

# Vorsorgender Bodenschutz beim Einsatz schwerer Landmaschinen



## Einführung

Der Boden ist landwirtschaftlicher Produktionsfaktor und besitzt gleichzeitig wesentliche ökologische Funktionen als Stofffilter und -puffer sowie als Lebensraum. Um zu gewährleisten, dass er diese Aufgaben auch zukünftig in hohem Maße erfüllen kann, wurde das Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG v. 17.03.1998) verabschiedet. Hält der Landwirt die Grundsätze der Guten fachlichen Praxis (§ 17 BBodSchG) ein, so kommt er der gesetzlichen Vorsorgepflicht bei der landwirtschaftlichen Bodennutzung nach. Dabei sind u. a. die Aspekte Bodenstruktur, Verdichtung, Erosion, Humusgehalt und biologische Aktivität des Bodens besonders zu berücksichtigen.

Leistungsfähige, kostensparende Maschinen für eine effiziente Pflanzenproduktion sind gekennzeichnet durch deutlich gestiegene Radlasten, breitere Reifen und geringere Überrollhäufigkeit. Der Einsatz dieser Maschinen kann insbesondere unter feuchten Bedingungen mit geringer Tragfähigkeit des Bodens dazu führen, dass das Bodengefüge in Krume und Unterboden nachteilig verändert wird.

Eine besondere potenzielle Gefährdung kann u. a. bei der Ernte vieler Feldfrüchte sowie bei der Gülleausbringung vorliegen. Einmal induzierte Verdichtungen bzw. Gefügeschäden im Unterboden sind kaum dauerhaft zu beheben und müssen daher „(. . .) so weit wie möglich vermieden werden“ (§ 17, Abs. 2 (3) BBodSchG). Dies gilt auch für schleichende, kumulative Veränderungen im Verlauf mehrerer Rotationen.

*Abb. 1: Bodenverdichtungen behindern das Wurzelwachstum und vermindern die Wasser- und Nährstoffaufnahme.*

Vor diesem Hintergrund wurden in den vergangenen Jahren zahlreiche Diskussionen in der Wissenschaft geführt. Dabei wurde herausgestellt, dass landwirtschaftliche Bodennutzung ebenso notwendig ist wie der Erhalt der natürlichen Bodenfunktionen und der Bodenfruchtbarkeit. Für die tolerierbare Auflast von Maschinen, die auf dem Feld verkehren, gibt es Grenzen. Durch die Optimierung der derzeit eingesetzten Maschinen und durch eine konsequente technische Weiterentwicklung sollte eine weitestgehende Bodenschonung angestrebt werden.

Wesentlich für den praktischen Schutz vor Bodenschadverdichtung sind die Tragfähigkeit des Bodens (Bodenfeuchte, -struktur, -art) einerseits sowie Kontaktflächendruck, Überrollhäufigkeit und Radlast als Kenngrößen der eingesetzten Maschinen andererseits. Die potenzielle Schadverdichtungsgefährdung kann durch Konzepte wie das der Vorbelastung (DVWK), des Belastungsquotienten (KUL/USL) oder der Schadverdichtungsgefährdungsklasse (SVGK) beschrieben werden. Diese Verfahren liefern keine Informationen über die aktuelle Gefährdung in einer konkreten Feldsituation. Dies könnte demgegenüber durch eine sensorgestützte Information beim Überrollen erreicht werden.



