



Bodenfruchtbarkeit erhalten

*Ackerböden vor
Schadverdichtung schützen*



*Breitreifen mindern den Bodendruck,
konservierend bearbeitete Böden bieten
Tragfähigkeit*

Böden bilden die unersetzbare Lebensgrundlage für Menschen, Tiere und Pflanzen. Nachhaltiger Pflanzenbau braucht ein für die Versorgung der Kulturpflanzen funktionsfähiges Bodengefüge und den Einsatz kostensparender, schlagkräftiger Landmaschinen. Diese sind so einzusetzen und technisch weiterzuentwickeln, dass beim Befahren und Bearbeiten der Böden ihre Ertragsfähigkeit erhalten bleibt.



Was ist Bodenverdichtung?

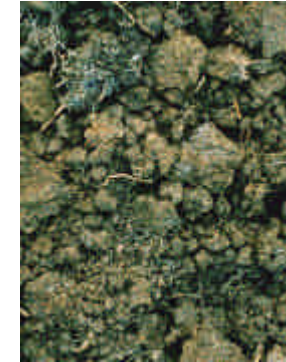
Wird der Ackerboden beim Befahren über seine Eigenstabilität hinaus belastet, so gibt das Bodengefüge dem Druck nach. Bodenpartikel und Bodenaggregate werden soweit zusammengeschoben bis ein Ausgleich mit dem einwirkenden Druck hergestellt ist.

Die räumliche Anordnung der festen mineralischen und organischen Bestandteile des Bodens nennen wir **Bodengefüge**. Sie bestimmt Menge und Form der Hohlräume für Bodenluft, Bodenwasser, Bodenleben und damit die Eignung des Bodens als Pflanzenstandort.

Beim Verdichtungsvorgang nimmt der Feststoffanteil je Volumeneinheit zu, der Porenanteil nimmt ab. Das in den Bodenporen befindliche Wasser fördert diesen Vorgang, weil es als Gleitfilm für die Partikelbewegung wirkt. **Feuchte Böden sind deshalb wesentlich verdichtungsempfindlicher als trockene Böden.**

In bestimmten Grenzen ist Verdichtung tolerabel, zur Herstellung von Bodenschluss im Saatbett sogar erwünscht (Rückverfestigung).

Bodenschadverdichtung liegt vor, 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.



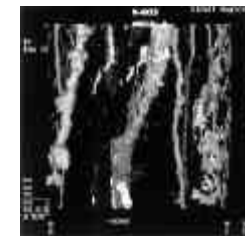
unverdichtet



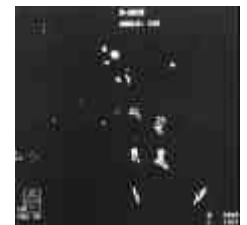
schadverdichtet

Merkmale von schadverdichtetem Bodengefüge

- Das **Gefüge** ist **kompakt, porenarm** und bricht **scharfkantig**.
- Der **Porenraum** für Wasser, Luft, Bodentiere und Pflanzenwurzeln ist **eingeschränkt**.
- Das durch Pflanzenwurzeln und Regenwürmer erzeugte **Leitbahnsystem** im Boden ist **zerstört** nur wenige blasenförmige Hohlräume ohne Zusammenhang bleiben übrig (siehe Computer-Tomografie-Bilder unten).
- Die **Fließbedingungen** für Niederschlagswasser von der Bodenoberfläche in den Unterboden, der **Gasaustausch** zwischen Krume und Unterboden, die **Rottebedingungen** in der Krume und das **Tiefenwachstum** der Pflanzenwurzeln sind **beeinträchtigt**.



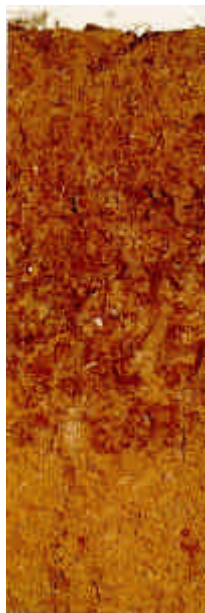
unverdichtet



schadverdichtet

Leitbahnsystem

So sieht ein schadverdichteter Lösslehm Boden im Feld aus:



