

# Ein Konzept zur Vorbeugung von Bodenschadverdichtungen in der pflanzlichen Produktion

Claus Sommer



**Dir. u. Prof. PD Dr.-Ing. habil. Claus Sommer**  
 Studium des Maschinenbaus (Landtechnik, Rechentechnik), Vertiefungsstudium Bodenkunde, Promotion zum Dr.-Ing. an der TU Braunschweig. Habilitation für das Fachgebiet Agrartechnik an der Universität/Gesamthochschule Kassel. Seit 1968 wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode (FAL) in den Instituten Bodenbearbeitung, Biochemie des Bodens sowie Pflanzenbau. Seit 1.8.1992 Leiter des Instituts für Betriebstechnik der FAL.

**Zusammenfassung**

**Bodenverdichtung mit negativen Auswirkungen auf die Bodenfunktionen hinsichtlich bodenphysikalischer Eigenschaften, Pflanzenwachstum und Ertrag (Produktionsfunktion), Filterung, Pufferung und Nährstoffverlagerung (Regelungsfunktion) sowie der Lebensraumfunktion des Bodens ist ein standortspezifisches Problem in der Pflanzenproduktion. Deshalb ist das Problem Bodenschadverdichtung sorgfältig zu definieren und Ursachen, Auswirkungen und Lösungsansätze zu analysieren.**

Vor dem Hintergrund der Zielsetzung heutiger Landwirtschaft, nämlich wettbewerbsfähig und umweltverträglich zu sein, wird ein Konzept für bodenschonendes Befahren vorgeschlagen. Vier Bausteine sind die Grundlage: Weiterentwicklung technischer Möglichkeiten, Anpassung von Arbeitsverfahren, Verbesserung der Befahrbarkeit des Bodens und Begrenzung der mechanischen Belastung.

◆ **Schlüsselwörter:** Bodenverdichtung, Bodenfunktionen, wettbewerbsfähige Landwirtschaft

**Summary**

**Soil compaction in crop production with negative effects on soil functions regarding soil physical properties, plant growth and crop yield, the soil as a buffer, filter and transformer, and behaviour of soil animals as well, is a site-specific problem on arable land. Therefore, the soil compaction problem has to be defined carefully and causes, consequences and solutions have to be analysed.**

Regarding the aim of today's crop production: to be profitable and sustainable, a concept to prevent soil compaction is proposed. It consists of four constituents: Further development of technical possibilities, adaptation of production methods, improvement of soil trafficability and limiting of mechanical loading.

◆ **Keywords:** Soil compaction, soil functions, competitive crop production

**1. Einleitung**

Im Vordergrund der Landwirtschaft steht die Erzeugung qualitativ hochwertiger Nahrungs- und Futtermittel zu angemessenen Preisen sowie wirtschaftlich verwertbarer Rohstoffe. Ziel der hierzu eingesetzten Produktionsverfahren des Pflanzenbaus ist, mit möglichst geringem Energie- und Kostenaufwand einen hohen Ertrag bei guter Produktqualität zu realisieren. Dabei sieht sich der Landwirt zunehmenden Schwierigkeiten ausgesetzt:

Einerseits zwingt das ungünstiger werdende Verhältnis zwischen Eingabe (technische, chemische und biologische Produktionsmittel, Energie und Information) und Ausgabe (Produkt, Produktqualität und

Nebenprodukte) zur Nutzung aller Rationalisierungsmöglichkeiten bei den Produktionsverfahren.

Andererseits rückt die Forderung stärker in den Vordergrund, die nachhaltige Beeinträchtigung der Funktionen des betroffenen und benachbarter Ökosysteme zu mindern bzw. dieser vorzubeugen. So wird im Entwurf zum Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG-E) die landwirtschaftliche Bodennutzung mit der „guten fachlichen Praxis“ angesprochen. Demnach ist Ziel der guten fachlichen Praxis „die nachhaltige Sicherung der Bodenfruchtbarkeit und Leistungsfähigkeit des Bodens als natürliche Ressource“. Hinsichtlich dieser Zielsetzung ist einer der Problembereiche in der pflanzlichen Produktion die Bodenschadverdichtung [1], der vorbeugend entgegenzuwirken ist.

Vor diesem Hintergrund wird im folgenden der Problembereich Bodenverdichtung in der pflanzlichen Produktion definiert und zusammenfassend analysiert. Aus der Analyse wird ein Konzept für bodenschonendes Befahren abgeleitet.

