

### 1.3 Verdichtung

*Prof. Dr. Thomas Weyer, Fachhochschule Südwestfalen,  
Fachbereich Agrarwirtschaft*

Kostensenkungen und Produktivitätssteigerungen kennzeichnen den Strukturwandel in der Landwirtschaft in gleichem Maße wie stetig wachsende Betriebe. Diese Entwicklungen führen auch zukünftig zum Einsatz immer leistungsstärkerer und gleichzeitig schwererer Maschinen und Geräte. Damit verbunden sind erhöhte Radlasten, die eine stärkere Belastung des Bodens verursachen, der Druck auf den Boden nimmt zu. Heute werden mit schlagkräftigen Erntemaschinen (z. B. Mähdrescher, Zuckerrübenvollernter) die Gesamtlasten von 50 t bzw. die Radlasten von 10 t bei ausgeschöpften Bunkerkapazitäten häufig überschritten.

Die veränderten Produktionsverfahren in der Landwirtschaft geben Anlass zur Sorge, dass durch unsachgemäßen Technikeinsatz nachhaltige Schäden durch Bodenschadverdichtungen hervorgerufen werden.

Der Gesetzgeber hat mit dem Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG 1998) rechtliche Regelungen sowohl zur Vorsorge gegen das Entstehen schädlicher Bodenveränderungen als auch zur Abwehr von Gefahren aus schädlichen Bodenveränderungen geschaffen. Im Sinne des vorsorgenden Bodenschutzes fordert das BBodSchG eine nachhaltige Sicherung der natürlichen Funktionen des Bodens als Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen. Nach § 17 Abs. 2 BBodSchG sind „Bodenverdichtungen, insbesondere durch Berücksichtigung der Bodenart, Bodenfeuchte und des von den zur landwirtschaftlichen Bodennutzung eingesetzten Geräten verursachten Bodendrucks, soweit wie möglich zu vermeiden“.

Ganz im Zentrum der Aufmerksamkeit steht das Bodengefüge, früher vielfach auch Bodenstruktur genannt. Welche Möglichkeiten können Landwirte nutzen, die Tragfähigkeit der Böden zu steigern, eine günstige Gefügeentwicklung produktionstechnisch zu unterstützen sowie technische Möglichkeiten zu wählen, um Böden schonend bearbeiten und befahren zu können?

#### 1.3.1 Lagebestimmung: Schadverdichtet oder nur dicht?

Die Dichte eines gepflügten, stark gelockerten Bodens nimmt auch innerhalb des Jahresverlaufes zu: Je länger die Lockerungsmaßnahme verstrichen ist, umso fester bzw. dichter lagern diese Böden. Was aber unterscheidet einen dichten von einem schadverdichteten Boden?

Bodenverdichtung ist zunächst nur die Erhöhung der Masse pro Volumeneinheit ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) und bedeutet gleichzeitig die Verminderung des Porenvolumens bis zu einem Wert, welcher den Boden in seinen Funktionen unbeschadet er-

hält (Tab. 1.3.1.1). Wird der Boden über seine Belastbarkeit hinaus weiterverdichtet, so entstehen Bodenschäden im Sinne des Bundesbodenschutzgesetzes (BBodSchG), die Bodenfunktionen sind gestört.

Was ist Bodenverdichtung?

Tabelle 1.3.1.1

- Erhöhung der Masse pro Volumen ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )
- Verminderung des Porenvolumens

Bei Bodenschadverdichtungen (Tab. 1.3.1.2) handelt es sich um eindeutig bewirtschaftungsbedingte Beschädigungen des Bodengefüges mit negativen Auswirkungen auf die Bodenfunktionen.

Was ist eine Bodenschadverdichtung?

