteilung der Last auf viele Achsen, Allradantrieb)

Reifendruck senken:

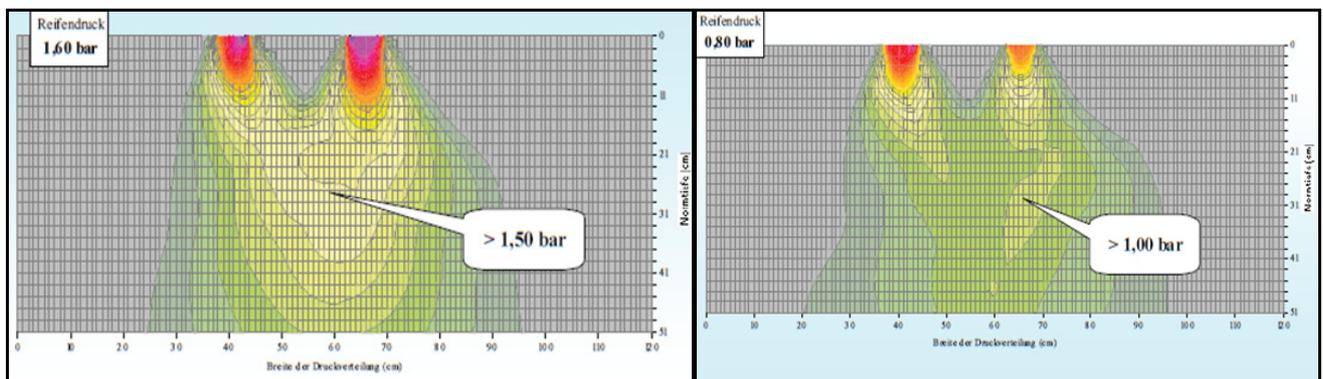


Abb. 9: Reifendruckzweibeln bei 1,6 bar und 0,8 bar Reifendruck (Dr. Hartmut Döll, TU Dresden)

Die Bodenverdichtung kann mit niedrigem Reifendruck bis zu **30 %** verringert werden.

Anpassung von Arbeitsverfahren:

- Onland-Pflügen mit breiten Reifen bewirkt eine geringe Verdichtung im Unterboden und ist effektiv (Rückgang der Bodendichte, Kraftstoffeinsparung, Furchenwand bleibt stabil). Der Bodendruck ist in 40 cm Tiefe geringer als beim Fahren in der Furche unter dem Furchenrad.
- Verringerung der Anzahl der Überfahrten (Arbeitsgänge zusammenlegen bzw. deren Notwendigkeit prüfen, Einhalten angestammter Fahrgassen und Feldwege, GPS-Steuerung)
- Bodenbearbeitung nur bei trockenem Boden und mit richtig eingestellten Bearbeitungsgeräten



- Bearbeitungsintensität verringern (konservierende Bodenbearbeitung, flaches Pflügen)
- Anlegen von Fahrgassen

Erhöhung der Tragfähigkeit des Bodens:

- Anbau von Zwischenfrüchten, Fruchtfolgegestaltung und Verbleib von Ernteresten auf der Fläche (zur Gefügestabilisierung, Förderung des Bodenlebens, Erhöhung des Humusgehalts, Leguminosen binden Luftstickstoff im Boden, Erosions- und Verschlammungsschutz)
- konservierende Bodenbearbeitungsverfahren (z. B. Streifenbodenbearbeitung) einsetzen
- organische anstatt mineralische Düngung (Erhöhung des Humusgehalts und der Bodenfauna)
- optimale pH-Werte gewährleisten (bewirkt besseres Bodengefüge)



Abb. 10: Maßnahmen zur Verminderung von Bodenverdichtungen (strip-tillage, Mulchschicht, Zwischenfrüchte)

Unterbodenlockerung richtig anwenden:

Die Unterbodenlockerung hat sich langfristig als nicht nachhaltig erwiesen. Unter den Bedingungen einer belastungsintensiven Landwirtschaft sind vorbeugende Maßnahmen vorrangig. Unterbodenverdichtungen können nur durch aufwendige mechanische und biologische Reparaturmaßnahmen mit hohem Energieeinsatz langfristig saniert werden. Wenn eine Unterbodenlockerung durchgeführt wird, muss dem Boden Zeit gegeben werden sich wieder zu setzen, da ein zeitnahe Befahren eine stärkere Verdichtung zu Folge haben kann. Zusätzlich sollten tiefwurzelnde Fruchtarten angebaut werden, die in der Lage sind, die entstandenen Hohlräume zu durchwurzeln und so die Wirkung der Bodenlockerung aufrechtzuerhalten.

Bei der Unterbodenlockerung ist zu beachten, dass Bodendenkmale, die häufig nur wenige dm unter der Bodenoberfläche liegen, beschädigt und zerstört werden.



Abb. 11: Unterbodenlockerung in der Fahrspur

Gesetzliche Regelungen

Die Grundsätze zur Vermeidung von Bodenschadverdichtung sind im § 17 BBodSchG aufgeführt und sehen unter anderem vor, dass die Bodenbearbeitung unter Berücksichtigung der Witterung grundsätzlich standortangepasst zu erfolgen hat. Zusätzlich sind die Regeln der guten fachliche Praxis des § 17 des BBodSchG zu beachten: „Bodenverdichtungen, insbesondere durch Berücksichtigung der Bodenart, Bodenfeuchte und des von den zur landwirtschaftlichen Bodennutzung eingesetzten Geräten verursachten Bodendrucks, sind so weit wie möglich zu vermeiden.“

Fachinformation: BS-12-05	Stand: 04.05.12	Anfragen an: Dr. S. Kastell, Dr. H.-E. Kape	
Zuständige Stelle für landwirtschaftliches Fachrecht und Beratung (LFB)		Tel.: 0381 20307-70, -72	Fax: 0381 20307-45
		Mail: lfb@lms-beratung.de	
LMS Agrarberatung GmbH		Fachinformation im Internet: www.lms-beratung.de // Landwirtschaftliches Fachrecht & Beratung	
Graf-Lippe-Straße 1, 18059 Rostock			