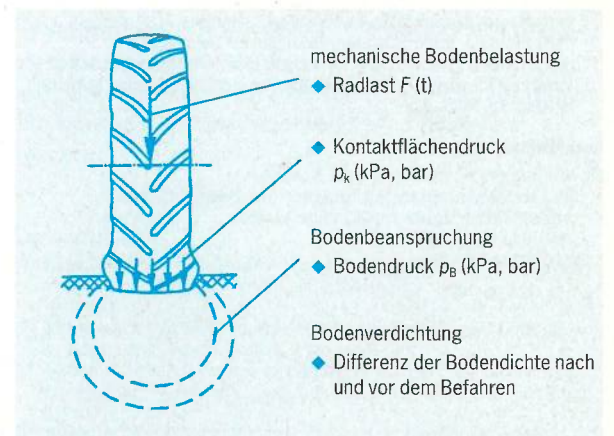
**2. Problemstellung und Definitionen**

Mit der Leistungssteigerung in den vergangenen Jahrzehnten haben Fahrzeugmassen von Zugmaschinen, Lade- und Tankwagen, Anhängern sowie Mähdrechern und selbstfahrenden Rodern zugenommen [2]. Diese „schlagkräftige“ Technik ermöglicht ihren Einsatz zum optimalen Arbeitszeitpunkt sowie die Reduzierung des Spuranteils infolge größerer Arbeitsbreite. Sie kann jedoch auch – etwa bei der Ernte unter feuchten Bodenbedingungen – das Bodengefüge stärker belasten. Es besteht dann die Gefahr, daß der Boden bis in größere Tiefen verdichtet wird.

Bodenverdichtung wird als die Zunahme der Bodendichte ( $g/cm^3$ ) bzw. die entsprechende Abnahme des Porenvolumens (Vol.-%) definiert. Sie kann durch die Einlagerung fester Stoffe, durch Sackung infolge des Eigengewichtes oder durch anthropogene Einflüsse entstehen. Durch Befahren entstandene Bodenverdichtungen stellen ein zunehmendes Problem in der pflanzlichen Produktion dar [1]. Voraussetzung für eine Problemanalyse sowie für die Ableitung von Pro-

Abbildung 1: Belastung, Beanspruchung und Verdichtung des Bodens [3]

Figure 1: Soil loading, soil pressure and soil compaction [3]



blemlösungen ist zunächst die strikte Unterscheidung zwischen der mechanischen Belastung, der Beanspruchung und der Verdichtung des Bodens (Abb. 1).

Die Belastung wird mit der Radlast in t und/oder mit dem Kontaktflächendruck in der Berührungsfläche Laufwerk/Boden in kPa (100 kPa = 1 bar) angegeben. Die Folgen einer Belastung sind während des Befahrens mechanische Spannungen im Boden – die Bodenbeanspruchung [4].

Wenn die Bodenbeanspruchung den mobilisierbaren Widerstand des Bodengefüges übersteigt, ist die Folge eine Abnahme des Porenvolumens (Abb. 2). Das Ausmaß hängt von einer Reihe von Bodenparametern ab [5]. Je tragfähiger (dicht, trocken) der Boden während des Befahrens ist, um so geringer sind die Folgen einer Druckbeanspruchung.

Wenn ein „minimaler“ Wert für zulässiges – mit Blick auf Pflanzenwachstum und Ertrag – Porenvolumen (z. B. 40 Vol.-% in Abb. 2) vorzugeben wäre, ließe die Verdichtungskurve theoretisch den maximal zulässigen Bodendruck (270 kPa in Abb. 2) abgreifen. Abgesehen davon, daß Ergebnisse aus Laborversuchen nicht direkt auf die Verhältnisse im Feld zu übertragen sind, ist das Porenvolumen/die Bodendichte jedoch nur ein grober Bewertungsparameter [6]. Mit ihm sind die Ansprüche der Pflanze an den physikalischen Bodenzustand nicht ausreichend zu beschreiben, zumal er nur indirekten Einfluß nimmt. Entscheidender sind die direkten Einflußgrößen (Bodenwassergehalt, Luft, Wärme, mechanischer Widerstand), welche im Bodenprofil räumlich und zeitlich variieren. Deshalb muß der aktuelle Bodenzustand zum Zeitpunkt des Befahrens Basis zur Lösung des Problems Schadverdichtung in der pflanzlichen Produktion sein.