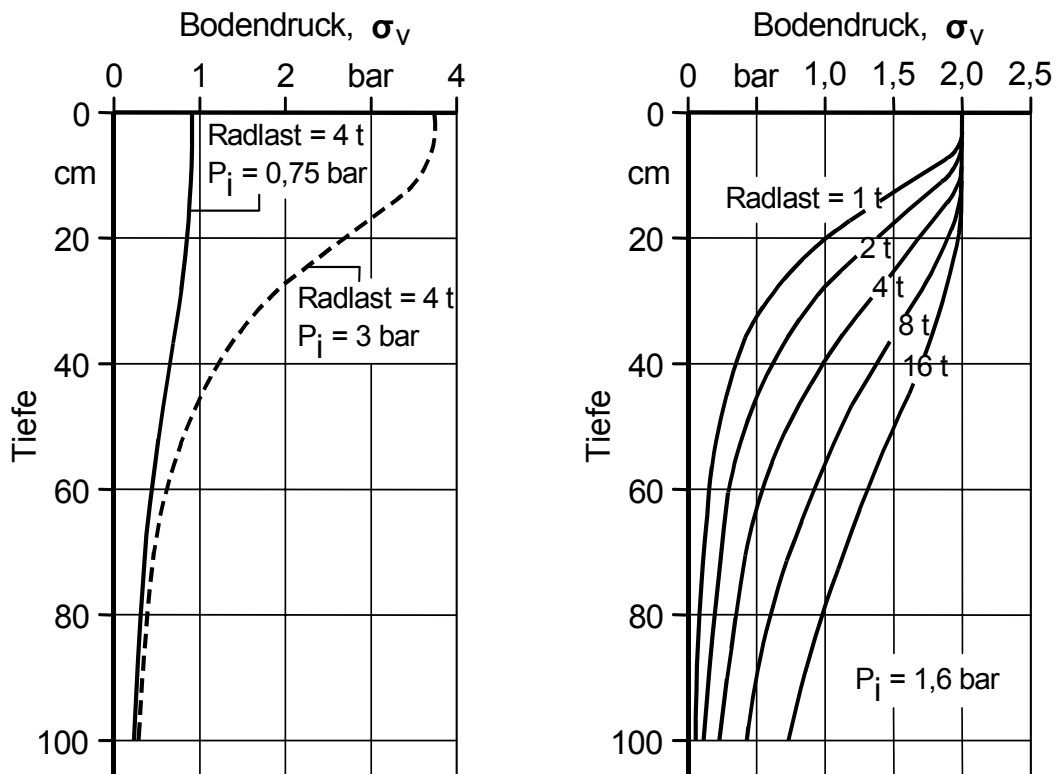


Abb. 2: Verlauf des Bodendrucks unter einem Landmaschinenreifen in Abhängigkeit von Reifeninnendruck und Radlasten (nach TIJINK 1997 bzw. CHAMEN et al. 2003)

## Handlungsvorschläge

Um dem Ziel eines weitestgehenden vorsorgenden Bodenschutzes auch zukünftig gerecht zu werden, wird die Einhaltung bzw. Umsetzung folgender Grundsätze vorgeschlagen:

### Bodenschutz bei der Weiterentwicklung landwirtschaftlicher Fahrzeuge berücksichtigen

Die Gesamtwirkung aus Überrollhäufigkeit, Kontaktflächendruck und Radlast auf das Bodengefüge darf künftig nicht erhöht werden und der Reifeninnendruck ist abhängig von Bodenverhältnissen und technischen Erfordernissen möglichst niedrig zu wählen. Starre Grenzwerte werden den spezifischen Boden- und Witterungsverhältnissen nicht gerecht.

#### Erläuterungen:

Durch die Einhaltung dieser Regeln bei der Weiterentwicklung der gegenwärtigen Erntemaschinen ist gewährleistet, dass das Bodengefüge bei der Überrollung nicht über die derzeitige Situation hinaus belastet wird. Gleichzeitig bleiben technische Entwicklungen möglich, die auch dem Bodenschutz zugute kommen können (Einbau von Reifendruckregelanlagen, Einsatz leichterer Werkstoffe).

Erhebliches Potenzial für Bodenschutz besteht in einer Absenkung des Reifeninnendruckes, da damit verbunden auch der Bodendruck sinkt. Gleichzeitig nimmt jedoch die Tragfähigkeit eines Reifens ab. Derzeit sind an verbreitet eingesetzten Erntemaschinen mit Breitreifen bis zu 2,3 bar Innendruck erforderlich. Durch die konsequente technische Weiterentwicklung sollte die Tragfähigkeit der Reifen bei geringem Innendruck erhöht werden.

Abb. 3: Die Einstellung eines möglichst geringen Reifeninnendruckes für die tatsächlich benötigte Reifentragfähigkeit entsprechend der Luftdrucktabelle ergibt die größtmögliche Aufstandsfläche.



