

# Themenblatt

## Bodenverdichtung: Wenig Druck dem Boden zuliebe

Bodenverdichtungen zu vermeiden ist für den Biobetrieb eine besonders wichtige Aufgabe. Pflanzenwurzeln und Bodenlebewesen sollen den Bodenraum uneingeschränkt erschließen und nutzen können. Dazu ist eine gute Bodenstruktur wichtig. Sie hat entscheidenden Einfluss auf die Bodenfruchtbarkeit. Die Erfahrung zeigt, dass benachbarte Felder zweier Betriebe mit vergleichbarer Fruchtfolge ein recht unterschiedliches Bodengefüge aufweisen können. Bei dem einen ist die Bodenstruktur in gutem Zustand, bei dem anderen verbesserungswürdig. Der Unterschied liegt zumeist darin, wie der Betriebsleiter seine Böden behandelt, vor allem wann er sie bestellt und befährt.

### Was ist Bodenverdichtung und wie entsteht sie?



Bild 1: Poröses Gefüge in der Krume und verdichteter Unterboden (© LfL, Bild: ILT1a)

Bodenverdichtung bedeutet: Einengung oder gar Zerstörung der Versorgungsleitungen, die Sauerstoff in den Boden leiten und Wasserdränung gewährleisten.

Kurz gesagt: Bodenverdichtungen (Bild 1) entstehen, wenn **zu feuchte Böden** befahren werden und wenn die vom Fahrzeug verursachten **Bodendrucke zu hoch** sind.

Was aber passiert genau? Beim Befahren der Böden müssen Gewichts- und Antriebskräfte im Boden abgestützt werden. Die Kräfte werden über die Kontaktfläche Rad-Boden in den Boden eingeleitet und wirken dort als Bodendruck. Die notwendige Gegenkraft stellen im Boden die Reibungsspannung der Kontaktpunkte zwischen den Bodenpartikeln

und auch die Wasserspannung im Bodenwasser zwischen den Partikeln dar. Während des Belastungsimpulses stellen auch Wasser und Luft, die in der kurzen Zeit nicht aus den Poren gedrückt werden, Gegenkraft zur Verfügung. Wo nicht genügend Gegenkraft mobilisiert werden kann, wird

der Boden verformt. Der Boden erwirbt dann eine höhere Tragfähigkeit, die aber mit dem Verlust von luftführenden und wasserleitenden Grobporen verbunden ist. Ob es zu einer Verformung kommt und wo diese stattfindet, das hängt von Ausmaß und Art der Belastung durch das Fahrzeug sowie von der Tragfähigkeit des Bodens ab (Tabelle 1).

Tabelle 1: Einflussfaktoren auf die Bodenverdichtung

	Faktoren	Auswirkung
<b>Fahrzeug (=Bodenbelastung)</b>	Reifeninnendruck bzw. Aufstandsfläche	→ Eingangsdruck in den Boden
	Radlast	→ Tiefenwirkung
	Überrollhäufigkeit	→ erreichte Verfestigung
	Schlupf	→ Verschmieren der Kontaktfläche Reifen-Boden
<b>Boden (=Tragfähigkeit)</b>	Bodenfeuchte (Witterung, Kultur)	→ Bodenfestigkeit, Tragfähigkeit
	Bodenart, Bodentyp	
	Bodenbearbeitung	

## Einfluss der Bodenfeuchte



Bild 2: Verformungen beim Befahren eines Lehmbodens in kritisch feuchtem Zustand (© LfL, Bild: ILT1a)

Die Bodenfeuchte hat den dominierenden Einfluss auf die Tragfähigkeit der Böden. Wasser im Boden wirkt als Gleitmittel bei der Verformung, der Reibungswiderstand sinkt mit zunehmender Feuchte, das heißt, die Bodenstruktur trägt nicht mehr. Die Bodenfeuchte wird nicht nur durch die Niederschläge bestimmt, sondern auch durch den Wasserverbrauch der Kulturpflanzen.

Modifizierend wirkt die **Bodenart**. Nach der gleichen Menge Niederschlag ist ein Sandboden noch befahrbar, ein Tonboden nicht mehr (siehe unten).

## Einfluss der Bearbeitungstiefe und -intensität

Mit sinkender Bearbeitungstiefe- und intensität steigt die Tragfähigkeit der Böden. Natürliche Gefügebildung schafft ein durchgehendes Porensystem bei vergleichsweise kompakter Lagerung. Regenwürmer spielen dabei eine wichtige Rolle. Ihre Aktivität wird mit Pflanzenmaterial an der Bodenoberfläche gefördert und sorgt für ein ausreichendes Dränvermögen der Böden. Um Verdichtungen unterhalb der Bearbeitungstiefe zu vermeiden, muss trotzdem auf bodenschonendes Befahren (geringe Radlasten) Wert gelegt werden.