### 3. Zur Analyse des Problembereichs Bodenverdichtung

Das Problem Bodenverdichtung kann heute nicht als gelöst dargestellt werden. Dies liegt insbesondere an den sehr komplexen Systemen „Fahrzeug-Boden“ und „Boden-Pflanze“, in deren Zentrum der Boden mit seinen unterschiedlichen physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften steht. Die Komplexität erschwert die Aufklärung der direkten Beziehungen zwischen der Wirkung, die von einem Laufwerk auf den Boden ausgeübt wird, und den Auswirkungen auf die Bodenfunktionen. Unter dem Blickwinkel pflanzenbaulicher Produktionsverfahren wirkt sich Bodenverdichtung auf bodenphysikalische Kennwerte sowie die Produktions-, Regelungs- und Lebensraumfunktion aus. Ausführliche Darlegungen finden sich in [1].

#### 3.1 Verdichtungsempfindlichkeit des Ackerbodens

In der Literatur des Bauingenieurs ist von der „Zusammendrückbarkeit“ bzw. „Verdichtbarkeit“ eines Bodens die Rede. Damit wird auf die Abhängigkeit zwischen der Bodendichte und der aufgetragenen Belastung hingewiesen. Für die „maximale Verdichtbarkeit“ ist die Bodenfeuchte von ausschlaggebender Bedeutung, weshalb für den Straßenbau der „optimale Wassergehalt“ mit Hilfe des Proctorversuchs ermittelt wird.

In der Landwirtschaft dient der Ackerboden dem Pflanzenwachstum und als Fahrbahn für Maschinen

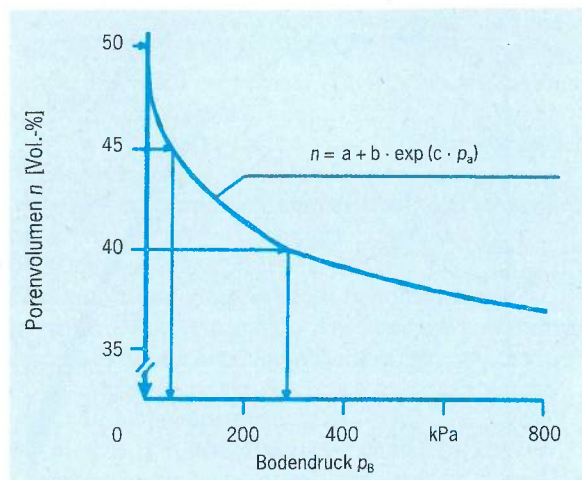


Abbildung 2:  
Die Verdichtungskurve eines Bodens [6]

Figure 2:  
Soil compaction curve [6]

und Geräte. Dementsprechend steht die „Verdichtungsempfindlichkeit“ eines Bodens im Vordergrund [7]. Die Empfindlichkeit gegenüber einer Beanspruchung ist mit einer Reihe von bodenphysikalischen Parametern und Zielfunktionen zu ermitteln. Labor- und Feldmethoden werden angewandt, um etwa die Zunahme der Bodendichte bzw. die Abnahme des Porenvolumens, die Verschlechterung der Wasser- und Luftleitfähigkeit sowie die Porengrößenverteilung infolge eines Befahrens festzustellen. Häufig werden vier Zielfunktionen untersucht: die Druck-Setzungs- oder Verdichtungskurve (s. Abb. 2), die Zeit-Zusammendrückungs-Kurve, die Wasser-(Saug-)Spannungskurve und die Abhängigkeit zwischen dem Wasserdurchlässigkeitsbeiwert und der Porenziffer.

Zur Auswertung der Ergebnisse stehen theoretische, halbempirische oder empirische Ansätze zur Verfügung, um die Meßwerte mit Hilfe von statistischen Methoden darstellen zu können [6, 1]. Diese sollen den Überblick über das Verhalten von Böden unter mechanischer Belastung erleichtern, den Vergleich verschiedener Böden hinsichtlich ihrer Verdichtungsempfindlichkeit ermöglichen und den Zugang zur Deutung von Konstanten der herangezogenen Gesetzmäßigkeiten eröffnen. Mikromorphologische Untersuchungen helfen, die Ergebnisse zu interpretieren [8].