- 8 — *Intensiv gelockertes, feinaagregiertes **Saatbett***
- *aufgelockerte **Unterkrumen** mit scharfkantigen, porenarmen Aggregaten (Pflugzone)*
- 25 —
- *stark verdichtete **Pflugsohle**, durchwurzelungsfeindlich (verlassene Krume)*
- 35 —
- *stark verdichteter **Unterboden** (Krumenbasis)*
- 45 —
- cm *funktionsfähiger **Unterboden**, ausreichend wasserdurchlässig*

Problemzone: Unterkrumen / Pflugsohle

Fahrten mit hoher Bodenbeanspruchung über nicht tragfähige Böden hinterlassen in der Spur eine zusammengepresste Krume. Nach einer folgenden Pflugfurche bleiben ungünstige Bedingungen häufig bis in das Folgejahr erhalten. Auf einer verdichteten Pflugsohle liegt eine Unterkrumen mit groben, kompakten Aggregaten, in die Erntereste eingepresst sind. Die Folge: Wasserstau, Sauerstoffmangel, ungünstige Rottebedingungen, wurzelfeindliches Milieu.

Problemzone: Unterboden

Risikofaktoren für Schadverdichtungen im Unterboden sind Überfahrten bei feuchten Böden mit hohen Radlasten und mit dem Furchenrad beim Pflügen. Wasserspeichervermögen und Wurzel ausbreitung sind dann beeinträchtigt. Die Sperrschicht zwischen bearbeiteter Ackerkrume und Unterboden begünstigt Oberflächenvernässung und verschlechtert damit wiederum die Befahrbarkeit.



Vorzeitige Abreife des Getreides auf den bei der Bestellung verursachten Verdichtungen in den Fahrspuren

Wie reagiert der Pflanzenertrag auf Bodenverdichtung?

Pflanzenertrag entsteht im Ergebnis des Zusammenwirkens von Standortbedingungen, Witterungsverlauf und Kulturmaßnahmen. In diesen Zusammenhang wirken Bodenschadverdichtungen hinein, indem sie

- Wurzelwachstum und Wasserausnutzung behindern
- Düngungseffizienz herabsetzen
- Befahr- und Bearbeitbarkeit verschlechtern
- Schadorganismen durch veränderte Umweltbedingungen begünstigen
- Boden- und Nährstoffverluste durch Erosion fördern.

Diese Schadfaktoren wirken aber nicht immer in der gleichen Weise:

- In Trockenjahren kommt die erhöhte Vernässungsneigung nicht zum Tragen.
- In Jahren mit pflanzenbedarfsgerechter Niederschlagsverteilung ist die Behinderung der Wasseraus-schöpfung tieferer Bodenschichten nicht ertrags-wirksam.
- Wintergetreide wird wegen der längeren Vegetationszeit besser mit Bodenverdichtungen fertig als Sommergetreide.
- Schadverdichtungen können durch erhöhten Aufwand an Dünger, Bearbeitung und Pflanzenschutzmitteln überdeckt, aber nicht ursächlich beseitigt werden.

Können sich verdichtete Böden selbst „reparieren“?

Auf ein schadverdichtetes Bodengefüge wirken **natürliche Prozesse** ein:

- Durch wiederholtes Quellen und Schrumpfen sowie Gefrieren und Tauen bilden sich immer feiner gegliederte Rissmuster und in der Folge neue Aggregate.
- Regenwürmer und Pflanzenwurzeln „bohren“ Röhren in den Boden und schaffen Luft und Wasserabzugsbahnen.
- Regenwürmer fressen verdichtete humose Bodenaggregate und scheiden lockere, durch Schleim stabilisierte Bodenaggregate aus.

Aber:

- Diese Vorgänge gehen nur langsam vor sich. Sandböden reagieren besonders träge.
- Ihre Wirksamkeit nimmt mit zunehmender Bodentiefe ab.
- Wird der Ackerboden immer wieder stark belastet und verdichtet, beginnt der Prozess wieder bei Null.