Tabelle 1.3.1.2

**Unter Bodenschadverdichtung** versteht man die **bewirtschaftungsbedingte Beschädigung des Bodengefüges**, welche zeitweilig oder dauerhaft

- **die Regulationsfunktion**  
(Puffer, Speicher und Leiter für Wasser, Sauerstoff, Nähr- und Schadstoffe),
- **die Lebensraumfunktion**  
(Mikroorganismen und Bodentiere) und dadurch schließlich auch
- **die Produktionsfunktion**  
(landwirtschaftliche Nutzung, Ertrag, Kosten)  
des Bodens negativ beeinträchtigt.

## 1.3.2 Ursachen, Auswirkungen und Ausmaß von Bodenverdichtungen

### Ursachen

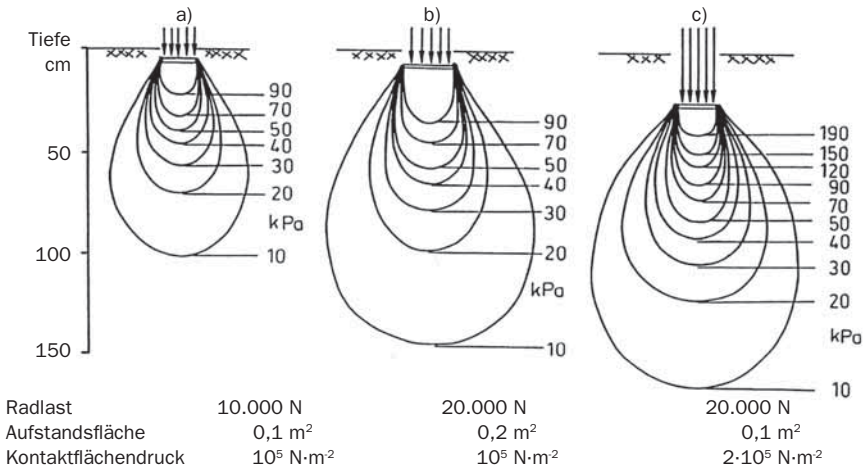
Bewirtschaftungsbedingte Bodenschadverdichtungen entstehen bei Bearbeitung oder Befahrung von Böden, welche zum Zeitpunkt des Maschineneinsatzes durch zu hohe Wassergehalte gekennzeichnet sind. Als auslösende Faktoren gelten allgemein die drei Größen:

- *Radlast*
- *Kontaktflächendruck*
- *Überrollhäufigkeit.*

Bei hoher Belastung setzt sich der Druck bis in den Unterboden fort, bei entsprechend hoher Radlast finden sich noch in 1 m Tiefe Drücke von 20 bis 30 kPa (Abb. 1.3.2.1: b, c).

Abbildung 1.3.2.1

Linien gleichen Bodendrucks in drei Fahrspuren unterschiedlichen Kontaktflächendrucks (Quelle: Bolling + Söhne, 1982)



Die Beanspruchung des Bodens steigt dabei mit zunehmender Überrollhäufigkeit an.

Den äußeren Faktoren der Bodenbelastung stellt der Boden eigene Faktoren der mechanischen Belastbarkeit entgegen. Diese bodeninternen Faktoren sind:

- Bodenart
- Aggregatstabilität
- Humusgehalt
- Lagerungsdichte
- Gefügestärke
- Porengrößenverteilung
- Nährstoffgehalt
- Wassergehalt

Übersteigt die Belastung durch Schlepper, Geräte oder Erntefahrzeuge die bodenspezifische Belastbarkeit, wird der Boden geschädigt.

### Auswirkungen

Die Schädigung resultiert hauptsächlich aus der Reduzierung Luft- und wasserleitender Grobporen und deren Kontinuität (Tab. 1.3.2.1), woraus sich eine gestörte Wasser- und Luftleitfähigkeit, ein verringertes Infiltrationsvermögen sowie eine verminderte Luftkapazität ergeben (Abb. 1.3.2.2).