Zur Abschätzung der „mechanischen Belastbarkeit“ von Böden beruht ein von Horn [9] entwickeltes Verfahren auf dem Zusammenhang zwischen der Vorbelastung und ableitbaren bodenphysikalischen Kennwerten. Die Vorbelastung (in kPa) ist dem halblogarithmischen Druck-Setzungs-Diagramm zu entnehmen. Sie stellt die maximale Belastung dar, bis zu der keine weitere Zunahme der Bodendichte erfolgt. Die ackerbauliche Nutzung dieses Verfahrens setzt jedoch voraus, daß mit der Vorbelastung nicht schon ein oberer „ökologischer Grenzwert“ überschritten worden ist. Nur dann ist diese bodenmechanische Methode zur Beurteilung der Belastbarkeit eines Ackerbodens im Sinne der guten fachlichen Praxis geeignet.

#### 3.2 Produktionsfunktion des Bodens

Bereits im Hinblick auf die Produktionsfunktion des Bodens ist es nicht leicht, eine Schadverdichtung [11] zu definieren. Aus dem grundsätzlichen Zusammen-

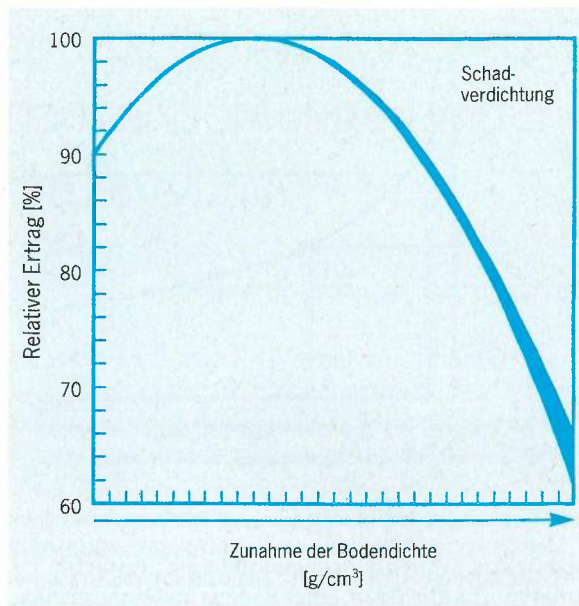


Abbildung 3:  
Beziehung zwischen  
Pflanzenertrag und  
Bodendichte für eine  
Bodenart und  
-feuchte [10]

Figure 3:  
Relation between  
crop yield and soil  
density for one soil  
type and soil moi-  
sture [10]

hang zwischen dem relativen Pflanzenertrag und der Bodendichte ist allerdings zu schließen, daß zunehmende Bodendichte am rechten Ast der Parabel zu Schadverdichtungen führt, da erhebliche Ertragsminderungen die Folge sind (Abb. 3).

Für bearbeitete Ackerböden ergeben sich relativ straffe, substratabhängige Zusammenhänge [11]. Das Maximum der Ertragsparabel verschiebt sich bei unterschiedlichen Wasserversorgungsbedingungen während der Vegetationsperiode. Das bedeutet, daß es das optimale Porenvolumen nicht gibt. So gibt Petelkau [11] „obere Grenzwerte des optimalen Lagerungsdichtebereichs“ für die Ackerkrume bearbeiteter Böden an.

Werte darüber hinaus wären demnach als Schadverdichtungen hinsichtlich des Pflanzenertrags anzusehen. Sie müssen jedoch aus o. g. Gründen durch zusätzliche Angaben ergänzt werden etwa zur Luftkapazität, die 3–10 Vol.-% betragen soll [12], und zur Wasserdurchlässigkeit mit etwa 100 mm/d [13] bzw. zur Luft- und Wasserleitfähigkeit. Je nach Ausprägung der Schadverdichtung ist mit Ertragsausfällen von 5–40 % zu rechnen [1]. Häufig sind Ertragsdifferenzen im Feld zwischen „befahren“ und „unbefahren“ gering und statistisch nicht abzuschätzen. So kann Düngung die Wirkung einer Schadverdichtung überdecken.

Schlepperradsohlen (Krumenbasisverdichtungen unterhalb der Bearbeitungstiefe) stellen unter trockenen Bedingungen eine Barriere für die Wurzeln dar, die durch aufwendige Bodenlockerung nachhaltig nur zu beseitigen ist, wenn nicht anschließend eine Wiederverdichtung erfolgt. Senkrechte Makroporen (Regenwurmrohren, alte Wurzelbahnen) sind im Falle tiefenbegrenzter Sohlen vorteilhaft. Die Gefahr von Unterbodenverdichtungen nimmt zu, wenn sehr hohe Radlasten unter feuchten Bedingungen in diesen Bodenhorizonten einwirken.