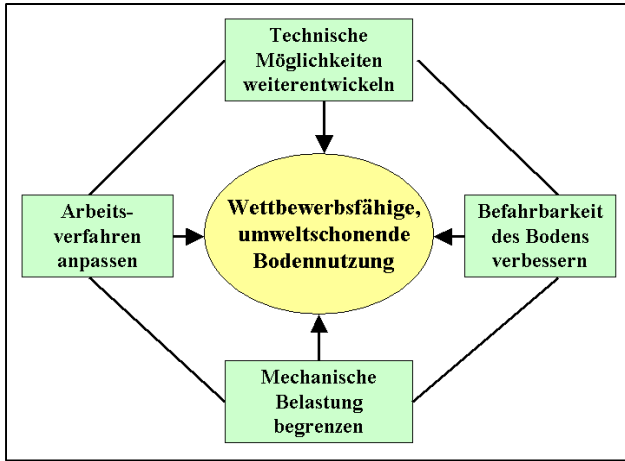
Was leistet die mechanische Auflockerung verdichteter Böden?

Pflügen der Ackerkrume und Lockerung des Unterbodens haben das Ziel, dichtlagernde Bodenzonen aufzubrechen und Durchwurzelbarkeit, Wasseraufnahme und Speicherkapazität sowie Durchlüftung und Entwässerungsvermögen wiederherzustellen.

Aber:

- Alle lockernden Eingriffe in den Boden haben eine negative Nebenwirkung: **Ein aufgebrochenes Gefüge ist verdichtungsempfindlich.** Weil aber in der Regel mechanische Eingriffe in den Boden notwendig sind,
- sollte sich Bodenlockerung immer auf die lockerungsbedürftige und lockerungswürdige Bodenschicht beschränken,
 - sollte Bodenlockerung so schonend wie möglich erfolgen, z.B. bei zerfallsbereiten Böden und möglichst nichtwendend,
 - ist nach einer Unterbodenlockerung der Anbau durchwurzelungsintensiver Früchte und eine Folgebewirtschaftung mit verringerter Druckbelastung unerlässlich.

Nicht die Reparatur, sondern die Vermeidung von Bodenschadverdichtungen ist wirksamer Bodenschutz.



Nach C. Sommer, 1998

Bodenschadverdichtung vermeiden - ein vorsorgendes Konzept

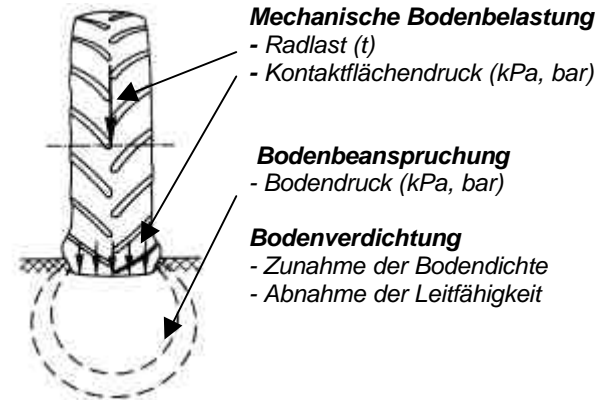
Die notwendige Ausrichtung der Produktionsverfahren auf **Senkung der Stückkosten** wird den Trend zu schlagkräftiger Technik (insbes. selbstfahrende Spezialmaschinen und Schlepper mit hoher Zugkraft) und zu verstärktem Einsatz überbetrieblicher Dienstleistungen weiter vorantreiben.

Dem allgemeinen Bedürfnis nach Erhaltung der Produktions-, Regelungs- und Lebensraumfunktionen der Böden gibt das **Bundesbodenschutzgesetz** Ausdruck. Bodenschutz wird in der Landwirtschaft durch die **gute fachliche Praxis** verwirklicht. Ein Grundsatz guter fachlicher Praxis lautet (§ 17 BBodSchG):

„Bodenverdichtungen sind, insbesondere durch Berücksichtigung der Bodenart, Bodenfeuchtigkeit und des von den zur landwirtschaftlichen Bodennutzung eingesetzten Geräten verursachten Bodendruckes, soweit wie möglich zu vermeiden.“

Wer **bodenschonende Landtechnik in angepassten Arbeitsverfahren auf tragfähigen Böden** einsetzt, kann kostengünstig und zugleich bodenschonend produzieren.

Hier muss der Landwirt, unterstützt durch Fachberatung, aus der Fülle allgemeiner Empfehlungen das betriebs- und feldkonkrete Handlungskonzept zusammenstellen und umsetzen.



Bedeutung grundlegender Begriffe (nach C. Sommer, 1998)

Was kennzeichnet bodenschonende Landtechnik?