Schadsschwellen für die Luftkapazität und die Wasserleitfähigkeit von Böden

**Tabelle 1.3.2.1**

| Parameter                      | Schadensschwelle |
|--------------------------------|------------------|
| Luftkapazität                  | ≤ 5 Vol.-%       |
| Gesättigte Wasserleitfähigkeit | ≤ 10 cm/Tag      |

Die Verlagerung und Dynamik von Stoffen im Boden werden beeinträchtigt, so dass verstärkte Nährstoffverluste durch Auswaschung und Denitrifikation die Folge sein können. Daneben hemmen Bodenschadverdichtungen aufgrund des Sauerstoffmangels die biologische Aktivität. Die Lebensmöglichkeiten der Mikroorganismen werden negativ beeinflusst, aerobe Zersetzungs-, Ab- und Umbauprozesse vermindert. Weiterhin bedingen schädliche Bodenverdichtungen ein eingeschränktes Wurzelwachstum verbunden mit negativen Auswirkungen auf den Pflanzenertrag (Abb. 1.3.2.3).

Verantwortlich hierfür sind zum einen die geringere Durchlüftung des Bodens aufgrund unzureichender Grobporen und zum anderen die negativen Auswirkungen auf den Wasserhaushalt der Böden. Daneben wirken Bodenschadverdichtungen hemmend auf eine optimale Wurzelausbreitung.

Verdichtete Böden verlieren neben ihrer Regulationsfunktion im Naturhaushalt als Puffer, Speicher und Leiter für Wasser und Sauerstoff sowie für Nähr- und Schadstoffe auch ihre Lebensraumfunktion. Die Lebensbedingungen für die Regenwürmer verschlechtern sich, sie leiden dann unter Sauerstoffmangel und Staunässe und wandern in weniger dichtlagernde Bodenbereiche ab. Dies weist exemplarisch auf die Komplexität von Böden und die Kopplung von bodeninternen Transformationsprozessen hin; einseitige und gerichtete Einwirkungen lösen in Böden stets multiple bzw. vernetzte Reaktionen aus (Tab. 1.3.2.2).



**Abbildung 1.3.2.2**

Zuckerrübenenernte unter feuchten Bedingungen, nachhaltig stark verdichtete Böden können das Regenwasser nicht abführen.

**Abbildung 1.3.2.3+4**

Wurzelwachstum stark eingeschränkt. Weisen Böden Schadverdichtungen auf, d. h. Bereiche, in denen der Luftaustausch sowie die Wasserversickerung über das Maß eingeschränkt sind, verringert dies auch den durchwurzelbaren Raum, da die Pflanzenwurzeln diesen Dichtlagerungen ausweichen und sie nicht durchstoßen können. Die Wurzeln wachsen dann nur in den wenigen Zwischenräumen und weder Wasser noch Nährstoffe stehen für die Ertragsbildung zur Verfügung.



Foto: Stahl



Dichte Böden sind aber letztendlich auch eine Kostenbelastung für den landwirtschaftlichen Betrieb, da die Betriebsausgaben sowohl für Dünger und Pflanzenschutz als auch für Meliorationsmaßnahmen stark ansteigen können, wenn Mindererträge durch die schlechteren Wachstumsbedingungen vermieden werden sollen.

**Tabelle 1.3.2.2**

*Bodenverdichtungen wirken sich vielfältig aus*

- Nutzbarer Wasserspeicher zwischen 50 % und 70 % eingeschränkt
- Staunässe in Regenperioden → Wassermangel in Trockenperioden
- Regenwasserversickerung nimmt ab → Erosionsgefahr steigt
- Krankheitsanfälligkeit der Pflanzen nimmt zu → Pflanzenschutzaufwand steigt
- > 70 % Stickstoffverluste durch Denitrifikation möglich → Düngeaufwand steigt

**Mit zunehmender Verdichtung steigt das Risiko negativer ökologischer und ökonomischer Effekte.**

### 1.3.3 Bodengefüge

Das Bodengefüge ist die räumliche Anordnung der festen Bodenbestandteile unter- und zueinander und wird häufig auch als Bodenstruktur bezeichnet. Die Gefügeform beschreibt das Ausmaß und den Typ der Aggregation von Bodenteilchen (siehe Tab. 1.1.1, S. 19). Die Gefügeform steht in enger Wechsel-