Die zeitlich wechselnde Bodenfeuchte in der Ackerkrume und im Unterboden macht die praxisgerechte Festlegung von Grenzwerten bezüglich etwa einer maximalen Radlast so schwierig. Unter trockenen Bedin-

gungen lösen selbst hohe Radlasten keine Schadverdichtungen aus. Dagegen sind solche bei hoher Bodenfeuchte zu erwarten und bislang vom Praktiker höchstens an der Spurtiefe zu erkennen. Es fehlt eine Meßmethode, die berührungslos, schnell und preiswert Entscheidungshilfen in situ für bodenschonendes Befahren ermöglicht.

### 3.3 Regelungsfunktion des Bodens

Die Auswirkungen von Bodenverdichtung auf die Regelungsfunktionen des Bodens beziehen sich auf die mechanische Rückhaltung von Stoffen als Filterung, die Adsorption an Bodenaustauscher, die chemische Fällung als Pufferung, die Umwandlung oder den Abbau als Transformation [14] sowie die Stoffverlagerung [1]. In groben Poren werden Partikel mit dem Sickerwasser abwärts verlagert, in kleineren Poren dagegen abgefiltert. Die Pufferungseigenschaften hängen vor allem von Tonmineralen und Huminstoffen ab, der Um- und Abbau organischer Stoffe wird maßgeblich vom Luft-, Wasser- und Wärmehaushalt des Bodens bestimmt, die wiederum von der Dichtlagerung des Bodens beeinflusst werden.

Wird die Ausbreitung der Wurzeln infolge Schadverdichtung beeinträchtigt, sinkt die Wasser- und damit Nährstoffaufnahme. Dies kann zu erhöhten Nährstoffverlusten durch Auswaschung und Denitrifikation führen [1]. Vertikal orientierte, kontinuierliche Makroporen im Bodenprofil bei dichter Bodenmatrix verstärken das Verlagerungsrisiko, wenn intensive Niederschläge im Anschluß an Düngungs- und Pflanzenschutzmaßnahmen erfolgen.

### 3.4 Lebensraumfunktion des Bodens

Bodenverdichtungen engen den Lebensraum der meisten Bodentiere ein [15]. Dies bedeutet einen Rückgang der Arten- und Individuenzahlen. Für Regenwürmer gilt, daß offenbar die endogäischen Formen Verdichtung besser vertragen als die tiefgrabenden Formen. Stark verdichteter Boden wird bei einer Ausweichmöglichkeit gemieden, da dort der notwendige Energieaufwand zu hoch ist. Auch die Bodenmikroorganismen können durch Verdichtung beeinträchtigt werden. Dies steht im Zusammenhang mit den entsprechenden Veränderungen des Nahrungsangebots, der Nahrungsverteilung, des Wasser- und Lufthaushaltes im Boden.

## 4. Lösungsansätze

### 4.1 Bodenlockerung

Natürliche Setzungs Vorgänge eines instabilen Bodengefüges und insbesondere die Folgen der mechanischen Belastung durch den Fahrverkehr auf Ackerflächen bei den Bodenbearbeitungs-, Bestellungs-, Pflege- und Erntemaßnahmen im Laufe einer Vegetationsperiode machen nach heutigem Kenntnisstand Bodenlockerung im Hinblick auf die Durchwurzelbarkeit, den Luft- und Wasserhaushalt sowie die Nährstoffmobilisierung zugunsten der nächstfolgenden Kulturart von Zeit zu Zeit erforderlich. Verdichtete Fahrspuren wie Fahrgassen werden nach der Ernte unter trockenen Bedingungen gelockert. Sollen im Rahmen der Grundbodenbearbeitung Schlepperrad-

sohlen aufgelockert werden, um Wasserstau zu beseitigen und den Wurzeln den Unterboden zu erschließen, wird eine tiefere Lockerung oder eine Zweischichtarbeit durchgeführt.

Die Kosten solcher Lockerungsmaßnahmen hängen vom Grad der Verdichtung und insbesondere vom Tongehalt ab und nehmen exponentiell mit der Bearbeitungstiefe zu. Schadverdichtungen zu beseitigen sind Reparaturmaßnahmen, die mit der jährlichen Grundbodenbearbeitung erledigt werden sollen. Vorsorge setzt andere Überlegungen voraus.