Dieses Ziel kann evtl. auch mit konstruktiven Veränderungen der Fahrwerke durch Anbringung noch breiterer Reifen bzw. durch Anbau einer weiteren Achse verbunden mit einer Absenkung der Radlasten oder durch vollständig andere Fahrwerkskonzepte (Band-, Gleiskettenlaufwerke) erreicht werden. Diese Maßnahmen erhöhen die Aufstandsfläche und vermindern den Kontaktflächendruck und die Druckausbreitung.

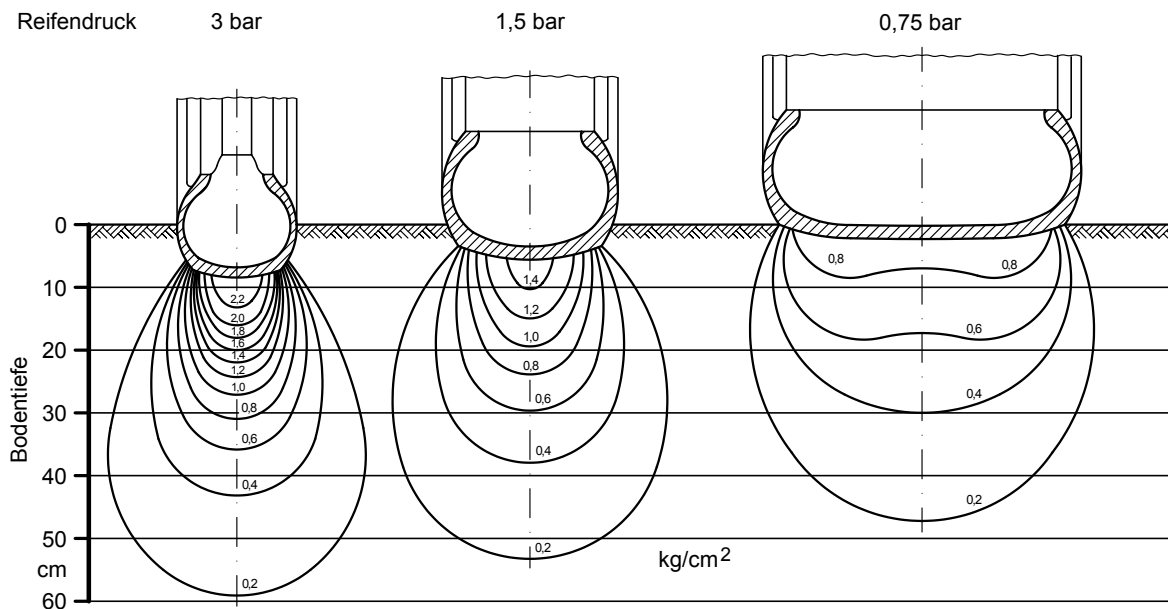


Abb. 4: Druckzwiebeln unter unterschiedlich breiten Reifen bei gleicher Radlast und unterschiedlichen Reifeninnendrücken (nach TIJINK und SPOOR 2004, verändert nach SÖHNE 1953)

Durch eine Reifendruckregelanlage kann eine Anpassung des Reifeninnendruckes an die spezifischen Einsatzbedingungen (Beladungszustand des Fahrzeugs, Fahren in Hanglage oder Ebene) erfolgen. Diese Technik sollte deshalb zur Anwendungsreife entwickelt und verbreitet eingesetzt werden.

Die in der StVZO zugelassene Fahrzeugbreite setzt den technischen Möglichkeiten zur Bodenschonung enge Grenzen. Eine offenere, bundeseinheitliche Regelung könnte neue technische Entwicklungen zu Gunsten des Bodenschutzes ermöglichen.