Bodenverdichtungen entstehen durch die von den Fahrwerken verursachte Bodenbeanspruchung in Wechselwirkung mit den Bodeneigenschaften, die den Verformungswiderstand des Bodens (Bodenfeuchte!) kennzeichnen.

Kontaktflächendruck und Radlast sind die wesentlichen Fahrwerkskennwerte für die Bodenbeanspruchung:

- Der **Kontaktflächendruck** (kPa) kennzeichnet die je Reifenaufstandsfläche wirkende Gewichtskraft. Bei ausgelasteten, weich einfedernden Radialreifen entspricht er etwa dem **Reifeninnendruck**. Hoher Kontaktflächendruck verursacht große Spurtiefen und kann vor allem das Gefüge des Oberbodens schädigen.
- Die **Radlast** (t) ist die absolute Last je Einzelrad. Bei gleichem Kontaktflächendruck **nimmt die Tiefenwirkung des Belastungsimpulses mit steigender Radlast zu**. Hohe Radlasten können den Unterboden schädigen. Daneben sind auch die Effekte von Schlupf und kurzzeitig wiederholtem Überrollen einer Spur zu beachten.

Der wichtige Beitrag der Landtechnik zur Begrenzung der Verdichtungsgefährdung besteht in der Ausschöpfung aller Möglichkeiten zur **Reduzierung von Radlast und Kontaktflächendruck bzw. Reifeninnendruck**.

Entsprechende Daten in den Prospekten der Maschinenhersteller erleichtern es dem Käufer, Bodenschutzaspekte in seine Kaufentscheidung mit einzubeziehen.



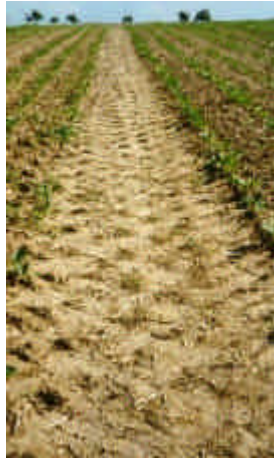
Hohe Schlagkraft – hier bei der Gülledüngung – erfordert bodenschonende technische Lösungen: Leichtbauweise, Niederdruckreifen, versetzte Spuren.

Diese technischen Lösungen senken die Bodenbelastung:

- **Zwillings- und Gitterräder** vergrößern die Kontaktfläche Rad-Boden und senken damit Bodendruck und Triebbradenschlupf.
- **Breit- und Terrareifen** schonen den Boden durch große Aufstandsflächen, niedrigen Reifeninnendruck und weiche Einfederung. Fordern Sie bei überbetrieblichem Einsatz schwerer Technik die Ausrüstung mit Breitreifen!
- **Fahrwerke mit versetzten Achsen oder Dreiradfahrwerke** vermindern die Überrollhäufigkeit, vermeiden Spurbildung und erleichtern die Folgebearbeitung.
- **Allradgetriebene Traktoren** reduzieren durch den verbesserten Kraftschluss den Schlupf und auch die Radlast bei entsprechender Verteilung der Gesamtmasse auf Front- und Hinterachse.
- Mittelfristig werden von der Fahrerkabine bedienbare **Regeleinrichtungen zur Anpassung des Reifeninnendruckes** an den Beladezustand der Fahrzeuge, den Fahrbahnzustand (Feld oder Straße) und die Fahrgeschwindigkeit verfügbar sein.
- **Automatische Lenkhilfen** können das **Fahren neben der Furche beim Pflügen** erleichtern und damit einen Beitrag zur Vermeidung des Furchenraddruckes als Hauptursache von Schlepperradsohlen leisten.



Boden gepflügt
50 cm breiter Reifen



Konservierend bearbeitet
1 m breiter Reifen

Auf Breitreifen ausgelegte Fahrgassen in Verbindung mit Mulchsaat verhindern Spurenbildung und beugen Erosionsschäden vor.