#### 4.2 Vorsorgender Bodenschutz

Für bodenschutzorientierte Landwirtschaft sind vier Lösungsansätze weiterzuentwickeln sowie standort- und betriebsspezifisch zu einem Konzept für bodenschonendes Befahren zu kombinieren:

- ◆ Weiterentwicklung technischer Möglichkeiten
- ◆ Anpassung von Arbeitsverfahren
- ◆ Verbesserung der Befahrbarkeit des Bodens
- ◆ Begrenzung der mechanischen Belastung.

##### 4.2.1 Weiterentwicklung technischer Möglichkeiten

In jüngster Zeit wurde der Verringerung des Kontaktflächendrucks (in der Berührungsfläche Fahrwerk/ Boden) große Aufmerksamkeit geschenkt. Zu den schon lange bekannten Gitter- und Zwillingrädern kamen Breit- und Terrareifen hinzu. Die Vergrößerung der Radaufstandsfläche hat bei gleicher Radlast die Verringerung des Kontaktflächendrucks zur Folge. Dies führt zu geringerem Bodendruck. Großvolumige Reifen können heute bei einem Kontaktflächendruck von 100 kPa Radlasten bis 5 t abstützen. Jüngere Entwicklungen sind Dreispurfahrzeuge, die die Gesamtlast auf drei oder fünf Terrareifen über die ganze Fahrbreite verteilen.

Weitere technische Möglichkeiten können helfen, das Problem zu mindern. Dazu gehören die regelbare Anpassung des Reifeninnendrucks an den Zustand der Fahrbahn (Boden, Straße), der Einsatz von Aufsattel- statt Anbaugeräten zur Reduzierung der Hinterachslast des Traktors (z. B. Anhängespritzen) sowie der Allradantrieb. Gummibandlaufwerke sind weiterzuentwickeln und kostengünstig anzubieten. Für das Pflügen wären Pflugroboter mit weniger Pflugkörpern

(bedeutet geringere Radlast) zu entwickeln, die ohne Traktorfahrer einzusetzen wären und dadurch längere Einsatzzeiten pro Tag ermöglichen (hohe Auslastung bei günstigen Bodenbedingungen).

##### 4.2.2 Anpassung von Arbeitsverfahren

Die bekannten und weiterzuentwickelnden Möglichkeiten sind nachfolgend zusammengefasst:

- ◆ Zusammenlegen von Arbeitsgängen
- ◆ Fahren außerhalb der Furche beim Pflügen
- ◆ „spurfreie“ Arbeitsgänge (Grundbodenbearbeitung und Bestellung in einem Arbeitsgang)
- ◆ Schlagkraft vorhalten (Befahren des Ackerbodens bei trockenem Bodenzustand)
- ◆ Einsatz zapfwellengetriebener statt gezogener Geräte (verminderter Zugkraftbedarf)
- ◆ Sommer- statt Winterfurche (günstigere Bodenbedingungen).

Neue Ansätze sind etwa Beetkonzepte, wie sie im Gartenbau verwendet werden, bis zu Controlled-traffic-Systemen, für die neueste globale Positionierungstechniken (GPS) zur Verfügung stünden, Fahrgassensysteme nicht nur im Getreidebau, Schachtpflügen sowie Mechanisierungsalternativen (Pflugroboter u. a.).

##### 4.2.3 Verbesserung der Befahrbarkeit des Bodens

Feldversuche zeigen, daß krumentiefe schonende Bodenlockerung (mit Parapflug, Schichtengrubber o. ä.) im Vergleich zur herkömmlichen Pflugarbeit ohne Ertragseinbußen möglich ist. Das Bodengefüge weniger zu stören macht „Rückverfestigung“ entbehrlich und gelingt mit nichtwendender, fruchtfolgespezifischer Bodenlockerung (Baustein Konservierender Bodenbearbeitung [10]). Steht etwa zwischen zwei Hauptfrüchten eine Zwischenfrucht, so ist der Termin vor deren Bestellung unter trockenen Bedingungen (im Bereich der gesamten Lockerungstiefe!) am günstigsten. Dieses Verfahren stellt erhöhte Ansprüche an das Betriebsmanagement.