## Einfluss der Kontaktfläche

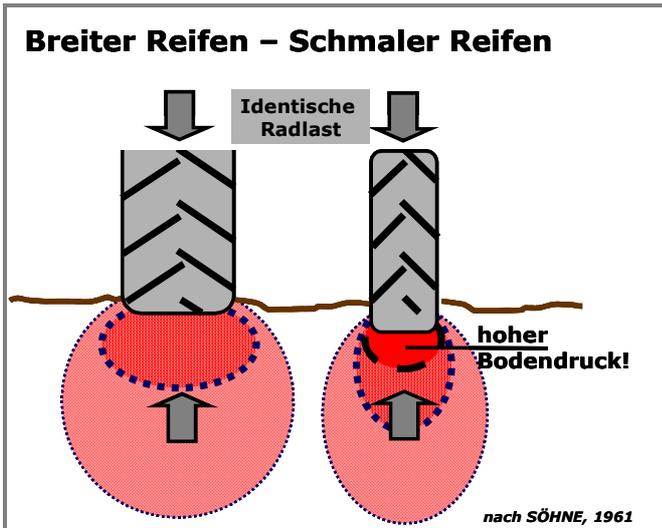


Bild 3: Breiterer Reifen → geringerer Bodendruck  
schmäler Reifen → höherer Bodendruck!

Je größer die Kontaktfläche zwischen Reifen und Boden, desto kleiner ist der Kontaktflächendruck und desto geringer ist die Bodenbeanspruchung (Bild 3). Mit der Wahl eines optimalen Reifens und der Einstellung des niedrigst möglichen Reifeninnendrucks kann der Landwirt die Reifenaufstandsfläche maximieren und die Bodenbelastung wirksam vermindern. Als Faustregel gilt: Der Bodendruck in 10 cm Bodentiefe entspricht in etwa dem Reifeninnendruck.

## Einfluss der Radlast

Der Kontaktflächendruck und die Tiefenwirkung der Bodenbeanspruchung nehmen mit steigender Radlast zu (Bild 4). Ein Fahrzeug mit niedriger Radlast ist – bei optimaler Bereifung – also immer die bodenschonendere Alternative.

Nehmen Radlast und Aufstandsfläche in gleichem Verhältnis zu, dann bleibt der Kontaktflächendruck zwar gleich, aber es wird ein größeres Bodenvolumen mechanisch beansprucht und die Tiefenwirkung des Bodendruckes nimmt zu (Bild 5). Eine erhöhte Beanspruchung des Unterbodens ist die Folge.

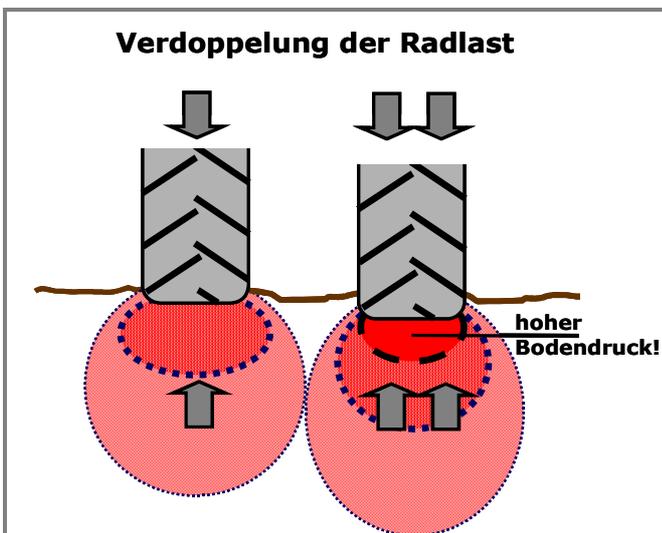


Bild 4: Doppelte Radlast bei gleicher Aufstandsfläche  
→ höherer Bodendruck, größere Tiefenwirkung