Abb. 5 und 6: Achstradlaufwerk an einem Erntewagen; Gummibandlaufwerk an einem Zuckerrübenroder

### Anbau- und Bewirtschaftungsmaßnahmen bodenschonend gestalten

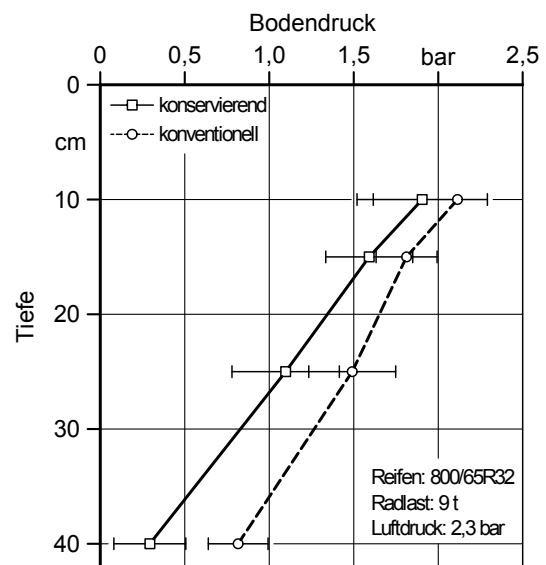
Auf empfindlichen Flächen schützt eine konservierende Bodenbearbeitung mit Mulchsaat vor Erosion und erhöht gleichzeitig die Tragfähigkeit des Bodens. Schlaglängen sind an das Ernteverfahren anzupassen, so dass keine bzw. möglichst wenige zusätzliche Überfahrten durch Überladen erforderlich werden.

#### Erläuterungen:

Ein stabileres Bodengefüge im Oberboden nach pflugloser Bodenbearbeitung bewirkt einen rascheren Druckabbau mit zunehmender Bodentiefe und schützt deshalb besonders den Unterboden effektiv. Unterschiedliche Verfahren konservierender Bodenbearbeitung sind umso wirksamer für den Gefügeschutz, je länger die Zeitspanne zwischen intensiver, krumentiefer Bodenlockerung und Überrollung ist (optimal: langjährig konservierende Bearbeitung in der gesamten Fruchtfolge).

Abb. 7: Konservierende Bodenbearbeitung erhöht die Tragfähigkeit der Böden: verringerter Bodendruck bei der Zuckerrübenernte (BRUNOTTE & SOMMER 2000)

Sehr lange Schläge können das Überladen der Ernteprodukte auf zusätzliche Transporteinheiten während des Erntevorganges erfordern. Die hierbei eingesetzten Transportfahrzeuge, i. d. R. Schlepper plus Anhänger oder Selbstfahrer, müssen ebenfalls bodenschonend ausgerüstet und eingesetzt werden. Unkontrolliertes Befahren eines Schlags mit wenig bodenschonenden Straßenfahrzeugen (schmale Bereifung mit hohem Luftdruck) kann vermieden werden, indem für Überladetransporte auf dem Feld tragfähige, permanente Zwischenwege, evtl. mit Grasbewuchs, angelegt werden.





*Abb. 8 und 9: Auch landwirtschaftliche Transportfahrzeuge benötigen bodenschonende Bereifung bei Fahrten im Feld (linkes Bild linker Reifen: Niederdruck-Breitreifen). Anhänger mit Hochdruckreifen haben auf befestigten Straßen und Wegen zu bleiben (rechtes Bild).*

### **Auswahl und Einsatz landwirtschaftlicher Fahrzeuge auch auf Bodenschutz ausrichten**

Beim Kauf von Landmaschinen sollten bodenschutzrelevante Aspekte in die Entscheidung einfließen. Dazu muss der Käufer die für die Bodenbeanspruchung ausschlaggebenden Fahrzeug- und Reifendaten (Radlast, Reifeninnendruck, Überrollhäufigkeit, Gleichmäßigkeit der Druckverteilung in der Kontaktfläche Reifen/Boden) in den Maschinenbeschreibungen finden. Insgesamt ist beim Betriebspersonal ein hoher Kenntnisstand über Belange des Bodenschutzes durch gezielte Schulungsmaßnahmen zu gewährleisten („Sachkundenachweis Bodenschutz“).

*Abb. 10: Optimal bereifte Traktoren, Geräte, Erntemaschinen und Transportfahrzeuge sowie bodenschonende Produktionsverfahren ermöglichen vorsorgenden Bodenschutz.*

Eine sensorgestützte Information (z. B. Spurtiefenmessung) über das aktuelle Risiko einer Bodenschadverdichtung im laufenden Erntebetrieb kann hilfreich für ein bodenschonendes Verhalten in einer konkreten Situation sein. Gleichzeitig könnte sie als Instrument zur Qualitätssicherung und -dokumentation dienen.