Schonende Bodenlockerung hilft, Schadverdichtungen – insbesondere im Unterboden – vorzubeugen, und bedeutet bessere Befahrbarkeit. Am Beispiel einer Druckzwiebel sei dies veranschaulicht (Abb. 4). Am tiefsten reicht sie beim Pflügen mit hoher Radlast und

## Wir machen Bodenschutz möglich ...

seit über 15 Jahren in mehr als

100 Gutachten und Projekten im Inland,

über 25 im Ausland sowie elf F+E-Vorhaben

für das UBA und den BMFT

### KOMPETENZ und ERFAHRUNG

**BSD** Bodenschutzdienst für Städte und Gemeinden GmbH

**ßB<sub>m</sub>** Seminarzentrum Bodenschutz<sub>mobil</sub>

**bfb<sub>++</sub>** büro für bodenbewertung Dr. Wolfram D. Kneib

Adresse: Rehsenweg 75 D 24148 Kiel

Telekommunikation via **AD+L Zentrale**

Tel. (0049) 0431 720500 – Fax.720540

e-mail [ADL-Zentrale@t-online.de](mailto:ADL-Zentrale@t-online.de)

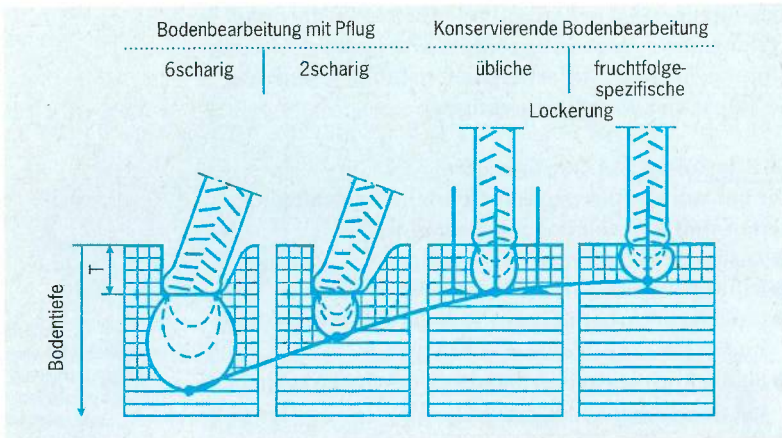


Abbildung 4:  
Zur Tiefenwirkung einer betrachteten Druckwiebel während der Durchführung unterschiedlicher Grundbodenbearbeitung [10]

Figure 4:  
Depth effect of soil pressure during different primary tillage [10]

wesentlich weniger tief, wenn das Traktorrads auf der Bodenoberfläche fährt und der Boden infolge nichtwendender, fruchtfolgespezifischer (etwa nur einmal in drei Jahren) Lockerung tragfähiger ist. Dies hilft zudem maßgeblich, Kosten für aufwendige Grundbodenbearbeitung und Investitionen (überbetriebliche Nutzung des leistungsfähigen und teuren Acker-schleppers) zu sparen.

4.2.4 Begrenzung der mechanischen Belastung

Der eigentlich kritische Punkt für bodenschonendes Befahren liegt bei der zunehmenden Radlast in der pflanzlichen Produktion. Ihr sind im Falle verdichtungsempfindlicher Bodenzustände Grenzen zu setzen. Die zeitlich wechselnde Bodenfeuchte in der Ackerkrume wie im Unterboden macht eine nachvollziehbare Vorgabe von Grenzwerten für die mechanische Belastbarkeit des Bodens im Hinblick auf seine Verdichtungsempfindlichkeit schwierig. Schadverdichtungen sind bei hoher Bodenfeuchte zu erwarten und bislang vom Praktiker aber nur an der Spurtiefe zu erkennen. Eine berührungslose Meßtechnik zur Ermittlung von Bodenveränderungen unterhalb des Laufwerks während des Befahrens ist zu entwickeln.

Die technische Möglichkeit der Umrüstung von einem schmalen Reifen auf einen Breitreifen hilft aus der Sicht der Bodenschonung nur dann, wenn nicht gleichzeitig die Radlast erhöht wird. Tatsächlich kann die bisherige Tendenz zunehmender Radlasten zumindest dann nicht im Sinne eines vorsorgenden Boden-



Abbildung 5:  
Die Bausteine des Konzeptes für bodenschonendes Befahren des Ackerbodens [10]

Figure 5:  
Constituents of the concept of soil protecting travelling on arable land [10]

schutzes sein, wenn – speziell im Unterboden – während des Befahrens mit hohen Radlasten verdichtungsempfindliche Bodenzustände herrschen. Im Sinne der Bodenschonung muß es sein, bezüglich Radlast, Reifenwahl und Reifeninnendruck mehr Rücksicht auf die aktuelle Befahrbarkeit des Bodens zu nehmen.