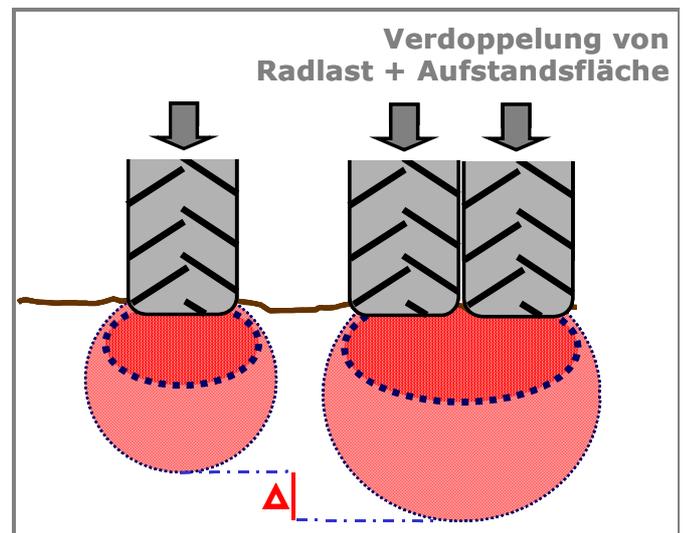


Bild 5: Doppelte Radlast und verdoppelte Aufstandsfläche  
→ größere Tiefenwirkung trotz gleichem Kontaktflächendruck!

Erst eine überproportional vergrößerte Aufstandsfläche kann vermeiden, dass im Unterboden höhere Drücke als bisher wirken. Diese bodenmechanische Gesetzmäßigkeit ist die Begründung der Besorgnis, dass schwere landwirtschaftliche Fahrzeuge die Unterböden verdichten können.

## Welche Böden lassen sich verdichten?

---

Jeder Boden lässt sich verdichten – egal ob Sand- oder Tonboden. Werden Tonböden zu nass befahren, sind Luftführung und Dränung sofort stark beeinträchtigt, die Kulturen auf den schweren Böden zeigen Verdichtung deshalb am deutlichsten. Die fruchtbaren Lösslehmböden in den Gäu- und Bördegebieten verzeihen mehr Fehler, so die landläufige Meinung. Aber auch auf diesen Böden verursachen Bodenverdichtungen Ertragseinbußen, sie werden aber meist nur in Jahren mit extremer Witterung wahrgenommen. Sandböden sollte man nicht als problemlos und jederzeit befahrbar bewerten. Schon geringe Feinanteile erhöhen ihre Verdichtungsempfindlichkeit.

## Welche Auswirkungen haben Schadverdichtungen?

---

Bodenverdichtungen beeinträchtigen das Pflanzenwachstum, erhöhen den Dieserverbrauch bei der Bodenbearbeitung und wirken sich negativ auf die Erosionsanfälligkeit von Böden aus.

Eine gute Bodenstruktur bis in den Unterboden ist eine der Voraussetzungen, um am Standort das Ertragsoptimum erzielen zu können. Abhängig von der Bodenart erstrecken sich die Wurzeln vieler Kulturarten bis in eine Tiefe von 100 cm und mehr. Liegt jedoch eine Verdichtung unterhalb der Krume („Pflugsohle“) vor, so können die Wurzeln oft nicht bis in den Unterboden vordringen und somit das Wasser- und Nährstoffpotenzial nicht komplett ausnutzen. Wachstumsdepressionen und Ertragseinbußen sind die Folge. Je kompakter ein Boden lagert, desto schlechter ist außerdem der Wasser- und Gastransport. Besonders im Frühjahr und bei Starkregen kommt es darauf an, dass überschüssiges Wasser rasch im Boden versickert und nicht oberflächlich abgeleitet wird. Dann erwärmt sich die Krume im Frühjahr schneller und die Stickstoffmineralisierung kommt in Gang, Erosion wird vermieden und die Niederschläge füllen den Bodenspeicher in tieferen Schichten. Zusätzlich verursacht in der Unterkrume vergrabenes Stroh bei Wasserstau Zonen mit reduzierenden Verhältnissen, die von den Pflanzenwurzeln gemieden werden.

## Welche Vorsorgemaßnahmen kann man ergreifen?

---

Wer das Potenzial seines Bodens, ein gutes Gefüge auszubilden, ausschöpfen will, muss das wichtigste Gebot dazu beherzigen: Nasse Böden nicht befahren! Mit zunehmendem Wassergehalt nimmt die Tragfähigkeit eines jeden Bodens stark ab. Warten auf bessere Befahrbarkeit ist das wirksamste Mittel zum Bodengefügeschutz!

### Moderne Reifentechnologien nutzen

Moderne Landwirtschaftsreifen – Radialreifen - besitzen ein großes Potenzial zum bodenschonenden Befahren von Acker und Grünland. Als Antriebsreifen von Traktoren sind sie darüber hinaus in der Lage, die Motorleistung effizient in Zugkraft umzusetzen. Richtig eingesetzt, also mit angepasstem Reifendruck, verfügen sie durch ihre Flexibilität über eine große Aufstandsfläche und ermöglichen geringe Kontaktflächendrücke. Die Entwicklung moderner Ackerschlepperreifen wird von den Herstellern mit großem Aufwand vorangetrieben. Veränderte Gummimischungen, neue Aufbauten und Konzepte mit größerem Luftvolumen erlauben es mit immer niedrigeren Reifendrücken zu arbeiten. Wichtig ist aber auch bei den übrigen Landmaschinen bodenschonende Bereifung einzusetzen, auch bei Anhängern. LKW- Hochdruckreifen gehören nicht auf den Acker oder das Grünland!