Arbeitsverfahren anpassen und bodenschonend einsetzen

- Hohe Schlagkraft sollte nicht in erster Linie dazu dienen, Arbeitsgänge bei beliebigen Bodenzuständen "durchzuziehen", sondern Zeitspannen ausreichender Befahrbarkeit und Bearbeitbarkeit effektiv auszunutzen. **Ausreichende Abtrocknung abwarten!**
- Die **Kombination von Werkzeugen, Geräten und Arbeitsgängen** bei Bodenbearbeitung, Bestellung und Bestandesführung reduziert die Befahrhäufigkeit.
- **Fahrgassensysteme** begrenzen einen Großteil des Lasteintrages auf Teilbereiche eines Ackerschlages. Um die Schädigung der erhöhten Überrollhäufigkeit zu begrenzen, sind sie so breit anzulegen, dass bodenschonende Reifen eingesetzt werden können.
- **Onland-Pflügen** schont den Unterboden, weil die Kontaktfläche Rad-Boden von der Furchensole an die Bodenoberfläche verlegt ist. **Schlepperrad aus der Furche!**



Dieses von Regenwürmern geschaffene Gefüge braucht keine Lockerung!

Stabiles Gefüge: Natürliche Prozesse fördern!

Aus der Bodenforschung wissen wir: Im Verlauf der natürlichen Gefügebildung, so auch in bearbeitungslosen Ruhephasen des Ackerbodens, baut sich durch physikalische Prozesse und mit Unterstützung des Bodenlebens ein stabiler Gefügeverband auf, der Funktionsfähigkeit mit hoher Tragfähigkeit verbindet. Nur reinen Sandböden fehlt diese Eigenschaft.

Daraus folgt:

Die Bearbeitung der Böden sollte den Ansprüchen der Kulturpflanzen genügen und die natürlichen gefüge- und stabilitätsbildenden Prozesse im Boden unterstützen.

Allerdings:

Weniger intensive Bodenbearbeitung macht die Böden tragfähiger, aber nicht „immun“ gegen beliebigen Lasteintrag!

Maßnahmen zur Verbesserung der Bodentragfähigkeit

- Sowohl bei wendender als auch bei nichtwendender Lockerung sollte die notwendige Bearbeitungstiefe davon abhängen, ob Barrieren, die das Wurzelwachstum behindern, beseitigt werden müssen.
- **Konservierende Bodenbearbeitung** verbessert Stabilität und Tragfähigkeit der Böden. Der Einsatz nichtwendender Lockerungswerkzeuge wie z.B. Parapflug oder Schichtengrubber erhält im Gegensatz zum Pflügen eine tragfähige Krumestruktur. Bodentiere als wichtige Gefügebildner werden geschont, der "Gefügesprung" zwischen Krume und Unterboden wird abgebaut. Abgestorbene Pflanzenreste bieten Nahrungsgrundlage für Regenwürmer und schützen die Bodenoberfläche vor Verkrustung, Verschlämmung und Erosion.
- Auch **Pflügen** kann **gefügeschonend** vorgenommen werden: Onland-Einsatz, Wendung nur so tief wie nötig, nichtwendende Lockerung der Unterkrume durch Zweischichtbearbeitung.
- **Organische Düngung** und eine ausreichende **Kalkversorgung** tragen zur Stabilisierung des Bodengefüges bei.
- Tiefwurzelnde **Zwischenfrüchte** fördern die Ausbildung von Wurzelkanälen und damit die Durchwurzelbarkeit des Bodens ohne mechanischen Eingriff.

Das Thema ist in der Arbeitsgruppe Pflanzenbau entsprechend dem Konstanzer Abkommen (1995) abgestimmt worden.

Weitere Auskünfte erteilen:

Bayern: Ämter für Landwirtschaft und Ernährung
Sachsen: Ämter für Landwirtschaft, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
Thüringen: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft

Herausgeber:

- Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, Vöttinger Straße 38, 85354 Freising, Tel. (08161) 71-3600 Internet: <http://www.lbp.bayern.de>
- Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft August-Böckstiegel-Straße 1, 01326 Dresden, Tel. (0351) 2612-0
- Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft Naumburger Straße 98, 07743 Jena, Tel. (03641) 683-0 Internet: <http://www.tll.de>

Text: D. Werner, R. Brandhuber, W. Schmidt, P. Gullich, H. Stahl
Bildnachweis: Archive LBP, TLL, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, FAM-Versuchsstation Scheyern, HORSCH Maschinen GmbH
Redaktion: Sachgebiet Information, Ausbildung, Dokumentation; Tel: 08161/713621
1. Auflage 2000