4.3 Konzept für bodenschonendes Befahren

Zur Vorbeugung von Schadverdichtungen im Sinne einer umweltschonenden Landwirtschaft und zur Reduzierung von Kosten im Sinne einer wettbewerbsfähigen Landwirtschaft sind die vier genannten Lösungsansätze zu einem Gesamtkonzept praxisrelevant zusammenzuführen (Abb. 5). Dieses Konzept kann bei standort-, fruchtfolge- und betriebs-spezifischer Gewichtung der einzelnen Bausteine zur Sicherung einer kostensparenden Pflanzenproduktion bei gleichzeitiger Vermeidung schädlicher Nebenwirkungen landwirtschaftlicher Produktionsverfahren einen wesentlichen Beitrag für eine umweltschonende Bodennutzung in der Landwirtschaft leisten.

Literaturangaben

- [1] Dürr, H.-J., H. Petelkau und C. Sommer (1995): Literaturstudie „Bodenverdichtung“. Texte 55/95 Umweltbundesamt, Berlin.
- [2] Olfe, G. (1995): Zur Bodenbelastung durch den Schlepper- und Maschineneinsatz in der pflanzlichen Produktion. KTBL-Schrift 362, 12–28.
- [3] Sommer, C. (1985): Ursachen und Folgen von Bodenverdichtungen sowie Möglichkeiten zu ihrer Verminderung. Landtechnik 9, 378–384.
- [4] Söhne, W. (1953): Druckverteilung und Bodenverformung unter Schlepperreifen. Grundlagen der Landtechnik 5, 49–64.
- [5] Horn, R. (1981): Die Bedeutung der Aggregation von Böden für die mechanische Belastbarkeit. Landschaftsentwicklung und Umweltforschung Nr. 10, Berlin.
- [6] Letey, J. (1984): Relationship between soil physical properties and crop production. Advances in Soil Science 1, 277–294.
- [7] Sommer, C. (1974): Die Verdichtungsempfindlichkeit zweier Ackerböden – ein Beitrag zum Verhalten von Böden unter vertikaler Belastung im Saugspannungsbereich bis pF 2.7. Dissertation, Technische Universität Braunschweig.
- [8] Altemüller, H.-J. und T. Beckmann (1994): Morphologische und morphometrische Kennzeichnung und Bewertung von Verdichtungen im Projekt Timmerlah. Landbauforschung Völkrode SH 147, 91–112.
- [9] DVWK: Gefügestabilität ackerbaulich genutzter Mineralböden. Teil I: Mechanische Belastbarkeit, Merkblatt 234/1995. Teil II: Auf-lastabhängige Veränderung von bodenphysikalischen Kennwerten, Merkblatt 235/1997.
- [10] Sommer, C. (1997): Konservierende Bodenbearbeitung – ein Konzept zur Lösung agrarrelevanter Bodenschutzprobleme. Landbauforschung Völkrode, Sonderheft (im Druck).
- [11] Petelkau, H. (1984): Auswirkungen von Schadverdichtungen auf Bodeneigenschaften und Pflanzenertrag sowie Maßnahmen zu ihrer Minderung. Tag.-Ber., Akad. Landwirtsch.-Wiss. DDR, Berlin 227, 25–34.
- [12] Czeratzki, W. (1972): Die Ansprüche der Pflanzen an den physikalischen Bodenzustand. Landbauforschung Völkrode 22 (1), 29–36.
- [13] Werner, D. (1993): Möglichkeiten der Landwirtschaft bei der Erhaltung des Bodens und seiner Funktionen. Schriftenreihe LUFA Thüringen 6, 87–112.
- [14] Blume (Hrsg.) (1990): Handbuch des Bodenschutzes: Bodenökologie und Bodenbelastung; vorbeugende und abwehrende Schutzmaßnahmen. ecomed-Verlag, Landsberg/Lech.
- [15] Larink, O., W. Söchtig, C. Heisler, B. Lübben und L. Wickenbrock (1994): Auswirkungen von Bodenverdichtungen auf die Meso- und Makrofauna. Landbauforschung Völkrode SH 114, 129–146.

Anschrift des Verfassers

Dir. u. Prof. PD Dr.-Ing. habil. Claus Sommer  
Leiter des Instituts für Betriebstechnik der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkrode (EAL),  
Bundesallee 50, 38116 Braunschweig  
Tel.: (05 31) 596-482  
Fax: (05 31) 596-363