## Luftdruck anpassen



Bild 3: Auf Feldfahrt angepasster Reifeninnendruck: vergrößerte Aufstandsfläche – niedriger Kontaktflächendruck (© LfL, Bild: ILT1a)

Reifedrucktabelle entnommen werden (siehe Links).

Mit Hilfe von Luftdruckverstellanlagen kann eine Veränderung bequem vom Schleppersitz aus vorgenommen werden. Ansonsten gibt es Airbooster-Sets, die mit der Druckluftanlage am Schlepper arbeiten, zum schnellen Einstellen des Reifendrucks vor Ort (siehe Links).

## Die Last auf möglichst breite und viele Schultern verteilen!



Bild 4: Bodenschonung durch großvolumige Bereifung, angepassten Reifeninnendruck, Fahren auf dem noch nicht gelockerten, tragfähigen Boden und aufgesatteltem Drehpflug (© Lemken)

Für die Anpassung ist es erforderlich, die Radlasten zu kennen. Diese vom Traktor und Gerätegewicht abzuleiten ist zumeist nicht möglich, da bei dreipunktangebauten Geräten der Abstand des Geräteschwerpunktes zum Traktor und die Entlastung der Vorderachse eine zusätzliche Hinterachsbelastung bewirken. Um hier mit dem richtigen Gewicht kalkulieren zu können, ist es unumgänglich die Radlasten auf einer Fahrwerkswaage festzustellen. Dabei müssen die Vorratsbehälter von Drillmaschinen, Düngerstreuern und Spritzen gefüllt sein. Die niedrigst möglichen Reifeninnendrucke bei der ermittelten Radlast für Feldfahrten (10 km/h) und Straßenfahrten (30 bis 50 km/h) können aus der für den Reifen entsprechenden

Müssen hohe Gesamtlasten abgestützt werden, sollten bevorzugt Fahrwerke eingesetzt werden, die sehr große Aufstandsflächen ermöglichen. Zwillingsräder verteilen die Last auf zusätzliche Räder, der Reifenluftdruck kann abgesenkt werden. Durch die Überbreite sind sie jedoch meist nur bei arrondierten Hoflagen sinnvoll einzusetzen.

Der bei großen Gerätebreiten übliche Einsatz von aufgesattelten anstelle von dreipunktangebauten Geräten reduziert die Radlast vor allem an der Traktorhinterachse. Zunehmend stehen auch aufgesattelte Geräte mit Arbeitsbreiten von 3 und 4 Metern zur Verfügung (z.B. Grubber, Universaldrillmaschinen, Kartoffellegegeräte).

## Zwischenfruchtanbau

Pflanzen leeren in ihrer Hauptwachstumsphase den Wasserspeicher bis in tiefere Bodenschichten. Zur Getreideernte sind die Böden deshalb im Unterboden in vielen Jahren relativ trocken und tragfähig. Bei höheren Sommerniederschlägen schöpfen Zwischenfrüchte nach früh räumenden Kulturen den Bodenwasserspeicher aus. Das Einarbeiten im Herbst erfolgt dann auf tragfähigem Unterboden. Wer einen Spatenstich Boden aus einem Zwischenfruchtbestand nach Getreide und einem

benachbarten Stoppelfeld vergleicht, bemerkt den Unterschied: Der Boden auf dem Stoppelfeld ist bis in tiefere Bodenschichten feucht und bei Pflugarbeit im Oktober verdichtungsempfindlich. Der Bodenwasserspeicher wird in den meisten Regionen Deutschlands im Winter wieder aufgefüllt.

## Weiterführende Links

---

Links zu verschiedenen Reifenfüll- und Entleer-Sets sowie den Reifendrucktabellen einiger Reifenhersteller finden Sie online unter <http://bodenfruchtbarkeit.org/170.html>.

## Impressum

---

Autoren: Dr. Robert Brandhuber, Dr. Markus Demmel und Melanie Wild (alle LfL)

Durchsicht und Redaktion: Klaus-Peter Wilbois, Ann-Kathrin Spiegel, Marion Morgner (alle FiBL Deutschland e.V.)

Die Publikation ist im Rahmen des Projektes "Steigerung der Wertschöpfung ökologisch angebaute Marktrüchte durch Optimierung des Managements der Bodenfruchtbarkeit" (Antragnr. 06OE186) entstanden, das durch das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz im Rahmen des Bundesprogramms ökologischer Landbau gefördert wird