Maßgeblich für die Tragfähigkeit und die Verdichtungsempfindlichkeit eines Bodens ist die Bodenfeuchte. Eine angemessene, aber nicht überzogene Kapazitätsauslastung der Erntemaschinen gewährleistet eine hohe Schlagkraft und mildert zugleich den Zwang zum Ernten bei sehr feuchtem Boden ab. Darüber hinaus sollte eine unterschiedliche Niederschlagsverteilung und damit Bodenfeuchte durch eine flexible Einsatzgestaltung von Ernte- und Abfuhreinheiten auch kurzfristig für den Bodenschutz genutzt werden. Als Notmaßnahme könnte sich daraus zusätzlich eine Anpassung der Abnahme- bzw. Verarbeitungskapazität in nachgelagerten Bereichen ergeben, um nicht bei extrem feuchten Bodenbedingungen ernten zu müssen.

## **Ausblick**

Diese Maßnahmen können nur in ihrer Gesamtheit und als gemeinsame Strategie von Wissenschaft, Wirtschaft und Praxis dazu beitragen, heutigen und auch zukünftigen Anforderungen des Bodenschutzes (z.B. EU-Bodenschutzstrategie) sowie einer nachhaltigen Entwicklung des landwirtschaftlichen Pflanzenbaus gerecht zu werden.

## **Nachwort zu den Handlungsvorschlägen**

Diese Handlungsvorschläge wurden von einer Projektgruppe des Koordinierungsausschusses am Institut für Zuckerrübenforschung (IfZ), Göttingen, entworfen, vom Forum Bodenschutz grundlegend diskutiert und nach geringfügigen Änderungen einvernehmlich akzeptiert. Aus dem Bereich der Wissenschaft gehörten dem Forum Bodenschutz an: R. Brandhuber (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising), Dr. J. Brunotte (Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig, Institut für Betriebstechnik und Bauforschung, Braunschweig), Prof. Dr. E. Isensee (Universität Kiel, Institut für landwirtschaftliche Verfahrenstechnik), Prof. Dr. R. Horn (Universität Kiel, Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde), Dr. H.-J. Koch (IfZ, Göttingen), Prof. Dr. B. Märländer (IfZ, Göttingen), Prof. Dr. P. Schulze Lammers (Universität Bonn, Institut für Landtechnik), Prof. Dr. C. Sommer (Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Institut für Betriebstechnik und Bauforschung, Braunschweig), Frau Dr. N. Stockfisch (IfZ, Göttingen), Dr. F.G.J. Tijink (Instituut voor Rationele Suikerproductie, Bergen op Zoom, NL).

Nachfolgend wurden die Handlungsvorschläge vom Erzeugungsausschuss der Wirtschaftlichen Vereinigung Zucker und dem Zuckerrüben-Ausschuss der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft umfangreich diskutiert und befürwortet.

Die Handlungsvorschläge stellen eine Zielvorgabe und eine Arbeitsgrundlage für alle an der Schnittstelle Maschine/Boden tätigen Personen in Wissenschaft, Wirtschaft und Praxis dar, die es mit Leben zu füllen und umzusetzen gilt.

---

## **Weitergehende Vorschläge einer EU-Arbeitsgruppe**

Zwischen 1998 und 2001 hat eine aus 40 Wissenschaftlern und Organisationen bestehende Arbeitsgruppe im Auftrag der Europäischen Kommission versucht, das Risiko von Unterbodenverdichtungen durch Befahrung mit landwirtschaftlichen Maschinen zu beschreiben und Strategien zu deren Vermeidung zu entwickeln.

Zentrales Ergebnis war die Entwicklung einer Matrix, die für landwirtschaftliche Böden unkritische (grün = akzeptabel) und kritische (rot = in Zukunft nicht mehr akzeptable) Situationen einer Befahrung beschreibt. Dies erfolgt in Abhängigkeit von der Bodenbelastung, ausgedrückt durch den Kontaktflächendruck von Reifen auf fester Fahrbahn und der aktuellen Verdichtungsempfindlichkeit des Bodens, die insbesondere mit ansteigender Bodenfeuchte zunimmt. Den mittleren Kontaktflächendrücken (auf fester Fahrbahn) können bestimmte Innendrücke von Reifen landwirtschaftlicher Maschinen zugeordnet werden. Dazu wurde ein Umrechnungsfaktor von 0,8 angewandt, der jedoch je nach Reifenbauart, Reifentyp und Reifendimension variieren kann.

## Vorschlag für Orientierungswerte zur Befahrbarkeit

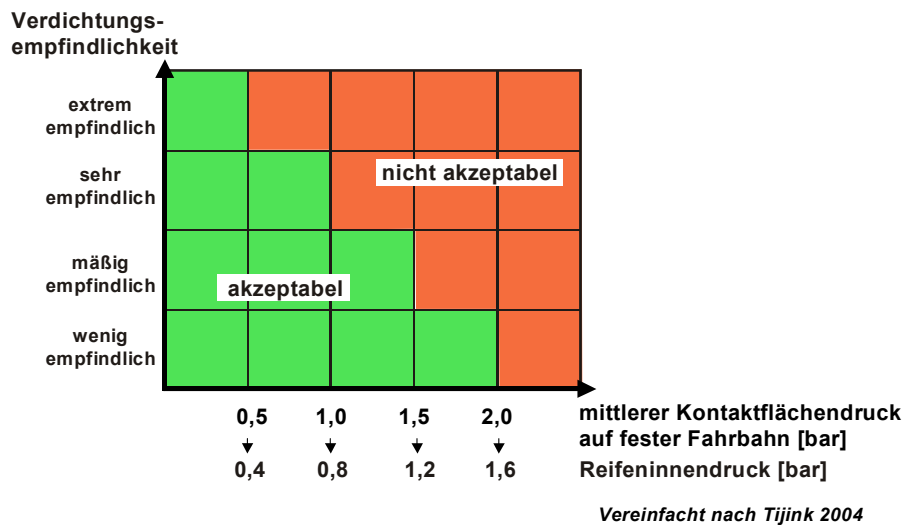


Abb. 11: Zielgrößen zum bodenschonenden Befahren nach Vorschlag der EU-Arbeitsgruppe

Für einen sehr empfindlichen Boden, wie er typischerweise im zeitigen Frühjahr vorliegt (nicht abgesetzt, feuchter Unterboden), kann nach dem Vorschlag der EU-Arbeitsgruppe davon ausgegangen werden, dass bei einer Befahrung mit einem Reifeninnendruck (Radialreifen) bis 0,8 bar kein Risiko für eine Unterbodenverdichtung existiert. Dagegen wäre für einen wenig empfindlichen Boden, wie er typischerweise im Sommer vorliegt (abgesetzt, relativ trockener Unterboden), kein Risiko einer Unterbodenverdichtung mit einem Reifeninnendruck bis 1,6 bar gegeben. Diese Zielgrößen bieten Wissenschaft, Maschinenbau und landwirtschaftlicher Praxis Orientierung für zukünftige Überlegungen und Anstrengungen zum Schutz des Bodens.

### Impressum:

Herausgeber: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)  
 Vöttinger Straße 38, 85354 Freising - Weihenstephan  
 Internet: <http://www.LfL.bayern.de>

Redaktion: Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz  
 Vöttinger Straße 38, 85354 Freising - Weihenstephan  
 E-Mail: [Agrarökologie@LfL.bayern.de](mailto:Agrarökologie@LfL.bayern.de), Tel.: 08161/71-3640  
 Institut für Landtechnik, Bauwesen und Umwelttechnik  
 Vöttinger Straße 36, 85354 Freising - Weihenstephan  
 E-Mail: [Landtechnik@LfL.bayern.de](mailto:Landtechnik@LfL.bayern.de), Tel.: 08161/71-3450

Fotos: LfL, M. Weißbach, AMAZONEN-Werke, Pöttinger Maschinenfabrik, ZUNHAMMER Gülletechnik Fahrzeugbau

Datum: 1. Auflage September 2005

Druck: Biedermann Offsetdruck, 85599 Parsdorf

© LfL